

I. Atala / Sección I

# Bizkaiko Lurralde Historikoko Foru Administrazioa Administración Foral del Territorio Histórico de Bizkaia

## Foru Aldundia / Diputación Foral

### Herri Lan Saila

**Bizkaiko Foru Aldundiaren 134/2008 FORU DEKRETUA, abuztuaren 20koa, errepideetako tuneletako seguratsun eta ustiapen jarraibide teknikoak onartzen dituena.**

### Departamento de Obras Públicas

**DECRETO FORAL de la Diputación Foral de Bizkaia, 134/2008, de 20 de agosto, por el que se aprueban las instrucciones técnicas de seguridad y explotación en túneles de carreteras.**

#### Artikulu bakarra

Errepideetako tuneletarako segurtasun eta ustiapen jarraibide teknikoak onartzen dituen foru dekretua onartzen da. Jarraibide horiek ondoren zehazten dira eta horiei buruzko testu osoa agiri honi erantsi zaio, Eranskin gisa:

- Tunelak Segurtaunez Diseinatzeko Jarraibide Teknikoak. I: Azpiegitura.
- Tunelak Segurtaunez Diseinatzeko Jarraibide Teknikoak. II: Energia elektrikoa.
- Tunelak Segurtaunez Diseinatzeko Jarraibide Teknikoak. III: Argiak.
- Tunelak Segurtaunez Diseinatzeko Jarraibide Teknikoak. IV: Aireztatzen sistema.
- Tunelak Segurtaunez Diseinatzeko Jarraibide Teknikoak. V: Suteen kontrako babes-sistema.
- Tunelak Segurtaunez Diseinatzeko Jarraibide Teknikoak. VI: Segurtasun, zaintza eta kontrol sistemak.
- Tuneletako Ustiapen Jarraibide Teknikoak.

XEDAPEN INDARGABETZAILEA

#### Bakarra

Indarrak gabe geratzen dira foru dekretu honetan ezarritakoaren kontrako edukia duten izaera orokorreko administrazio xedapen guztiak.

AZKEN XEDAPENA

Foru dekretu hau hoge (20) eguneko epean jarriko da indarrean, «Bizkaiko Aldizkari Ofizialean» argitaratzen denetik aurrera zenbatzen hasita, Bizkaiko Lurralde Historikoko Foru Erakundearen Hautapen, Antolaketa, Jaurpide eta Funtzionamenduari buruzko otsailaren 13ko 3/1987 Foru Arauko 65. artikuluan xedatutakoaren arabera.

Herri Lanen foru diputatua,  
IÑAKI HIDALGO GONZÁLEZ

Ahaldun Nagusia,  
JOSÉ LUIS BILBAO EGUREN

#### DISEINU SEGURURAKO JARRAIBIDE TEKNIKOAK

(I) AZPIEGITURA

##### 1. XEDEA

Jarraibide Tekniko honen xedea Bizkaiko Foru Aldundiaren eremu geografikokoak diren tunelen ustiapenean, zerbitzuan jarztean, eraikuntzan, proiektuan eta plangintzan oinarritzko azpiegiturak betetzeko xedapen eta zehaztapen teknikoak betetzea da.

Bizkaiko Foru Aldundiak ezarritako helburuak betetzea da honako dokumentu honen xedea edo helburua.

#### Artículo único

Se aprueba el Decreto Foral por el que se determinan las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras que a continuación se detallan, y cuyo texto íntegro se adjunta a la presente a modo de Anexo:

- Instrucciones Técnicas para el Diseño Seguro de Túneles. I: Infraestructura.
- Instrucciones Técnicas para el Diseño Seguro de Túneles. II: Energía eléctrica.
- Instrucciones Técnicas para el Diseño Seguro de Túneles. III: Alumbrado.
- Instrucciones Técnicas para el Diseño Seguro de Túneles. IV: Ventilación.
- Instrucciones Técnicas para el Diseño Seguro de Túneles. V: Sistema de protección contra incendios.
- Instrucciones Técnicas para el Diseño Seguro de Túneles. VI: Sistemas de seguridad, vigilancia y control.
- Instrucciones Técnicas de Explotación de Túneles.

DISPOSICIÓN DEROGATORIA

#### Única

Quedan derogadas todas aquellas disposiciones administrativas de carácter general cuyo contenido se oponga a lo establecido en el presente Decreto Foral.

DISPOSICIÓN FINAL

El presente Decreto Foral entrará en vigor en el plazo de veinte (20) días a partir de su publicación en el «Boletín Oficial de Bizkaia», conforme a lo dispuesto en el artículo 65 de la Norma Foral 3/1987, de 13 de febrero, de Elección, Organización, Régimen y Funcionamiento de las Instituciones Forales del Territorio Histórico de Bizkaia.

El diputado foral de Obras Públicas,  
IÑAKI HIDALGO GONZÁLEZ

El Diputado General,  
JOSÉ LUIS BILBAO EGUREN

#### INSTRUCCIONES TÉCNICAS PARA DISEÑO SEGURO DE TÚNELES

(I) INFRAESTRUCTURA

##### 1. OBJETO

La presente Instrucción Técnica tiene por objeto definir las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las infraestructuras básicas en los túneles en explotación, puesta en servicio, construcción, proyecto y planeamiento pertenecientes al ámbito geográfico de la Diputación Foral de Bizkaia.

Este documento persigue los siguientes objetivos establecidos por la Diputación Foral de Bizkaia.

Tuneletako plangintza-egileari, proiektu-egileari, eraikitzaileari edo ustiatzaileari lagungarri izango zaien gida bat eman nahi da, nork bere etapan segurtasunaren eskakizunei buruzko diseinuaren, eraikuntzaren eta ustiapenaren gaineko jarraibide teknikoak izan dezan; hala, horien jarraibidearen edukiak landu ahal izango dituzte.

Herri administrazioaren eskakizunak teknikoki zehaztea, eskatzekoa den lege markoaren eginkizuna bete dezaten.

Errepideetako tunelen ustiapenean zerbitzu-maila altuari eustea, tunelen barruan dauden pertsonen segurtasuna eta ongizatea hobetuz, baita tunelen kudeaketa ekonomikoa hobetzen laguntzea ere.

Honako alderdi hauek aztertu beharko dira oinarritzko azpiegituraren diseinuaren barruan:

- Diseinu geometrikoa:
  - Trazaketa.
  - Zeharkako sekzioa.
- Tunelaren beste elementu batzuen diseinua:
  - Zoladurak.
  - Estaldura.
  - Estaldura estetikoak.
  - Drainaketa.

Tuneletako segurtasunaren gaineko azpiegitura osagarriak honako helburu hauek ditu, besteak beste:

- Ihes egiteko eta sorospena emateko lanak erraztea.
- Mantentze lanak erraztea.
- Gorabeheren eraginak murriztea.
- Gorabeherak saihestea.

Hauexek sartzen dira azpiegitura osagarriaren barruan:

- Erabiltzaileak ebakutzeko eta babesteko instalazioak eta larrialdietako sarrerak.
- Larrialdietarako ibilgailuentzako instalazioak.
- Segurtasun-nitxoak.
- Sute-nitxoak.
- Baztergunea.

## 2. NORAINOKOA

Jarraibide tekniko hau zerbitzuan dauden tuneletan eta oraindik ustiatu gabe, zerbitzuan jartzeko prozesuan, eraikuntza-fasean, proiektu-fasean edo plangintza-fasean aurkitzen diren tuneletan aplikatuko da, betiere Bizkaiko Lurralde Historikoko errepideen sarearen barnean badaude, Bizkaiko Errepideei buruzko otsailaren 18ko 2/1993 Foru Araua eta tunelen errepideetako segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuaren 2. artikuluan ezarritakoa aintzat hartuta.

Jarraibide teknikoaren bidez nahitaez bete beharreko segurtasun-betekizunak definitzen dira.

Jarraibide hau argitaratzen den unean zerbitzuan jartzeko prozesuan edo eraikuntza-fasean aurkitzen diren tunelak, jarraibidean jasotako betekizun zehatz batzuk praktikan bete ezin diren edo proportziorik gabeko kostua duten konponbide teknikoaren gauzatu beharreko kasuetan, Administrazio Agintariak arriskua murrizteko bestelako neurriak aplikatzeko baimena emango du, baldin eta arriskua murrizteko neurri horiek segurtasun maila bera edo handiagoa eskaintzen badute. Tunelaren kudeatzaileak, neurri horiek proposatu dituenak, horien eraginkortasuna egiaztatzea beharko du, Arrisku Azterketaz baliatuta.

Txosten hori Ikuskapen Erakundeak auditatuko du, eta horrek Administrazio Agintariari Segurtasun Irizpidea igorriko dio. Hain zuzen ere, beharrezkoa izango da horren aldeko balorazioa Administrazio Agintariaren baimena eskuratzeko.

Tunelaren kudeatzaileak, zuzenean edo kontratista edo ustiatzen duen enpresaren bidez (kudeatzaile ordezkariak), errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 5. artikulua betetzen dela bermatzeko beharrezko giza baliabideak eta baliabide materialak jarriko ditu, eta bereziki, ikus-

Disponer de una guía que sirva de ayuda al planificador, proyectista, constructor o explotador de túneles en carretera para que, cada uno en las etapas de su incumbencia, tenga una instrucción técnica clara de diseño, construcción y explotación sobre los requerimientos de seguridad que le permita desarrollar sus cometidos.

Concretar técnicamente las exigencias de la Administración Pública, de forma que sirvan de marco legal exigible.

Mantener un elevado nivel de servicio en la explotación de túneles viarios, incrementando la seguridad y bienestar de las personas en su interior, así como contribuir a la mejor gestión económica de los túneles.

Dentro del diseño de infraestructura básica se deben analizar los siguientes aspectos:

- Diseño Geométrico:
  - Trazado.
  - Sección transversal.
- Diseño de otros elementos del túnel:
  - Firmes.
  - Revestimiento.
  - Revestimiento estético.
  - Drenaje.

La infraestructura auxiliar de seguridad en los túneles tienen, entre otros, los siguientes objetivos:

- Facilitar las labores de escape y socorro.
- Facilitar las labores de mantenimiento.
- Reducir las afecciones producidas por incidentes.
- Evitar incidentes.

Dentro de la infraestructura auxiliar se incluyen:

- Instalaciones para la evacuación y protección de usuarios y acceso de emergencia.
- Instalaciones destinadas a vehículos de emergencia.
- Nichos de seguridad.
- Nichos de incendios.
- Apartaderos.

## 2. ALCANCE

La presente Instrucción técnica se aplicará a los túneles en servicio y a los túneles que aún no estando en explotación, se encuentran en fase de puesta en servicio, en fase de construcción, en fase de proyecto o en fase de planeamiento, de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según Norma Foral 2/1993, del 18 de febrero de Carreteras de Bizkaia y según la definición de túnel establecida en el artículo 2 del Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

La Instrucción técnica define los requisitos de seguridad que serán de obligado cumplimiento.

Para túneles en servicio o en construcción en el momento de publicación de la presente Instrucción, en el caso de que determinados requisitos indicados en la instrucción solo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas de imposible ejecución en la práctica o que tengan un coste desproporcionado, la Autoridad Administrativa podrá autorizar que se apliquen otras medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando estas medidas de reducción del riesgo den lugar a un nivel equivalente o mayor de seguridad. El Gestor del Túnel, proponente de estas medidas, deberá justificar la eficacia de las mismas mediante un Análisis de riesgo.

Este informe será auditado por el Organismo de Inspección, quien remitirá a la Autoridad Administrativa un Dictamen de Seguridad, cuya valoración favorable será necesaria para obtener la autorización de la Autoridad Administrativa.

El gestor del Túnel, directamente o a través del contratista o empresa explotadora (gestores delegados), deberá poner los recursos materiales y humanos necesarios para garantizar el cumplimiento del DFST (DF 135/2006, de 23 de agosto, artículo 5), y particularmente en la ejecución de las inspecciones del Organismo de

kapen organoaren ikuskapenetan, probetan, entseguetan, ikuskapen-, gainbegiratzeko eta ebaluazio-zereginetan, jardute-protokoloen simulakro edo simulazioetan, bai eta lanetan segurtasunerako baldintzak bermatzeko ere (adibidez: erraiak ixtea, seinaleak jartzea).

### 3. KODEAK, ARAUAK ETA ARAUDIAK

Jarraian, tunelen oinarritzko azpiegiturekin lotutako alderdiak aipatzen dituzten arauak eta araudiak emango dira:

- Abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretua, Bizkaiko errepedetako tuneletan izan beharreko segurtasunari buruzkoa.
- Europako Parlamentuak eta Kontseiluak 2004ko apirilaren 29an emandako 2004/54/CE Zuzentaraua, Europaz gaindiko Sareko Tuneletako segurtasunaren gutxieneko eskakizunei buruzkoa.
- 2004/54/CE Zuzentaruau jasotako okerren zuzenketa.
- Maiatzaren 26ko 635/2006 Errege Dekretua, Estatuko errepedetako tuneletan izan beharreko segurtasunaren gutxieneko betekizunei buruzkoa.
- 2006ko uztailaren 31ko 635/2006 Errege Dekretuan jasotako okerren zuzenketa.
- Errepideen Jarraibidea, 3.1-IC Araua, Trazaketa.
- «Azaleko Drainaketa» 5.2-IC Errepideen jarraibidea.
- UNE arauak.
- 2000ko abuztuaren 25eko hiruhileko 2000-63 zk.ko ministerioen arteko zirkularren 2. eranskina, errepideen sare nazionalako tunelen segurtasunari buruzkoa (Frantzia).
- 2006/03/29ko 2006-20 ministerio arteko zirkularra, 300 metro baino luzeagoko errepedetako tunelen segurtasunari buruzkoa. Kasu horretan, 2000/08/25eko 2000-63 ministerio arteko zirkularra baliogabetu du, 2. eranskina izan ezik. Horrek indarrean jarraitzen du. (Frantzia).
- CETU- Dossier pilote des tunnels. (Frantzia).

### 4. DISEINU GEOMETRIKOA

#### 4.1. Sarrera

Funtzionaltasunaren gaineko elementuez, luraren ezaugarri geologikoez eta geoteknikoez eta ingurumenaren eskakizunez gain, funtsezkoa da tunelaren diseinu geometrikoa, bai errepideko erabiltzailearen ikuspuntutik, bai eraikuntzaren, mantentzearen, ustiapenaren eta segurtasunaren aldetik.

Errepideko gainerako tarpeek eta horien ezaugarriek baldintzatu ohi dute tunelaren trazaketa; izan ere, tarte horiekin bat etorri behar dute. Hala eta guztiz ere, tuneleko trazaketak istripuen inguruan segurtasunaren aldetik duen eraginak eskakizun geometriko handiagoak eskatzen ditu, aire zabaletik doan errepidean baino handiagoak.

Errepideko proiektuaren abiadurari dagozkion parametroekin egingo da tuneleko elementuen trazaketa.

I. motako tuneletan gehenez 80 Km orduko abiadura dago ezarrita. Bestalde, II eta III. motako tuneletan, tunela aurkitzen den bidearen abiadura orokorraren muga ezarriko da, abiadura baxuagoa ezartzea gomendatzen duten arrisku zehatzak gertatzen direnean izan ezik.

Jarraibide honen ondorioetarako, ibilgailu astunen ehunekoak IMDaren %15 gaintzen duenean edo urtaroko IMDak askoaz gaintzen duenean urteko batezbestekoa, ebaluatu egingo da aparteko arrisku hori.

#### 4.2. Oinplanoko trazaketa

Oinplanoko trazaketak, oro har, errepideetarako Trazaketaren 3.1-IC Arauan ezarritakoa bete behar du, baita proiektuaren abiadura ere.

Gainera, tuneletako bestelako alderdi espezifikoak izan behar dira kontuan.

Inspección, pruebas, ensayos, tareas de inspección, supervisión y evaluación así como la realización de simulacros o simulaciones de protocolos de actuación, y para garantizar las condiciones de seguridad en los trabajos (ej. Cortes de carril, señalización).

### 3. CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

A continuación se citan Normas y Reglamentos que hacen referencia a aspectos relacionados con las infraestructuras básicas en los túneles:

- Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras de Bizkaia.
- Directiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre requisitos mínimos de seguridad en Túneles de la Red TransEuropea de carreteras.
- Corrección de errores de la Directiva 2004/54/CE.
- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- Corrección de errores del Real Decreto 635/2006, de 31 de julio 2006.
- Instrucción de Carreteras, Norma 3.1-IC, Trazado.
- Instrucción de Carreteras 5.2-IC «Drenaje Superficial».
- Normas UNE.
- Anexo 2 de la Circular interministerial n.º 2000-63 del 25 de agosto de 2000 relativa a la seguridad en los túneles de la red nacional de carreteras (Francia).
- Circular Interministerial n.º 2006-20 del 29/03/2006, relativa a la seguridad de túneles de carreteras de longitud superior a 300 metros. Anula a la Circular Interministerial n.º 2000-63 del 25/08/2000, a la excepción del Anexo 2, que se mantiene en vigor (Francia).
- CETU- Dossier pilote des tunnels. (Francia).

### 4. DISEÑO GEOMÉTRICO

#### 4.1. Introducción

Además de los elementos de funcionalidad, de las características geológico-geotécnicas del terreno y de las exigencias medioambientales, el diseño geométrico del túnel es un aspecto de vital importancia, tanto desde el punto de vista del usuario de la carretera, como del de la construcción, mantenimiento, explotación y seguridad.

Normalmente el trazado del túnel se haya condicionado por el del resto de la carretera y sus características, con las cuales debe mantener una cierta homogeneidad. Ahora bien, la incidencia que el trazado del túnel tiene en la seguridad frente a incidentes, obliga a introducir unas mayores exigencias geométricas que en el caso de que la carretera discurra por cielo abierto.

El trazado de los elementos del túnel se realizará con los parámetros correspondientes a la velocidad de proyecto de la carretera en la se sitúa.

La velocidad en los túneles de tipo I estará limitada como máximo a 80 km/h. En los túneles de tipo II y III, se empleará en general la limitación de velocidad genérica de la vía en la que se encuentra el túnel, salvo que existan riesgos específicos que recomienden una limitación inferior de la velocidad.

A efectos de esta instrucción, cuando el porcentaje de pesados supere el 15% de la IMD, o cuando la IMD estacional supere significativamente la media anual, el riesgo adicional, se evaluará.

#### 4.2. Trazado en planta

El trazado en planta cumplirá en general lo indicado en la Norma de Trazado 3.1-IC para carreteras con la correspondiente velocidad de proyecto.

Adicionalmente, se deben tener en cuenta otra serie de aspectos específicos de los túneles.

#### 4.2.1. Tunelera hurbiltzea

Tunelera hurbiltzeko trazaketan, kontraktorik justifikatu ezik, gidaria tuneleko ahoa tunelean sartu baino 15 segundo lehenago ikusiko duela bermatu behar da, zirkulazioa tunelari datzekion ezaugarrietara egokitzeko.

Honako ikuspen-distantzia hau dakar berme horrek:

$$D = 4,17 \times V$$

D = Tuneleko ahoaren ikuspen-distantzia (m).

V = Errepidearen proiektuko abiadura (km/h).

Hiriko tuneletan eta hainbat tunel dauden errepideetan denbora laburragoa izan daiteke halakoetan.

#### 4.2.2. Tuneleko irteera

Eguneko argitasuna dela-eta itsualdiak izateko posibilitatea aztertuko da, eta tuneleko irteeran ibilgailuaren gidariari horrelako jazoerak ez gertatzeko neurriak hartuko dira, bereziki, zona horretako errepidearen alineazioak eguneko zenbait orduetan eguzki-izpien orientazioarekin bat egiten duenean.

Orokorrean, ez dira proiektatuko ekialde-mendebaldearekin bat datozen alienazioak.

Tunelaren irteera aztertuko da, trazaketaren kalitatea kaltetu ez dadin; horien ondorioz, abiadura gutxitu beharra egongo da.

#### 4.2.3. Ikuspenera

Gelditzeko gutxieneko distantzia baino handiagoa da tunelaren barruko ikuspen-distantzia, proiekturako abiadurarekin kalkulatu, eta ahal dela gelditzeko distantzia gaindituko du, proiektuko abiadura gehi 20 km orduko abiadurarekin kalkulatu.

Ikuspen-distantzia kalkulatzeko, ikusizko eragozpenak dakartzaten tuneleko elementu guztiak hartuko dira aintzat.

##### 4.2.3.1. Gelditzeko distantzia

Ibilgailu bat lehenbailehen eta nahitaez gelditzeko eginiko guztiko distantziari deritzo D<sub>p</sub> gelditzeko distantzia; gelditu beharra dakarren objektua agertzen denetik hasita neurtuko da distantzia hori. Pertzepzio, erreakzio eta balaztatze denboretan eginiko distantzia ere sartzen da distantzia horretan. Adierazpen honen bidez kalkulatu da:

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_1 + i)}$$

Hauxe izanik:

D<sub>p</sub> = Gelditzeko distantzia (m).

V = Abiadura (km/h).

f<sub>1</sub> = Gurpil-zoladuraren marruskadura longitudinalen koefizientea.

i = Sestraren makurdura (bateko portzentajea).

t<sub>p</sub> = Pertzepzio eta erreakzio denbora (s).

Arau honen ondorioetarako, gelditzeko gutxieneko distantziari deritzo proiektuko abiadura oinarritzat hartuta lorturikoa.

Hainbat abiaduratarako marruskadura longitudinalen koefizientea kalkulatzeko, 4.1. taulatik lortuko dira balioak. Pertzepzio eta erreakzio denboraren balioa bi segundokoa izango da (t<sub>p</sub> = 2 s).

4.1. taula. – Marruskadura longitudinalen koefizientea

| V (km/h)       | 40    | 50    | 60    | 70    | 80    | 90    | 100   | 110   | 120   | 130   | 140   | 150   |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| f <sub>1</sub> | 0,432 | 0,411 | 0,390 | 0,369 | 0,348 | 0,334 | 0,320 | 0,306 | 0,291 | 0,277 | 0,263 | 0,249 |

4.2. taulan, hainbat abiaduratan eta makurduratan lortuko balioak agertzen dira:

#### 4.2.1. Aproximación al túnel

El trazado de aproximación al túnel deberá garantizar, salvo justificación en contrario, que el conductor perciba la boquilla de entrada 15 segundos antes de entrar, para que adecue la circulación a las características propias del túnel.

Esto conduce a una distancia de visibilidad de:

$$D = 4,17 \times V$$

D = Distancia de visibilidad de la boquilla del túnel (m).

V = Velocidad de proyecto de la carretera (km/h).

En túneles urbanos, y en circunstancias en que se produzca una sucesión de túneles, el tiempo requerido podrá ser inferior.

#### 4.2.2. Salida del túnel

Se adoptarán medidas conducentes a eliminar o paliar el posible efecto del deslumbramiento del conductor del vehículo a la salida del túnel, en especial cuando la alineación de la vía en esta zona coincida con la orientación de los rayos solares en algunas horas del día.

En general, no se proyectarán alineaciones en planta con orientación este-oeste.

Se estudiará la salida del túnel con objeto de evitar pérdidas de calidad en el trazado que supongan requerimientos de disminución de velocidad.

#### 4.2.3. Visibilidad

La distancia de visibilidad dentro del túnel será superior a la distancia de parada mínima, calculada con la velocidad de proyecto, siendo deseable que supere la distancia de parada calculada con la velocidad de proyecto incrementada en 20 km/h.

Para el cálculo de la distancia de visibilidad se considerarán todos los elementos del túnel que produzcan obstrucciones visuales.

##### 4.2.3.1. Distancia de parada

Se define como distancia de parada (D<sub>p</sub>) la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto que motiva la detención. Comprende la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado. Se calculará mediante la expresión:

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_1 + i)}$$

Siendo:

D<sub>p</sub> = Distancia de parada (m).

V = Velocidad (km/h).

f<sub>1</sub> = Coeficiente de rozamiento longitudinal rueda-pavimento.

i = Inclinación de la rasante (en tanto por uno).

t<sub>p</sub> = Tiempo de percepción y reacción (s).

A efectos de la presente Norma, se considerará como distancia de parada mínima, la obtenida a partir de la velocidad de proyecto.

A efectos de cálculo el coeficiente de rozamiento longitudinal para diferentes valores de velocidad se obtendrá de la Tabla 4.1. Para valores intermedios de velocidad se podrá interpolar linealmente en dicha tabla. El valor del tiempo de percepción y reacción se tomara igual a dos segundos (t<sub>p</sub> = 2 s).

Tabla 4.1 – Coeficiente de rozamiento longitudinal

| V (km/h)       | 40    | 50    | 60    | 70    | 80    | 90    | 100   | 110   | 120   | 130   | 140   | 150   |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| f <sub>1</sub> | 0,432 | 0,411 | 0,390 | 0,369 | 0,348 | 0,334 | 0,320 | 0,306 | 0,291 | 0,277 | 0,263 | 0,249 |

En la Tabla 4.2 se muestran los valores que se obtienen para distintas velocidades e inclinaciones:

4.2. taula. – Gelditzeko distantzia

| Makurdura (%) | Abiadura (km/h) |    |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|               | 40              | 60 | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 |
| -8            | 40              | 79 | 138 | 176 | 220 | 272 | 335 | 410 | 499 | 607 |
| -7            | 40              | 78 | 135 | 171 | 213 | 263 | 323 | 394 | 478 | 578 |
| -6            | 39              | 76 | 132 | 166 | 207 | 255 | 312 | 379 | 458 | 552 |
| -5            | 39              | 75 | 129 | 162 | 201 | 247 | 302 | 365 | 440 | 528 |
| -4            | 38              | 74 | 126 | 158 | 196 | 240 | 293 | 353 | 424 | 507 |
| -3            | 38              | 73 | 124 | 155 | 191 | 234 | 284 | 342 | 409 | 488 |
| -2            | 38              | 72 | 121 | 152 | 187 | 228 | 276 | 331 | 395 | 470 |
| -1            | 37              | 71 | 119 | 148 | 183 | 222 | 268 | 321 | 383 | 454 |
| 0             | 37              | 70 | 117 | 145 | 179 | 217 | 261 | 312 | 371 | 439 |
| 1             | 36              | 69 | 115 | 143 | 175 | 212 | 255 | 304 | 360 | 425 |
| 2             | 36              | 68 | 113 | 140 | 171 | 207 | 249 | 296 | 350 | 413 |
| 3             | 36              | 67 | 111 | 138 | 168 | 203 | 243 | 289 | 341 | 401 |
| 4             | 36              | 66 | 109 | 135 | 165 | 199 | 238 | 282 | 332 | 390 |
| 5             | 35              | 66 | 108 | 133 | 162 | 195 | 233 | 276 | 324 | 380 |
| 6             | 35              | 65 | 106 | 131 | 159 | 191 | 228 | 270 | 317 | 370 |
| 7             | 35              | 64 | 105 | 129 | 157 | 188 | 224 | 264 | 310 | 361 |
| 8             | 35              | 63 | 103 | 127 | 154 | 185 | 219 | 259 | 303 | 353 |

Tabla 4.2 – Distancia de parada

| Inclinación (%) | Velocidad (km/h) |    |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------|------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                 | 40               | 60 | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 |
| -8%             | 40               | 79 | 138 | 176 | 220 | 272 | 335 | 410 | 499 | 607 |
| -7%             | 40               | 78 | 135 | 171 | 213 | 263 | 323 | 394 | 478 | 578 |
| -6%             | 39               | 76 | 132 | 166 | 207 | 255 | 312 | 379 | 458 | 552 |
| -5%             | 39               | 75 | 129 | 162 | 201 | 247 | 302 | 365 | 440 | 528 |
| -4%             | 38               | 74 | 126 | 158 | 196 | 240 | 293 | 353 | 424 | 507 |
| -3%             | 38               | 73 | 124 | 155 | 191 | 234 | 284 | 342 | 409 | 488 |
| -2%             | 38               | 72 | 121 | 152 | 187 | 228 | 276 | 331 | 395 | 470 |
| -1%             | 37               | 71 | 119 | 148 | 183 | 222 | 268 | 321 | 383 | 454 |
| 0%              | 37               | 70 | 117 | 145 | 179 | 217 | 261 | 312 | 371 | 439 |
| 1%              | 36               | 69 | 115 | 143 | 175 | 212 | 255 | 304 | 360 | 425 |
| 2%              | 36               | 68 | 113 | 140 | 171 | 207 | 249 | 296 | 350 | 413 |
| 3%              | 36               | 67 | 111 | 138 | 168 | 203 | 243 | 289 | 341 | 401 |
| 4%              | 36               | 66 | 109 | 135 | 165 | 199 | 238 | 282 | 332 | 390 |
| 5%              | 35               | 66 | 108 | 133 | 162 | 195 | 233 | 276 | 324 | 380 |
| 6%              | 35               | 65 | 106 | 131 | 159 | 191 | 228 | 270 | 317 | 370 |
| 7%              | 35               | 64 | 105 | 129 | 157 | 188 | 224 | 264 | 310 | 361 |
| 8%              | 35               | 63 | 103 | 127 | 154 | 185 | 219 | 259 | 303 | 353 |

4.1. irudia. – Gelditzeko distantzia

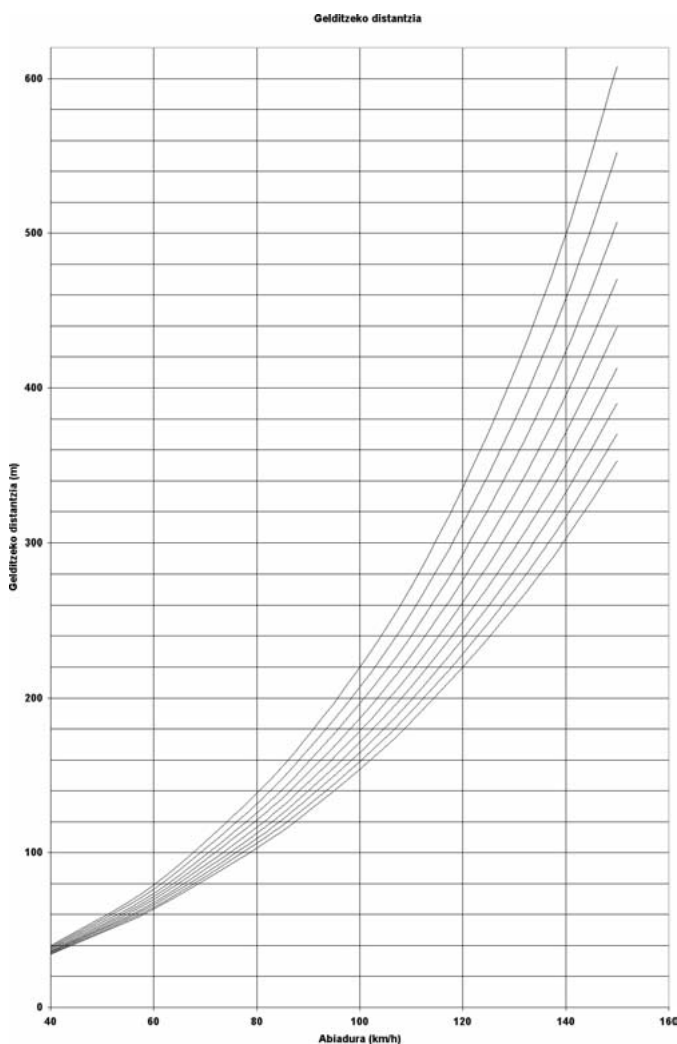
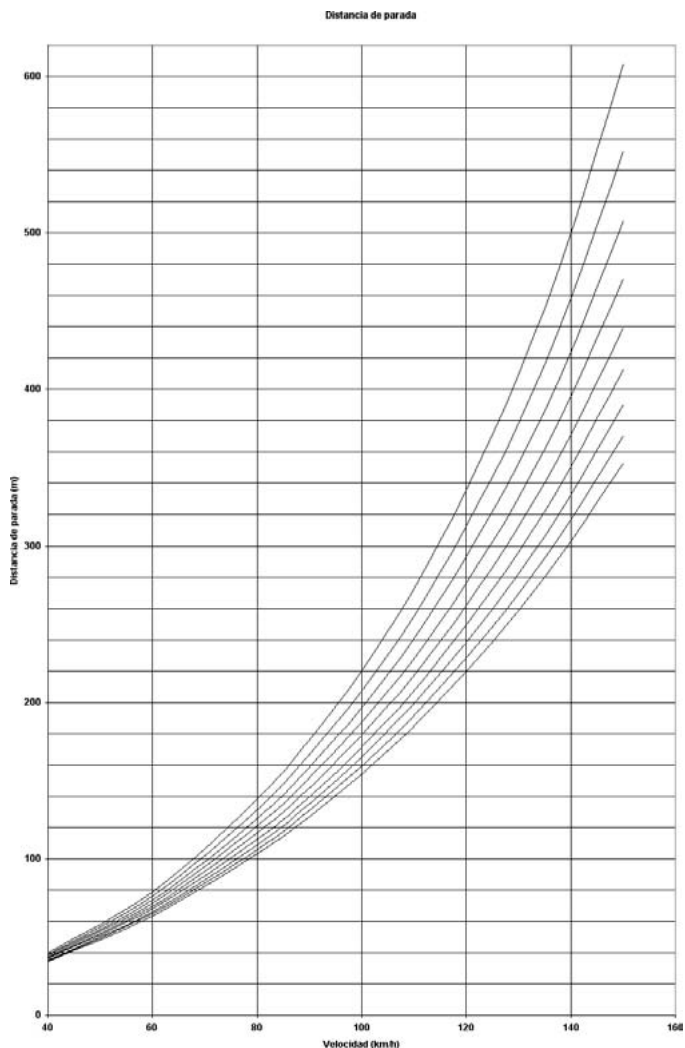


Figura 4.1 – Distancia de parada



4.2.3.2. Eragozpen-garbiketa

Formula hau aplikatuz lortuko da, kurba zirkular batean, ikuspen jakin bat izateko beharrezko eragozpen-garbiketaren balioa (4.2. irudia):

$$e = R - R \times \cos\left(\frac{31,83 \cdot D}{R}\right)$$

Hauk izanik:

e = horma pikotik gidariaren ibilbiderainoko gutxieneko distantzia (m).

R = Gidariaren ibilbidearen radioa (m).

D = Ibilgailuaren ibilbidearen batezbesteko ikuspena (m).

4.2.3.2. Despejes

El valor del despeje necesario para disponer de una determinada visibilidad en una curva circular (Figura 4.2) se obtendrá aplicando la fórmula:

$$e = R - R \times \cos\left(\frac{31,83 \cdot D}{R}\right)$$

Siendo:

e = Distancia mínima del hastial a la trayectoria del conductor (m).

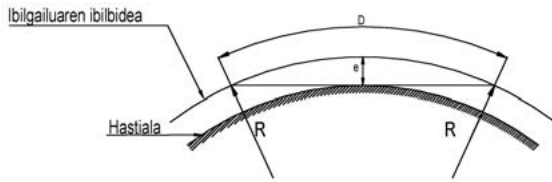
R = Radio de la trayectoria del conductor (m).

D = Visibilidad medida en la trayectoria del vehículo (m).

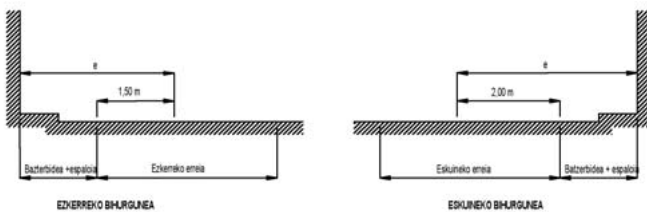
Aurreko formularen angeluaren balio gonioetan dago adierazita.

Gidariaren kokapena (4.3. irudia) eskuinera eginiko kurbetan hartuko da, erreirearen eskuineko ertzetik 2,00 metrora. Ezkerrera eginiko kurbetan erreirearen ezkerreko ertzetik 1,50 metroko distantzia hartuko da.

#### 4.1. Irudia. – Ikuspen-distantzia kurban dagoen tunel batean



#### 4.2. irudia. – Ikuslearen kokapena ezkerrean eta eskuinera eginiko kurbetan



### 4.3. Altxaerako trazaketa

Altxaerako trazaketak, oro har, errepidearen proiektuko abiadurarako ezarritakoa beteko du, baina honako baldintza osagarri hauek izango ditu.

#### 4.3.1. Gutxieneko makurdura

Tunelaren malda longitudinalak bertara doazen uren drainaketa egingo dela bermatu beharko du, baita isurketak galtzadaren gainean bizkor isurtzea ere.

Tunelaren gutxieneko makurdura ehuneko zero koma bostekoa izango da (0,5%). Salbuespenezko kasuetan, ordea, balio txikiagoa izan dezake sestrak, betiere ehuneko zero koma bitik gorakoa izanik (0,2%). Gehieneko maldaren lerroko makurdura ez da ehuneko zero koma bostekoa baino txikiagoa izango plataformaren edozein puntutan (0,50%).

#### 4.3.2. Gehieneko makurdura

Aparteko galtzadak dituzten errepideetan kokatutako I motako tuneletan ez dira egongo ehuneko hirutik gorako arrapalak, ahal dela (3%), eta maldak ez dira ehuneko bostetik gorakoak izango (5%). Galtzada bakarreko errepideetan ez da egongo ehuneko hirutik gorako sestrako makurdurarik (3%).

3tik gorako maldak dituzten tuneletan neurri osagarriak edo indartuak ebaluatuko dira segurtasuna hobetzeko, edo biak batera, arrisku-azterketa oinarri hartuta.

#### 4.3.3. Sestra aldaketak

Tuneletako beheko tokiak direla-eta, ura ateratzeko ponpaketa izan behar da. Bestalde, toki altuek aireztapen arazoak eragiten dituzte. Horrexegatik, ahal dela, ez da aldatuko tuneletako makurdura-maila.

II eta III. motako tunelek sestra-makurdura bakarria izango dute, aurkako justifikatzen denean izan ezik.

#### 4.3.4. Ibilgailu astunak

Tuneletako arrapalaren makurdurak eta luzerak, ohar har, errei osagarrien diseinua ez behartzeko modukoak izan beharko dute.

Edozelan ere, kontrako justifikazioa denean izan ezik, halako moldez egingo da trazaketa non tunel osoan ibilgailu astunen abiadura ehuneko hirurogei kilometrokoa izango baita gehienez ere (60 km/h).

El valor angular de la fórmula anterior está expresado en gonios.

La posición del conductor (Figura 4.3) se considerará en las curvas a la derecha a 2,00 m del borde derecho del carril. En las curvas a la izquierda se considerará a 1,50 m del borde izquierdo del carril.

Figura 4.2 – Distancia de visibilidad en un túnel en curva

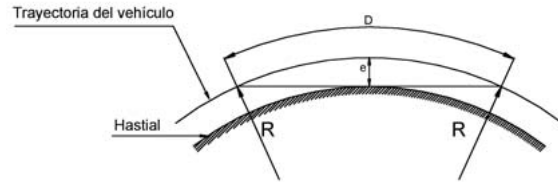
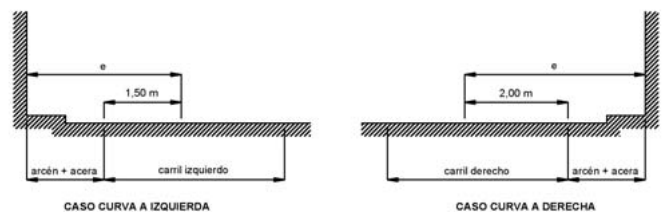


Figura 4.3 – Posición del observador en curva a izquierda y derecha



### 4.3. Trazado en alzado

En general el trazado en alzado cumplirá lo dispuesto para la velocidad de proyecto de la carretera, con los siguientes condicionantes adicionales.

#### 4.3.1. Inclinación mínima

La pendiente longitudinal del túnel debe garantizar el drenaje de las aguas que afloran al mismo, así como la rápida evacuación de vertidos sobre la calzada.

La inclinación mínima en túnel será de cinco décimas por ciento (0,5%). Excepcionalmente la rasante podrá alcanzar un valor menor, no inferior a dos décimas por ciento (0,2%). La inclinación de la línea de máxima pendiente en cualquier punto de la plataforma no será menor que cinco décimas por ciento (0,50%).

#### 4.3.2. Inclinación máxima

Los túneles de Tipo I ubicados en carreteras con calzadas separadas, se evitarán rampas mayores del tres por ciento (3%), y pendientes mayores del cinco por ciento (5%). En carreteras de calzada única, se evitarán inclinaciones de rasante mayores del tres por ciento (3%).

En los túneles con pendientes superiores al 3% se evaluarán las medidas adicionales o reforzadas o ambas para incrementar la seguridad, basándose en un análisis de riesgo.

#### 4.3.3. Cambios de rasante

Los puntos bajos en túneles obligan a disponer bombeo para evacuar el agua. Por otra parte los puntos altos provocan problemas de ventilación. Por esto se evitarán los cambios de signo de la inclinación en túneles.

Los túneles de Tipo II y III tendrán una sola inclinación de la rasante, salvo justificación en contrario.

#### 4.3.4. Vehículos pesados

En general, la combinación de inclinación y longitud de las rampas en túneles, deberá ser tal que no obligue al diseño de carriles adicionales.

En cualquier caso, salvo justificación en contrario, el trazado en alzado del túnel será tal que en toda su longitud la velocidad de los vehículos pesados no sea inferior a sesenta kilómetros por hora (60 km/h).

#### 4.4. Zeharkako sekzioa

##### 4.4.1. Tunel-zuloen kopurua

Tunel berrietan, bi norabideko tunel-zulo batekin diseinatuko dira tunelak, norabide bakoitzean errei bat, noiz-eta errei bakoitzerako IMDak eginiko 15 urterako aurreikuspena eguneko 7.500 ibilgailutik gora (egunean eta errei bakoitzeko) gaintitzen ez denean.

Hortik gora, norabide bakarreko trafikoko bi tunel-zulo diseinatuko dira. Trafikoko gorengo mailaren banaketa asimétriko bada argi eta garbi eta ez badago ibilgailu motelentzako erreirik, 3 errei dituen tunel-zulo bat defini daiteke, horietako bat bihurturria.

Hiriko tuneletan, horietako hartune bat 800 metrotik beherako distantziara badago foru sarearen eta udal sarearen arteko mugatik, baldintzei buruzko azterketa espezifikoa egin beharko da, norabide bakarreko edo bi norabideko izango den ala ez finkatu ahal izateko; halako kasuetan, bi norabideko tunelak edo sasi tunelak jartzeko posibilitatea onartuko da, aurreko erroaldetan ezarritako intentsitateetik gorako intentsitateetan ere bai. Kasu horietan, erdibitzailean new jersey erako barrera bat jartzea aurreikusi beharko da, eta gainera segurtasuneko azpiegiturei buruzko azterketa espezifikoa egin beharko da, erabiltzaileen ebakuzioa bermatzea ahalbidetuko duena hain zuzen.

##### 4.4.2. Erreiak

###### 4.4.2.1. Errei-kopurua

Aurreikuspeneko urtean proiektaturiko trafikoaren intentsitatearen eta osaeraren arabera finkatuko da zeharkako sekzioaren erreien kopurua, hain zuzen ere tunela zerbitzuan hasi eta hogei urte ondoren (20).

###### 4.4.2.2. Erreien zabalera

Erreiek, oro har, 3,50 m-ko zabalera izango dute. Salbuespenez, 3,25 m-ra murriztea onartuko da hiriko tuneletan. Erdiko bide-marken zati proportzionala sar daiteke zabalera horretan, baina ez du izango bide-bazterreko ertzeko bideko marka.

Tunelean 3,50 m baino zabalera gutxiagoko ibilgailu astunei zuzendutako errei badago, eta bertatik ibilgailu astunek ere zirkulatu badezakete, neurri gehigarriak edo indartuak, edo biak batera, hartuko dira, betiere segurtasuna areagotzeko helburuarekin.

##### 4.4.2. Sekzio aldaketak

Behar bezalako justifikaziorik egon ezik, ezin izango da inolako konexiorik, loturarik edo biribilgunerik egin, ezta errei kopuruetan aldaketarik ere, ez tunelaren barruan, ez tunelaren sekzio bat baino berrehun eta berrogeita hamar metro lehenago edo ondoren (250 m).

Halaber, justifikaziorik egon ezik, errei-kopuru berari eutsi beharko zaio, tunelaren barruko aldean zein inguruetan. Edozein sekzio aldaketa tuneleko ur hartunetik nahikoa distantziara egin beharko da; distantzia hori, gutxienez, ibilgailuak baimendutako gehieneko abiaduraz 10 segundoan eginiko distantzia izango da. Orografia dela-eta ezin bada aurreko hori bete, eginiko azterketaren ondoriozko neurri osagarriak hartu beharko dira eta justifikazioa eman beharko da horretarako.

Gainera, baldin eta tuneleko irteeratik laurhun eta berrogeita hamar metrora (450 m) baino distantzia laburragora konexio, lotura edo biribilgunerik badago galtzadan, edo aldaketaren bat erreien kopuruan, elementu horiek tunelerainoko auto-pilaketak eragiteko posibilitatea aztertu beharko da.

##### 4.4.4. Zeharkako sekzioa

###### 4.4.4.1. Galtzada banatuetako errepideak

BI ERREIKO GALTZADA, HANDITU BEHARRIK EZ DUENA

Hona hemen sekzio tipoa:

Metro 1eko bide-bazterra + 3,5 m-ko 2 errei  
+ 2,5 m-ko bide-bazterra = 10,5 m

Abiadura mugatua edo kontrolaturiko abiadura dagoen tuneletan, edo trafiko txikia dagoenean edo lur desegokietan, sekzio murr-

#### 4.4. Sección transversal

##### 4.4.1. Número de tubos

En túneles de nueva construcción, se diseñarán túneles con un tubo bidireccional de un carril por sentido cuando la previsión a 15 años vista de la IMD por carril no exceda los 7.500 vehículos por día y carril.

Cuando se exceda este valor se procederá a diseñar dos tubos de tráfico unidireccional. En aquellos casos en que la distribución de puntas de tráfico sea claramente asimétrica y no exista carril de vehículos lentos, se podrá definir un tubo con 3 carriles uno de ellos reversible.

En túneles de carácter urbano, con ubicación de una de sus bocas a menos de 800 metros del límite entre la red foral y la red municipal se realizará un análisis específico sobre las condiciones para su configuración en lo relativo a su carácter unidireccional o bidireccional, admitiéndose en estos casos la posibilidad de túneles o falsos túneles bidireccionales incluso con intensidades superiores a la indicada en los párrafos anteriores, debiéndose prever en estos casos la implantación de una barrera tipo new jersey en la mediana, realizándose un análisis específico de la infraestructuras de seguridad que permita garantizar la evacuación de los usuarios.

##### 4.4.2. Carriles

###### 4.4.2.1. Número de carriles

El número de carriles de la sección transversal se fijará en función de la intensidad y composición del tráfico en la hora de proyecto del año horizonte, situado veinte (20) años después de la entrada en servicio.

###### 4.4.2.2. Anchura de carriles

Los carriles tendrán en general una anchura de 3,50 m. Excepcionalmente, se admitirán reducciones a 3,25 m en túneles urbanos. Este ancho puede incluir la parte proporcional de marcas viales en el centro, pero no debe incluir la marca vial del borde de arcén.

En el caso de que el túnel posea un carril para vehículos lentos de anchura inferior a 3,50 m y se permita la circulación de vehículos pesados, se adoptarán medidas adicionales o reforzadas, o ambas, para incrementar la seguridad.

##### 4.4.3. Cambios de sección

Salvo debida justificación, no se podrá realizar ningún tipo de conexión, nudo o glorieta en la calzada, ni modificación del número de carriles, en el interior del túnel, ni en los doscientos cincuenta metros (250 m) anteriores o posteriores a una sección en túnel.

Asimismo y salvo justificación, se tratará de mantener el mismo número de carriles tanto dentro como en el entorno del túnel. Cualquier cambio de sección se producirá a una distancia suficiente de la boca del túnel; esta distancia será como mínimo, la distancia recorrida en 10 segundos por el vehículo a la velocidad máxima autorizada. Si por circunstancias orográficas no se pudiese cumplir lo anterior, se justificará y se tomarán medidas adicionales que se deriven en su caso del análisis realizado.

Adicionalmente en el caso de que se disponga a menos de cuatrocientos cincuenta metros (450 m) de la salida de un túnel algún tipo de conexión, nudo o glorieta en la calzada, o una modificación del número de carriles, se deberá estudiar la posibilidad de que estos elementos causen retenciones que lleguen a afectar al túnel.

##### 4.4.4. Sección transversal

###### 4.4.4.1. Carreteras con calzadas separadas

CALZADA CON DOS CARRILES SIN PREVISIÓN DE AMPLIACIÓN

La sección tipo estará formada por:

Arcén 1,0 m + 2 carriles de 3,5 m  
+ arcén 2,5 m = 10,5 m

En caso de túneles con velocidad limitada o controlada con señalización variable, con tráfico poco intenso, o en terrenos geo-

tzagoa izatea justifikatu ahal izango da; honako hauek baino txikiagoa izan da:

$$0,5 \text{ m-ko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko 2 errei} \\ + \text{metro 1eko bide-bazterra} = 8,5 \text{ m}$$

Alde banatan, gutxienez hirurogeita hamabost zentimetroko zabalera duen (75 cm) gaineko espaloia jarriko da.

#### BI ERREIKO GALTZADA, HANDITZEKO AURREIKUSPENA EGINA DUENA

Hona hemen sekzio tipoa, galtzada handitu ondoren:

$$\text{Metro 1eko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko 3 errei} \\ + \text{metro 1eko bide-bazterra} = 12,5 \text{ m}$$

Handitze lanak egin baino lehen, 12,5 metroko plataformaren barruan honako sekzio hau jarriko da:

$$\text{Metro 1eko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko 2 errei} \\ + 2,5 \text{ m-ko bide-bazterra} = 10,5 \text{ m}$$

Gainerako 2,0 m-koak eskuineko aldean kokatuko dira, aipaturiko horietatik ez igarotzeko. Ingurune horretan zebrabidea jar daiteke, nahasketarik ez izateko eta gorabeherak eragin ditzaketen ibilgailuen zirkulazioa ekiditeko.

Alde banatan, gutxienez hirurogeita hamabost zentimetroko zabalera duen (75 cm) gaineko espaloia jarriko da.

#### HIRU ERREIAK DITUZTEN GALTZADAK

Hona hemen sekzio tipoa:

$$\text{Metro 1eko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko 3 errei} \\ + \text{metro 1eko bide-bazterra} = 12,5 \text{ m}$$

Alde banatan, gutxienez hirurogeita hamabost zentimetroko zabalera duen (75 cm) gaineko espaloia jarriko da.

#### 4.4.4.2. Galtzada bakarreko errepedeak

Sekzio tipo simetrikoa da, oro har, bide-bazterrean ibilgailu bat gelditzeko tokirik izan barik; bide azkarretan eta C-100 eta C-80 errepedetan bitarteko zebrabide bat jarriko da non ez baita ibilgailuen zirkulazioa baimenduko, abiadura gehiegi ez murrizteko eta kontrako erreia okupatzeko posibilitatea murrizteko.

Errei osagarriren bat behar dela aurreikusten bada, segurtasuna edo edukiera dela-eta, erdibitzaileko segurtasun-barrera zurruna jarriko da, berariazko justifikaziorik ez badago. Kasu horretan, 2,5 m-ra handituko da bide-bazterra baldin eta norabideetako bat errei bakarrekin osatzen bada.

Honako hau da sekzio tipoa kasu simetrikoetan:

#### BIDE AZKARRAK

$$\text{Metro 1eko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko erreia} + 1,5 \text{ m-ko erdibitzailea} \\ + 3,5 \text{ m-ko erreia} + \text{metro 1eko bide-bazterra} = 10,5 \text{ m}$$

Alde banatan, gutxienez hirurogeita hamabost zentimetroko zabalera duen (75 cm) gaineko espaloia jarriko da.

#### OHIKO ERREPIDEAK: C-100 ETA C-80

$$\text{Metro 1eko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko erreia} + \text{metro 1eko erdibitzailea} \\ + 3,5 \text{ m-ko erreia} + \text{metro 1eko bide-bazterra} = 10,0 \text{ m}$$

Alde banatan, gutxienez hirurogeita hamabost zentimetroko zabalera duen (75 cm) gaineko espaloia jarriko da.

#### OHIKO ERREPIDEAK: C-60

$$\text{Metro 1eko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko 2 errei} \\ + \text{metro 1eko bide-bazterra} = 9,0 \text{ m}$$

Alde banatan, gutxienez hirurogeita hamabost zentimetroko zabalera duen (75 cm) gaineko espaloia jarriko da.

#### OHIKO ERREPIDEAK: C-40

$$0,5 \text{ m-ko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko 2 errei} \\ + 0,5 \text{ m-ko bide-bazterra} = 8,0 \text{ m}$$

Alde banatan, gutxienez hirurogeita hamabost zentimetroko zabalera duen (75 cm) gaineko espaloia jarriko da.

lógicamente desfavorables, se podrá justificar la reducción a una sección más estricta no inferior a:

$$\text{Arcén } 0,5 \text{ m} + 2 \text{ carriles de } 3,5 \text{ m} \\ + \text{arcén } 1,0 \text{ m} = 8,5 \text{ m}$$

A ambos lados se dispondrá una acera elevada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho mínimo.

#### CALZADA CON DOS CARRILES CON PREVISIÓN DE AMPLIACIÓN

La sección tipo una vez ampliada será:

$$\text{Arcén } 1,0 \text{ m} + 3 \text{ carriles de } 3,5 \text{ m} \\ + \text{arcén } 1,0 \text{ m} = 12,5 \text{ m}$$

Antes de la ampliación se dispondrá dentro de la plataforma de 12,5 m una sección de:

$$\text{Arcén } 1,0 \text{ m} + 2 \text{ carriles de } 3,5 \text{ m} \\ + \text{arcén } 2,5 \text{ m} = 10,5 \text{ m}$$

Los 2,0 m restantes se ubicarán en el lado derecho para evitar el tránsito por ellos. Esta zona podrá ser cebreada con objeto de evitar la confusión y posible circulación de vehículos que pudieran ocasionar incidentes.

A ambos lados se dispondrá una acera elevada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho mínimo.

#### CALZADA CON TRES CARRILES

La sección tipo una será:

$$\text{Arcén } 1,0 \text{ m} + 3 \text{ carriles de } 3,5 \text{ m} \\ + \text{arcén } 1,0 \text{ m} = 12,5 \text{ m}$$

A ambos lados se dispondrá una acera elevada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho mínimo.

#### 4.4.4.2. Carreteras de calzada única

En general, la sección tipo será simétrica, sin espacio para la detención de un vehículo en el arcén; se incluirán en las vías rápidas y en las carreteras C-100 y C-80 una zona intermedia cebreada en la que no se permitirá la circulación de vehículos, que evite la reducción excesiva de velocidad y reduzca la posibilidad de invasión del carril contrario.

En aquellos casos en los que se prevea la necesidad de algún carril adicional sea por motivos de seguridad, sea por motivos de capacidad se instalará, salvo justificación específica barrera de seguridad rígida en mediana, ampliando en ese caso el arcén a 2,5 metros si en una de la direcciones quedase configurada con un único carril.

La sección tipo para los casos simétricos estará formada por:

#### VÍAS RÁPIDAS

$$\text{Arcén } 1,0 \text{ m} + \text{carril de } 3,5 \text{ m} + \text{mediana de } 1,5 \text{ m} \\ + \text{carril de } 3,5 \text{ m} + \text{arcén } 1,0 \text{ m} = 10,5 \text{ m}$$

A ambos lados se dispondrá una acera elevada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho mínimo.

#### CARRETERAS CONVENCIONALES: C-100 Y C-80

$$\text{Arcén } 1,0 \text{ m} + \text{carril de } 3,5 \text{ m} + \text{mediana de } 1,0 \text{ m} \\ + \text{carril de } 3,5 \text{ m} + \text{arcén } 1,0 \text{ m} = 10,0 \text{ m}$$

A ambos lados se dispondrá una acera elevada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho mínimo.

#### CARRETERAS CONVENCIONALES: C-60

$$\text{Arcén } 1,0 \text{ m} + 2 \text{ carriles de } 3,5 \text{ m} \\ + \text{arcén } 1,0 \text{ m} = 9,0 \text{ m}$$

A ambos lados se dispondrá una acera elevada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho mínimo.

#### CARRETERAS CONVENCIONALES: C-40

$$\text{Arcén } 0,5 \text{ m} + 2 \text{ carriles de } 3,5 \text{ m} \\ + \text{arcén } 0,5 \text{ m} = 8,0 \text{ m}$$

A ambos lados se dispondrá una acera elevada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho mínimo.



**4.4.5. Galiboa**

Altuera libre ez da izango bost metrokoa baino txikiagoa (5 m) plataformako edozein tokitan, ezta ibilgailuak sar daitezkeen aldeetan ere.

Espalioen altuera libre ez da izango inola ere bi metro eta hogeita hamar metrokoa baino altuagoa (2,30 m).

**4.4.6. Espaloiak**

Espaloiak jarriko dira tuneletan larrialdietan edo artapeneko jardueretan erabiltzeko. Espaloiak gutxienez 0,75 m-ko zabalera izango dute, tuneleko trafikoa gehienbat mantentze lanetarako denean. Salbuespenez, hiriko tuneletan oinezkoak ibiltzeko espaloiak jarriko dira, gutxienez 1,5 m-ko zabalera.

Ikuspena hobetzeko inguru-garriketa handiagoa izateko beharrezkoa den kasuetan, espaloiak zabalera handituko da bide-bazterri dagokiona handitu behar.

Larrialdietarako erreirik eta espaloiak ez dagoen tuneletan, neurri gehigarriak edo indartuak hartuko dira, segurtasuna eskaintzeko ahal izateko.

**4.4.7. Zeharkako malda****4.4.7.1. Bide zuzeneko ponpaketa**

Bide zuzeneko plataformako ponpaketa halako moldez proiektatuko da non galtzadan eror daitezkeen iragazpen-urak erraz eba-kuatuko baitira, baita balizko isurketak ere.

Aparteko galtzadetako errepideetan, berriz, galtzada eta bide-bazterrak ehuneko bi eta erdiko (%2,50) gutxienezko zeharkako makurdura berarekin jarri dira baina alde bakarrerantz.

Galtzada bakarrek errepideetan, galtzada eta bide-bazterrak ehuneko bi eta erdiko (%2,50) gutxienezko zeharkako makurdura berarekin jarri dira baina alde bakarrerantz, galtzadaren ardatzetik hasita. Baldin eta tunelean isurbide jarraituarekin osatutako drainaketa-sistema badago, alde bakarrerantz egingo da ponpaketa, sistema bi aldiz ez egiteko.

**4.4.7.2. Kurbako zeharkako maldak**

Kurbako peralteak tuneletan jarriko dira ohiko sekzioetan moduan, 3.1-I.C. Arauketaren irizpideak oinarri hartuta.

**4.4.8. Alboko barrerak**

Alboko barrerak tuneleko horma pikoarekin eginiko talkaren ondorioak murrizten dituzte, eta horren kontra jotzen den ibilgailua itzuliz egiten da galtzadarekiko angelu txiki batekin.

New Jersey erako barrerak jarriko dira tunel guztietan horma pikoaren beheko aldean.

**5. OINARRIZKO AZPIEGITURA****5.1. Zoladurak**

Tunelaren barruko zoladurak aire zabaleko ohikoek ez bezalako baldintzak dituzte; horien artean, hauexek nabarmendu behar dira:

- Zabaldegia kalitatea, oro har, ohiko sekzioetan baino hobetagoa da, zeren eta harkaitz osasuntsuaren edo hormigoia gainean egoten baita. Horri esker, beste sekzioetan baino lodiera txikiagoak egon daitezke.
- Komenigarria da azpoinarri drainatzaileko lehen geruza bat izatea, galtzadaren azpian iragazten den ura biltzeko lana errazagoa izan dadin.
- Ez da zoladura drainatzaile erabiliko tuneletan, zeren eta, produktu erregaiak nahigabe isurtzen badira, sua denbora luzean iraunaraziko duen erregai-erreserba izan baitaiteke zoladura drainatzailea.

Tuneletan jarri beharreko zoladurak aire zabalean dagoenarekin bat etorri behar du nolabait, salbu eta errodadura-geruza drainatzaileak erabiltzea.

**4.4.5. Gálibo**

La altura libre no será inferior a cinco metros (5 m) en cualquier punto de la plataforma ni en las zonas accesibles a vehículos.

La altura libre sobre las aceras no será inferior a dos metros y treinta centímetros (2,30 m).

**4.4.6. Aceras**

Se dispondrán aceras en los túneles para uso en emergencias u operaciones de conservación. Las aceras tendrán una anchura mínima de 0,75 m en aquellos túneles en los que el tránsito sea fundamentalmente de mantenimiento. Excepcionalmente en túneles urbanos se dispondrán aceras para tránsito peatonal, con una anchura mínima de 1,5.

En aquellos casos en que sea necesario aumentar el despeje para aumentar la visibilidad, se incrementará la anchura de las aceras en vez del arcén.

En los túneles ya existentes que no tengan ni carril de emergencia ni acera, se tomarán medidas adicionales o reforzadas para proporcionar seguridad.

**4.4.7. Pendiente transversal****4.4.7.1. Bombeo en recta**

El bombeo de la plataforma en recta se proyectará de modo que se evacuen con facilidad las aguas de infiltración, así como los posibles vertidos, que caigan sobre la calzada.

En carreteras de calzadas separadas la calzada y los arce-nes se dispondrán con una misma inclinación transversal mínima del dos y medio por ciento (2,50%) hacia un solo lado.

En carreteras de calzada única, la calzada y los arcenes se dispondrán con una misma inclinación transversal mínima del dos y medio por ciento (2,50%) hacia cada lado a partir del eje de la calzada. Si en el túnel se dispone de un sistema de drenaje formado por sumidero continuo, el bombeo se realizará hacia un solo lado, para evitar duplicar el sistema.

**4.4.7.2. Pendientes transversales en curva**

Los peraltes en curva se dispondrán en los túneles igual que en las secciones normales siguiendo los criterios de la Normativa 3.1-I.C.

**4.4.8. Barreras laterales**

Las barreras laterales reducen las consecuencias de una colisión con el hastial del túnel, devolviendo al vehículo que impacta contra ellas con un ángulo pequeño a la calzada.

Se instalarán en todos los túneles barreras tipo New Jersey en la parte inferior de los hastiales.

**5. INFRAESTRUCTURA BÁSICA****5.1. Firmes**

El firme en el interior del túnel tiene unos condicionantes diferentes a las habituales a cielo abierto, entre los que destacan los siguientes:

- En general la calidad de la explanada es mejor que en las secciones normales, ya que suele estar apoyada sobre roca sana o sobre hormigón. Esto permite disponer espesores menores que en otras secciones.
- Es conveniente disponer de una primera capa de subbase drenante, para facilitar la recogida del agua que se infiltra bajo la calzada.
- No se deben emplear firmes drenantes en túneles, ya que en caso de vertido accidental de productos inflamables, el firme drenante puede constituir una reserva de carburante que alimente el incendio durante un tiempo prolongado.

El firme a colocar en los túneles deberá mantener cierta homogeneidad con la solución adoptada a cielo abierto, exceptuando el empleo de capas de rodadura drenantes.

Irristadurarekiko erresistentzia zeharkako marruskaduraren koefizientearen (CRT) bidez zoladura neurtuta tunelaren barruan, hori ez da izango 60 baino baxuagoa.

## 5.2. Egiturako estaldura

### 5.2.1 Helburuak

Ohiko tekniken eta arautegiaren arabera egingo da behin-behineko euskarrien eta egiturako estalduren proiektua.

Aireztapen mekanikoa jarriko den tunel orok edukiko du hormigoi enkofratuzko eraztun batekin osaturiko estaldura, hormigoi proiektatuarekin, zertekin eta buloiekin izaten den euskarriaren gainean jarriko dena hain zuzen ere, betiere indusketako mugimenduak estaldura egonkortu ondoren.

Egiturako estaldura hormigoi enkofratuzko eraztun bat da, tune-laren sekzioaren inguruan egiten dena indusketa eta estaldura burutu ondoren; barneko aldea sekzioaren ikusten den paramentua da.

Hona hemen estaldurarekin lortzen diren helburu nagusiak:

- *Egiturakoa*: Estaldurak egonkortasuna ematen dio egiturari epe laburrean, baina denboraren poderioz, hondatu egin daiteke, batez ere ura dagoenean.
- *Iragazkaizpena*: PVCzko xafla batekin bidezko iragazkaizpena komeni da, baina horrek hormigoi enkofratuzko estaldura jartzea eskatzen du. Ondoko lur azpiko lokaletan jarriko da iragazkaizpena.
- *Aireztapena*: Barne paramentu uniformeak eta zimurtasun txikiak hobetu egiten du jarritako aireztapen-ekipoen errendimendua.
- *Argiztapena*: Barne paramentu uniformeak eta kolore argi-koak hobetu egiten du jarritako aireztapen-elementuen errendimendua.
- *Mantentzea*: Estaldurak ia ez du mantentze lanik behar.

### 5.2.2. Egiturako estalduraren eskakizunak

7. puntuari azaldutako suaren kontrako erresistentzia izan behar du estaldurak. Tuneleko temperatura igotzeak kalte fisiko eta kimiko handiak eragin ditzake eraikuntzako elementuetan, eta horren ondorioz, narriatu eta funtzionaltasuna galtzen dute. Hormigoian, 250 °C-tik gorako temperaturan, barruan sortzen den ur-lurrinak ikusten den aldea (Spalling) zartatzen duen presioa eragiten du. 300 °C-tik gorako temperaturan ur galerak gertatzen dira porlanaren gelean eta transformazioak ardiotan; hala, bada, lehenbiziko pitzadurak agertzen dira. 600 °C-tik gorako temperaturan, berriz, hormigoia disgregatu egiten da eta kalte handi eragiten dio egituraren ahalmenari. Bestalde, altzairua 450 °C-tik gorako temperaturan badago, osorik berreskuratzen ditu ezaugarri mekanikoak giroko temperaturara itzultzen denean. Armadurak gutxienez 3 cm-ko geruzarekin estaltzea gomendatzen da. Ahalik eta diametrorik txikieneko barra bateragarriak aukeratuko dira, modu uniformearen barreiatuak.

## 5.3. Estaldura estetikoa

### 5.3.1. Xedea

Estaldura estetikoa egitura arina da, erresistentziarako funtziorik ez duena eta tuneleko horma pikoak estaltzen dituena. Estaldura estetiko tunel-mota guztietan ezarriko da.

Hormigoi enkofratuzko estaldura duten tunelen estaldura estetikoaren helburu nagusia erosotasuna hobetzea da:

- Argien argitasun-maila handitzen du.
- Tunelaren geometrika aurreratzeko lagungarria da, zeren eta alboko gida dinamikoa sortzen baitu.
- Tuneleko eta irteera eta sarreretako zarata-maila jaisten du.

Estaldura estetikoaren beste abantaila bat hormak garbitzeko lanak erraztea da.

La resistencia al deslizamiento medida por el coeficiente de rozamiento transversal (CRT) del firme en el interior del túnel no será inferior a 60.

## 5.2. Revestimiento estructural

### 5.2.1. Objetivos

El proyecto de sostenimientos provisionales y de los revestimientos estructurales se realizará siguiendo las técnicas al uso y la normativa correspondiente.

Todos los túneles en los que se instale ventilación mecánica, contarán con un revestimiento formado por un anillo de hormigón encofrado que se colocará sobre el sostenimiento constituido habitualmente por hormigón proyectado, cerchas y bulones, una vez estabilizados los movimientos de la excavación.

El revestimiento estructural consiste en un anillo de hormigón encofrado que se realiza en el contorno de la sección del túnel, una vez completada la excavación y sostenimiento, constituyendo su cara interior el paramento visto de la sección.

Los objetivos principales que se consiguen con la ejecución del revestimiento son los siguientes:

- *Estructural*: El sostenimiento proporciona estabilidad estructural al túnel a corto plazo, pero con el paso del tiempo puede deteriorarse, especialmente en presencia de agua.
- *Impermeabilización*: Es conveniente una impermeabilización con lámina de PVC, lo que obliga a la ejecución de un revestimiento de hormigón encofrado. La impermeabilización se ejecutará asimismo en las dependencias anejas subterráneas.
- *Ventilación*: Un paramento interior uniforme y de baja rugosidad mejora el rendimiento de los equipos de ventilación instalados.
- *Iluminación*: Un paramento interior uniforme y de color claro mejora el rendimiento de los elementos de iluminación instalados.
- *Mantenimiento*: El revestimiento no precisa prácticamente mantenimiento.

### 5.2.2. Requisitos del revestimiento estructural

El revestimiento deberá contar con la resistencia al fuego indicada en el punto 7. El incremento de temperatura en el túnel puede provocar alteraciones físico-químicas y portantes de sus elementos constitutivos originando su degradación y pérdida de funcionalidad. En el hormigón, a partir de 250 °C, el vapor de agua generado en su interior crea una presión que produce el desconchado de la cara vista (Spalling). A partir de los 300 °C se producen pérdidas de agua en el gel del cemento y transformaciones en los áridos, apareciendo las primeras grietas. A partir de los 600 °C el hormigón se empieza a disgregar, dañando seriamente su capacidad estructural. Por otra parte el acero a partir de 450 °C no recupera íntegramente sus características mecánicas cuando vuelve a la temperatura ambiente. Es aconsejable un recubrimiento mínimo de las armaduras de 3 cm. Se escogerán barras del menor diámetro compatibles y espaciadas uniformemente.

## 5.3. Revestimiento estético

### 5.3.1. Objetivo

El revestimiento estético consiste en una estructura ligera sin funciones resistentes que recubre los hastiales del túnel. Se instalará revestimiento estético en todos los tipos de túneles.

El objetivo principal del revestimiento estético en túneles con revestimiento de hormigón encofrado es incrementar el confort:

- Aumenta la luminosidad generada por la iluminación.
- Ayuda a anticipar la geometría del túnel al crear una guía lateral dinámica.
- Disminuye el nivel sonoro en el túnel y en las entradas y salidas.

Otra ventaja del revestimiento estético es que facilita las labores de limpieza de las paredes.

Aurrez fabrikaturiko eta tuneleko horma pikoetan ainguraturiko euskarri-egitura baten gainean jarritako panalez osatuta egon ohi da estaldura estetikoak.

### 5.3.2. Estaldura estetikoaren eskakizunak

Estaldurak, oro har, honako eskakizun hauek bete behar ditu:

- Erregaitzak izatea. M0 edo M1 erako materialak izan behar dute.
- Suaren kontrako erresistentzia, 6. puntuan azaldutakoaren arabera.
- Sua dagoenean gas toxikorik ez igortzea.
- Ibilgailu astunek eragindako 2,5 kN/m<sup>2</sup>-ko presioari eta deprezioari eutsi behar dio, baita 1 kN-ko karga puntualari ere.
- Elementu guztiak normalizatuak izango dira, elementuok aldatzea errazagoa gerta dadin.
- Honako hauetako ekipoak modu egokian biltzea ahalbidetzen duten elementuen integrazioa erraztu behar du sistemak: SOS zutoinak, BIE, ur-hartuneak, etab.
- Estaldura elektrikoak finkatzeko beharrezko elementu guztiak korrosioaren kontrako erresistentzia bera izan behar dute (korrosio galvanikoa ez sortzea bermatuko duten elementuak jarrita egingo da elementuen arteko konexioa).
- Banako panelak bizkor muntatzeko eta desmuntatzeko modua emango du sistemak, elementurik kaltetu gabe.

Euskarriko egiturak, gainera, honako eskakizun hauek bete behar ditu:

- Gutxienez 12 mm-ko diametroa duen altzairu herdoilgaitzeko ainguraketa-bernoak erabiliko dira; torloju blokeatzaileak dituen euspen egitura kokatzeko mekanismoa izango du.
- Euskarri-profilak altzairu herdoilgaitzekoak izango dira, instalaziorako ezaugarri egokien arabekoak, AISI arauaren arabera.
- Profil normalizatuak izan behar dute, horiek hornitzeko posibilitate zabalak ziurtatu ahal izateko.
- Euste-elementuen arteko torloju guztiak altzairu herdoilgaitzekoak eta autoblokeatzaileak izan behar dute, UNE-EN arauaren arabera normalizaturiko sistema batekin, eta halako molde diseinatuko dira non banan-banan desmuntatu ahal izango baitira elementuak.

Estaldura-panelek, gainera, honako eskakizun hauek bete behar dituzte:

- Ikusten den aldeak graffiti eta hautsaren kontrako tratamendua izan behar du garbiketa errazagoa izan dadin, baita azidoen, soluzio alkalinoen eta organikoaren kontrako erresistentzia ere.
- Goiko alde margotuak arraien kontra duen erresistentzia edo gogortasuna.
- Ikusten den alde presioa altuan garbitzean duen egonkortasun mekanikoa.
- Ikusten den aldeak detergente alkalino, azido eta disolbatzaileen eta abarren kontra duen erresistentzia.
- Panelak erreflexio-koefiziente altua izan beharko du.
- Panelaren murgilketaren ondorengo xurgapen-ahalmen murriztua 48 orduetan.
- Zirkulazioan izan daitezkeen elementuen talken kontrako erresistentzia, EN 356 arauaren arabera neurtua.
- Ez dute ertz ebakitzailerik izan behar, eta talka gertatuz gero, ez du zati ebakitzailerik edo zorrotzik eragin behar.
- Ikusten diren keen edo ibilgailuen gas-ihesbideen aurkako erresistentzia ona.

El revestimiento estético está formado normalmente por paneles prefabricados colocados sobre una estructura portante anclada a los hastiales del túnel.

### 5.3.2. Requisitos del Revestimiento Estético

El conjunto del revestimiento estético debe cumplir los siguientes requisitos:

- Incombustibilidad. Los materiales deben ser de tipo M0 o M1.
- Resistencia al fuego según lo indicado en el punto 6.
- No emisión de gases tóxicos en caso de incendio.
- Debe soportar una presión y depresión cíclica provocada por el tráfico de vehículos pesados de 2,5 kN/m<sup>2</sup>, así como una carga puntual de 1 kN.
- Todos los elementos estarán normalizados, con objeto de facilitar la sustitución de los mismos.
- El sistema debe facilitar la integración de elementos que permitan recoger de forma adecuada los equipos de postes SOS, BIEs, hidrantes, etc.
- Todos los elementos necesarios para la fijación de los revestimientos estéticos deben presentar la misma resistencia a la corrosión (La conexión entre elementos de diferentes materiales se realizara con interposición de elementos que garanticen la no creación de corrosión galvánica).
- El sistema debe permitir el montaje y desmontaje rápido de paneles individuales sin deterioro de ninguno de los elementos del conjunto.

La estructura de soporte debe cumplir adicionalmente con los siguientes requisitos:

- Se emplearán pernos de anclaje de acero inoxidable con diámetro mínimo de 12 mm para la fijación al revestimiento, con mecanismo de posicionado de la estructura portante con tornillos autoblocantes.
- Los perfiles de soporte deberán ejecutarse en acero inoxidable de características adecuadas a la instalación según norma AISI.
- Los perfiles deberán ser normalizados con objeto de asegurar la amplia posibilidad de suministro de los mismos.
- Toda la tornillería entre elementos de fijación será ejecutada en acero inoxidable, deberá ser autoblocante, con sistema normalizado según norma UNE-EN, y deberá ser diseñada de forma que permita el desmontaje de cada uno de los elementos de forma individual.

Los paneles del revestimiento deben cumplir adicionalmente los siguientes requisitos:

- La cara visible deberá contar con tratamiento antigrafiti y antipolvo, que favorezcan su limpieza, así como su resistencia a ácidos, soluciones alcalinas y orgánicas.
- Se justificará la resistencia a la rayadura o dureza de la cara coloreada.
- Se justificará la estabilidad mecánica de la cara visible al lavado de alta presión.
- Se justificará la resistencia de la cara visible a detergentes alcalinos, ácidos y disolventes, etc...
- El panel deberá disponer de un elevado coeficiente de reflexión.
- Capacidad de absorción reducida tras inmersión del panel durante 48 horas.
- Resistencia a los choques y a los impactos de elementos que puedan provenir de la circulación, medida según la norma EN 356.
- No debe presentar bordes cortantes, y en caso de colisión, no debe producir trozos cortantes o puntiagudos
- Buena resistencia de la cara visible a los humos y gases de escape de los vehículos.

Panelak finkatzeko sistemak, gainera, honako eskakizun hauek bete beharko ditu:

- Altzairu herdoilgaitzezkoak izango dira torlojuak eta euste-bernoak, baita juntura-estalkiak ere.
- Panelak eta elementuak muntatzeko eta desmuntatzeko modua eman beharko du sistemak.
- Korrosioaren kontrako erresistentzia.

### 5.3.3. Instalazio irizpideak

Estaldura estetikoak jarriko da tunel guztietako horma pikoetan, New Jersey erako barreraren gainean.

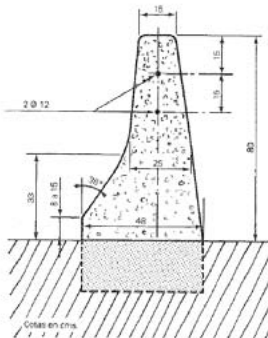
### 5.4. Barrerak

New Jersey erako barrerak jartzea aurreikusten da tunel osoan, pitetan kanpai-itxura izanik.

M motako barrera edo handiagokoa izango da, «Ibilgailuen euspen-sistemei buruzko oharbideak» atalaren arabera, Herri Lan, Garraio eta Ingurumen Ministerioi 321/95 T eta P Zirkular Agindua aintzat hartuta.

Tunelen hormetako pikoei dagokienez, egiturazko estalduraren alboko barrera hormigoiz hornitu ahal izango da.

Espaloiaren gainean jarriko da barrera eta libre utziko dira pasatzeko beharrezko 75 cm-ak.



### 5.5. Drainaketa

Likidoak isurtzeko sistema bat izan beharko da tuneletan eta ondoko lokaletan.

Oro har, drainaketa eta isurketak banatzeko sistema bat egongo da galtzadaren gainean. Sistema horrek alde batetik mazizoko iragazpen-ura bilduko du, eta bestetik galtzadaren gaineko isurketak (Tunela garbitzea, sua itzaltzea, etab.).

Tuneletako ur hartuneetan, horien sestrari esker ura barrurantz sartzen denean, ura hartzeko hainbat sistemaren proiektua egingo da. Halaber, erregimen naturalera itzultzeko lanari jarriko zaio arreta.

#### 5.5.1. Galtzadaren drainaketa

##### 5.5.1.1. Xedea

Galtzadako uren etorria biltzeko sistemen helburua barruko estoldako produktuak biltzea da; honako hauek izan daitezke produktuak:

- Ohikoak: ibilgailuek euria edo elurra denean arrastan eramandako uren etorria, horma pikoien garbiketako urak, etab.
- Ezbeharretakoak: istripuetan galtzadaren gainean isuritako hainbat produktu.

##### 5.5.1.2. Hautaketa-irizpideak

- a) Printzipio orokorrak:
  - III. motako tuneletan ez da beharrezkoa lur gaineko urak biltzeko sistema bat ezartzea.
  - II. motako tunelen kasuan, berriz, kanalizazio nagusi lez erabil daiteke bilketa-sistema, betiere beste kolektorerik behar izan barik.

El sistema de fijación de los paneles debe cumplir adicionalmente los siguientes requisitos:

- Todos los tornillos y pernos de fijación serán de acero inoxidable, así como las cubrejuntas.
- El sistema debe permitir el montaje y desmontaje de paneles y elementos independientes.
- Resistencia a la corrosión.

### 5.3.3. Criterios de instalación

Se instalará revestimiento estético en los hastiales de todos los túneles, por encima de la barrera tipo New Jersey.

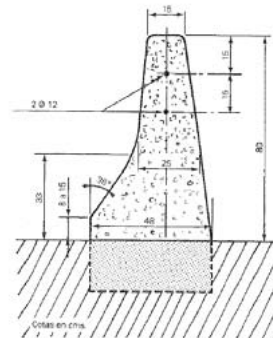
### 5.4. Barreras

Se preverá la instalación de barreras tipo New Jersey en toda la longitud del túnel, con acampanamiento en las boquillas.

La barrera será de clase M o superior, según las «Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos», Orden Circular 321/95 T y P, del Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medio Ambiente.

En el caso de los hastiales de los túneles, se admitirá hormigonar la barrera junto al revestimiento estructural.

La barrera se situará sobre la acera dejando libre los 75 cm de paso requeridos.



### 5.5. Drenaje

Los túneles y sus dependencias anejas deberán disponer de un sistema de evacuación de líquidos.

En general se dispondrá de un sistema separativo de drenaje y evacuación de vertidos sobre la calzada. Este sistema recogerá por una parte el agua de infiltración del macizo, y por otra los vertidos sobre la calzada. (Limpieza del túnel, extinción de incendios, etc.).

En las bocas de los túneles, cuya rasante favorezca la entrada de agua hacia el interior, se proyectarán dispositivos de captación de agua. Asimismo se prestará atención a la restitución al régimen natural.

#### 5.5.1. Drenaje de la calzada

##### 5.5.1.1. Objeto

Los dispositivos de recogida del agua de escorrentía de la calzada tienen por objeto recoger los productos de escorrentía interiores, cuyo origen puede ser:

- Normal: Aguas de escorrentía arrastradas por los vehículos en tiempo de lluvia o nieve, aguas de limpieza de los hastiales.
- Accidental: productos diversos vertidos sobre la calzada en caso de accidente.

##### 5.5.1.2. Criterios de elección

- a) Principios generales:
  - En túneles de Tipo III no es necesario implantar un sistema de recogida de aguas superficiales.
  - Para túneles de Tipo II, el dispositivo de recogida puede utilizarse como canalización principal, sin ser necesario un colector adicional.

- I. motako tuneletan, bilketa-sistemarekin batera, nahitaez jarri beharko da 400 mm-ko diametroa edo handiagoa duen kolektorea, barrutik kutxetekin konektaturik, gehienez 100 metroko tartean egongo diren sifoi su-ebakitzaileekin, eta batez ere 50 metroko tarteeekin.
- b) Zoladura:
  - Ez dago baimenduta errodadura-geruza drainatzailerik erabiltzea.
- c) Ertz-erretanak:
  - Ertz-erretanak denbora laburrean xurgatu behar ditu isurketak, isurketek bustitako azalera mugatu ahal izateko.
  - Baldin eta merkantzia arriskutsuak pasatzeko baimena ematen bada, jarraitua izan behar du ertz-erretanak, eta irekidura bertikalekoa izan daiteke, edo irekidura horizontalekoa baina saretoarekin. Oro har, irekidura bertikala gomendatzen da.

#### 5.5.1.2. Dimentsioen gaineko irizpideak

- a) Ertz-erreten jarraituak:
  - Irizpide hauek errespetatu behar dituzte ertz-erreten jarraituek:
    - Gehieneko altuera: 60 cm.
    - Bide-bazterraren gehieneko okupazioa: 50 cm.
    - Kolektoreak gutxienez 60 litro libratu beharko ditu segundoko.
    - Gehieneko emariaren %70erako gutxienezko abiadurak hauxe izan behar du: 0,5 m/seg.
    - Xurgapen-ahalmena: bat-batean isuritako likido baten 5 m<sup>3</sup> xurgatzeko gauza izan behar du 10 segundoren barruan, 50 m-ko luzeran.
    - 6 tonako gurpil bat 25 cm x 25 cm-ko azalera baten gainean duenaren karga baliokideari eusteko ahalmena.
- b) Sifoi kutxeta suebakiak:
  - 6 tonako gurpil batek 25 cm x 25 cm-ko azalera baten gainean isolatuta duen karga baliokideari eusteko gauza izan behar dute kutxetek
  - Sifoietan ura etengabe dagoela bermatu beharko da.
  - Ahalik eta estankoenak izango dira sifoiak ixteko elementuak.
  - Ez da sifoi kutxetarik jarriko suaren kontrako ekipoetatik, segurtasun-nitxoetatik edo instalazioen sarretatik 10 metrora baino distantzia laburragoan, erabiltzaileak ebakutzeko eta babesteko eta larrialdietako zerbitzuak sartzeko.
- c) Ur zikinak berreskuratzeko depositua:
  - Kolektoretik joan behar dute galtzadan bildutako likido guztiek; kolektorea urak berreskuratzeko depositu estankoko sifoi batekin egongo da konektaturik. Hala, isurketa tratatzeko modua dago ubide naturaletan barreiatu baino lehen.
  - Merkantzia arriskutsuen trafikoa baimentzen bada, gutxienez 220 m<sup>3</sup> berreskuratzeko modua eman behar du sistemak, hain zuzen ere zisternak garraiatuiko gehieneko 40 m<sup>3</sup>-ko bolumenari eta ezbeharraren kontra egiteko erabilietako 180 m<sup>3</sup>-ko ur kantitateari dagozkionak.
  - Hona hemen deposituen ezaugarri komunak:
    - Hormigoi armatuzko barrunbe estankoak izango dira. Horien eraikuntzak ez du tunelaren egonkortasuna ukituko, eta kokapenak ez du funtzionaltasunean eraginik izango.
    - Bisitatzeko modukoak izango dira, eta gizakiak pasatzeko tranpa-ohol bat eta pertsonalak azkeneraino sartzeko mailak izango dituzte.
    - Hodiak pasatzeko modukoa izango da; gida-hodia edukiko du, ur peko ponpaketa ekipo eramangarria jaisteko

- Para túneles de Tipo I, el dispositivo de recogida debe estar obligatoriamente acompañado de un colector de diámetro igual o superior a 400 mm, conectado con el anterior por arquetas con sifón cortafuegos separadas un máximo de 100 metros, y preferiblemente cada 50 m.
- b) Firmes:
  - No se autoriza el empleo de capas de rodadura drenantes.
- c) Caces:
  - El caz debe de poder absorber los vertidos en un tiempo corto, con el fin de limitar la superficie mojada por el vertido.
  - En el caso de que se permita el paso de mercancías peligrosas, el caz debe ser continuo, pudiendo ser de abertura vertical, de abertura horizontal, o de abertura horizontal con rejilla. En general se recomienda el primer tipo.

#### 5.5.1.2. Criterios de dimensionamiento

- a) Caces continuos:
  - Los caces deben respetar los siguientes criterios:
    - Altura máxima de 60 cm.
    - Ocupación máxima del arcén: 50 cm.
    - Como mínimo el colector deberá poder evacuar 60 l/seg.
    - La velocidad mínima para el 70% del caudal máximo debe ser 0,5 m/seg.
    - Capacidad de absorción tal que permita evacuar un vertido brusco de 5 m<sup>3</sup> de un producto líquido en menos de 10 segundos, en una longitud de 50 m.
    - Capacidad resistente para soportar una carga equivalente a una rueda aislada de 6 toneladas sobre una superficie de 25 cm x 25 cm.
- b) Arquetas sifónicas cortafuegos:
  - Las arquetas deben ser capaces de soportar una carga equivalente a una rueda aislada de 6 toneladas sobre una superficie de 25 cm x 25 cm.
  - Se deberá garantizar la presencia permanente de agua en los sifones.
  - Los elementos de cierre de los sifones serán lo más estancos posibles.
  - No se colocarán arquetas sifónicas a menos de 10 metros de equipos contra-incendios, nichos de seguridad, o del acceso a instalaciones para la evacuación y protección de usuarios y acceso de emergencia.
- c) Depósito de recuperación de efluente:
  - Todos los líquidos recogidos sobre la calzada deberán circular por el colector, que estará conectado mediante un sifón con un depósito de recuperación estanco, que permiten tratar el vertido antes de su disipación por los cauces naturales.
  - En el caso de que se permita el tráfico de mercancías peligrosas, el sistema deberá permitir recuperar un mínimo de 220 m<sup>3</sup>, correspondientes al volumen máximo de 40 m<sup>3</sup> transportado por una cisterna más 180 m<sup>3</sup> del agua utilizada para luchar contra el siniestro.
  - Las características comunes a los depósitos serán las siguientes:
    - Consistirán en un recinto estanco de hormigón armado. Su construcción no afectará a la estabilidad del túnel, ni su ubicación a la funcionalidad de éste.
    - Serán visitables, disponiendo de una trampilla para paso humano y de unos pates para el acceso del personal hasta el fondo.
    - Dispondrán de un pasatubos con tubo guía que permita bajar un equipo de bombeo portátil y sumergible, para la

modua emango duena lohiak garbitzeko, ponpaketa osagarria egiteko, isurketak biltzeko, etab.

- Pertsonak eta ekipoak putzuaren edo deposituaren gainean erraz sartzeko modua izan behar dute, eta gainera ekipoak mantentzeko nahikoa toki izango da (ekipoak aldatzea, konpontzea, etab.).

### 5.5.2. Lur azpiko uren drainaketa

#### 5.5.2.1. Xedea

Jarritako dispositiboen xedea honako hauetatik datozen lur azpiko urak biltzea da:

- Estalduraren estradoseko zirkulazioa.
- Galtzadako zabaldegia.

Drainen bidez egiten da bilketa hori iragazkaizpen-sistemarekin konektaturiko horma pikoan oinarrietan, baita galtzadaren azpiko drainen bidez ere.

#### 5.5.2.2. Iragazpeneko ura biltzea

II eta III. motako tuneletan, erregistroko kutxeten mazizoko iragazpeneko urak biltzeko sistema jarri beharko da, gehienez 100 metroko tartea dagoela kutxeten artean. Kutxeta horiek helburu horretarako aurreikusitako nitxo txikietan jarriko dira.

I. motako tuneletan, mazizoko urak biltzeko sistema kolektorearekin konektatuko da ahal dela; gehienez 100 metroko tartea egon behar du kutxeten artean.

#### 5.5.2.3. Zabaldegiko drainaketa

Galtzadako ertzetan jarriko diren drain longitudinalen bidez bilduko dira azpisestratik datozen iragazpenak. Hodiaren diametroa gutxienez 200 mm-koa izango da mantentze lanak errazagoak izan daitezten.

Erregistroko kutxetak jarriko dira, plataformako drainaketa kutxetak izan daitezkeenak, betiere emariak nahasteko modua ematen ez badute.

### 5.6. Komunikazioetarako hodiak

Kontrako justifikaziorik aurkeztu ezean, espaloien azpian, tunelaren alde banatan, komunikazioetarako hodiak jartzea aurreikusiko da, galdatutako segurtasun- eta kontrol-sistemak ezarri daitezten.

Gutxienez 50 mm-ko diametroa izango duten zortzi (8) hodi aurreikusiko dira tunelaren alde banatan, baita gehienez 50 m-ko distantziara jarriko diren kutxetak ere.

Tuneletako espaloien arteko galtzadako pasabideak aurreikusiko dira, baita ebakuazio galerien pareko deribazio-kutxetak eta ibilgailuak tunelen artean pasatzeko bideak ere.

### 5.7. Energia hornitzeko eta banatzeko hodiak

Justifikaziorik egon ezik, tentsio altuko edo ertaineko energia elektrikoko hornidurarako hodiak jartzea aurreikusiko da (200 mm-ko diametroko 2 hodi gutxienez) eta tentsio apalekoak (gutxienez 110 mm-ko diametroko 8 hodi, eta kutxetan gehienez 50 m-ra jarriko da) energia elektrikoa hornitzeari eta banatzeari buruzko jarraibide teknikoak betez.

Galtzadako pasabideak aurreikusiko dira, baita ebakuazio galerien pareko deribazio-kutxetak eta ibilgailuak tunelen artean pasatzeko bideak ere.

Energia elektrikoaren hodien igoeren irteera segurtasun-barreraren gainean kokatutako sifoiatik egiteko gomendioa eman da. Gisa berean, hormaren pikoan erretena egiteko gomendioa ere ematen da, babes handiagoa eskuratzeko xedearekin.

### 5.8. Suaren kontrako babes-hodiak

Halaber, kontrako justifikaziorik aurkeztu ezean, hodiak jartzea aurreikusiko da Suaren Kontrako Babes Sistemaren Jarraibidea betetzeko.

limpieza de lodos, bombeo auxiliar, recogida de vertidos, etc.

- La superficie situada encima del pozo o depósito será accesible a las personas y equipos, disponiendo de espacio suficiente para el mantenimiento de éstos (sustitución, reparación, etc.).

### 5.5.2. Drenaje de aguas subterráneas

#### 5.5.2.1. Objeto

Los dispositivos que se colocan tienen como objeto recoger las aguas subterráneas provenientes de:

- La circulación en el trasdós del revestimiento.
- La explanada de la calzada.

Esta recogida se efectúa a través de drenes en la base de los hastiales, conectados con la impermeabilización y por drenes bajo la calzada.

#### 5.5.2.2. Recogida de agua de infiltración

Para túneles de Tipo II y III, se debe instalar en el sistema de recogida de las aguas de infiltración del macizo arquetas de registro separadas un máximo de 100 m. Estas arquetas se instalarán en nichos de pequeñas dimensiones previstos para este fin.

Para túneles de Tipo I, la recogida de aguas del macizo se conectará preferentemente a un colector por medio de arquetas de registro separadas un máximo de 100 m.

#### 5.5.2.3. Drenaje de la explanada

Las infiltraciones provenientes de la subrasante se recogerán por medio de drenes longitudinales situados en los extremos de la calzada. El diámetro del tubo será como mínimo de 200 mm, para facilitar el mantenimiento.

Se dispondrán arquetas de registro, que podrán coincidir con las del drenaje de la plataforma, siempre que no se permita la mezcla de los dos caudales.

### 5.6. Tubos para comunicaciones

Salvo justificación se preverá la instalación de tubos para comunicaciones, preferentemente bajo la acera, en ambos lados del túnel con objeto de permitir la instalación de los sistemas de seguridad y control requerido.

Se preverán ocho (8) tubos de diámetro no inferior a 50 mm y arquetas a distancia no superiores a 50 m en cada uno de los lados del túnel.

Se preverán pasos de calzada entre aceras de los túneles y arquetas de derivación enfrentadas a las galerías de evacuación y pasos de vehículos entre túneles.

### 5.7. Tubos para suministro y distribución de energía

Salvo justificación, se preverá la instalación de tubos para suministro de energía eléctrica en alta o media tensión (mínimo 2 tubos de diámetro 200 mm) y baja tensión (mínimo 8 tubos de diámetro 110 mm con arqueta situada a distancia no superior a 50 m) para cumplimiento de la Instrucción Técnica de suministro y distribución de energía eléctrica.

Se preverán pasos de calzada entre aceras de túneles y arquetas de derivación enfrentadas a las galerías de evacuación y pasos de vehículos.

Se recomienda realizar la salida de las subidas de los tubos de energía eléctrica desde las arquetas sobre la barrera de seguridad. Asimismo, se recomienda ejecutar una roza en el hastial con el objetivo de lograr una mayor protección.

### 5.8. Tubos de protección contra incendios

Salvo justificación, se preverá la instalación de tubos para cumplimiento de la Instrucción de Sistemas de Protección Contra Incendios.

## 6. SEGURTASUN AZPIEGITURA

### 6.1. Erabiltzaileak ebakutzeko eta babesteko instalazioak eta larrialdietako sarrerak

Erabiltzaileak ebakutzeko eta babesteko instalazioak eta larrialdietako sarrerak funtsezkoak dira oinarritzko segurtasuna emateko. Beharrezko ebakuazio-ibilbideak eta horien ezaugarri fisikoak, egiturakoak eta ezaugarri funtzionalak definituko ditu proiektuak.

I. motako tuneletan 175 - 350 metroko distantzia duten instalazioak jarriko dira.

Hauexek dira ebakuazio bide guztien eskakizun komunak:

- Zoladura irristagaitza.
- Altuera libre: 2,20 m.
- Zabalera libre: 2,20 m.
- Eskubanda izango dute.
- Eragozpenik ez izatea eskaturiko gutxieneko mailatik behar-rako zabalera murrizten dutenak.
- Gomendaturiko gehieneko malda: %8.
- Ahal dela ez da eskailerarik erabiliko, eta arreta berezia emango zaie mugikortasun murriztua duten pertsonen segurtasunari.
- Drainaketa-sistema bat izango du, pertsonak dabilzan tar-teak lehor izateko uneoro.
- Ke eta gasik gabe egongo dira.
- Tunelekiko loturetan seinaleak izango dira.
- Komunikazioko instalazioak izango dira kontrolako zentro-arekin.
- Tunelean eskuzko su-itxalgailua jarriko da.
- Beroaren hedapena baliabide egokien bidez saihestuko da. Honakoan artean hautatuko da instalazio-motak, lehentasun- en hurrenkeran:
  - Zuzeneko komunikazioa tunelaren kanpoko aldearekin zentzuzko baldintzetan egin daitekeenean.
  - Tunel-zuloen arteko komunikazioa bi tunel-zulo daudenean eta komunikazio hori atarte presurizatuaren bidez egin daitekeenean.
  - Zerbitzuko tunel paraleloa beste arrazoi batzuk direla-eta justifikatuta badago.
  - Suaren kontrako babesa duten ebakuazio galeriak dauden aterpeak salbuespenezko kasuetan aurreko instalaziorik izateko modurik ez badago.

#### 6.1.1. Zuzeneko ebakuazioa kanpoko aldearekin

Tunelen galtzada lur gaineratik 15 metrora baino distantzia handiagora dagoenean, eta bereziki tunel aizunetan, kanpoko aldearekiko zuzeneko konexioak izango dira erabiltzaileak ebakutzeko eta babesteko instalazioak eta larrialdietako sarrerak.

Konexio horiek soilik oinezkoak sartzeko modukoak izango dira eta gutxienez 2,20 metroko zabalera izango dute eta 2,20 metroko altuera. Oinplanoan gutxienez 5 m<sup>2</sup> dituen atarte presurizatu batekin daude tuneletik banatuta. Ateek gutxienez 1,80 m-ko zabalera tarte libre utzi behar dute eta 2 metroko altuera, eta tuneletik kanporantz zabaldu behar dira. Atearen eta tunelaren horma pikoaren areko atzeraeramangune bat aurreikusiko da (metro bat nahikoa izan daiteke), kanpotik sartzen den pertsonalak aterpea izan dezan. Konexioak eta atarteak 0,70 m-ko zabalera eta 2,30 m-ko luzerako ohatila bat pasatzeko modua eman behar dute. Atarteko bi ateak aldi berean zabal daitezke ohatila pasa ahal izateko.

Kanporako bidea ematen duen larrialdietako irteeraren azken tartean tenplatze bat eraiki beharko da, eta horren atea izuaren kontrako barra bat izango du kanpotik eta segurtasun-sarraila barrutik.

Baimendutako pertsonen galarazita dute konexio horietara kanpoko aldetik sartzea.

## 6. INFRAESTRUCTURA DE SEGURIDAD

### 6.1. Instalaciones para la evacuación y protección de usuarios y accesos de emergencia

Las instalaciones para la evacuación y protección de usuarios y acceso de emergencia constituyen un elemento de seguridad esencial. El proyecto definirá las rutas de evacuación necesarias, sus características físicas, estructurales y funcionales.

En los túneles de Tipo I se dispondrán estas instalaciones con distancia comprendida entre 175 - 350 metros.

Los requisitos comunes a todas las rutas de evacuación serán los siguientes:

- Pavimento antideslizante.
  - Altura libre 2,20 m.
  - Anchura libre 2,20 m.
  - Estarán dotados de pasamanos.
  - Inexistencia de obstáculos que reduzcan su anchura por debajo de la mínima exigida.
  - Pendiente máxima recomendada 8%.
  - Se evitará en lo posible el uso de escaleras, prestándose especial atención a la seguridad de las personas con movilidad reducida.
  - Dispondrá de un sistema de drenaje que mantenga en seco la superficie de tránsito de personas.
  - Permanecerán libres de humos y gases.
  - Los entronques con el túnel estarán señalizados.
  - Dispondrá de instalaciones de comunicación con el centro de control.
  - En el interior se instalará un extintor manual.
  - Se impedirá por medios adecuados la propagación del calor.
- El tipo de instalación se seleccionará entre las siguientes, en orden de preferencia:
- Comunicación directa con el exterior cuando se pueda realizar en condiciones razonables.
  - Comunicación entre tubos cuando existan dos tubos, y esa comunicación se pueda dar a través de un vestíbulo presurizado.
  - Túnel de servicio paralelo si está justificado por otros motivos.
  - Refugios con galería de evacuación protegida contra el fuego si no se puede disponer ninguna de las instalaciones anteriores en casos excepcionales.

#### 6.1.1. Evacuación directa con el exterior

En el caso de túneles en que la calzada esté a menos de 15 metros de la superficie, y en particular en falsos túneles, las instalaciones para la evacuación y protección de usuarios y acceso de emergencia consistirán en conexiones directas con el exterior.

Estas conexiones, accesibles solamente a peatones, deben contar con una anchura mínima de 2,20 metros y una altura de 2,20 metros. Estarán separadas del túnel mediante un vestíbulo presurizado con una superficie en planta de por lo menos 5 m<sup>2</sup>. Las puertas deben dejar un espacio libre de al menos 1,80 m de anchura y 2 metros de altura, y se deben abrir en la dirección desde el túnel hacia el exterior. Se preverá un retranqueo de la puerta con respecto al hastial del túnel (1 m puede ser suficiente), que permita una zona de refugio para el personal que pudiera acceder desde el exterior. La conexión y el vestíbulo deben permitir el paso de una camilla de 0,70 m de anchura y 2,30 m de largo. Las dos puertas del vestíbulo se podrán abrir simultáneamente para permitir el paso de una camilla.

En el extremo final de la salida de emergencia que conduce al exterior se construirá un templete cuya puerta disponga de barra antipánico por el interior y cerradura de seguridad por el exterior.

No se debe permitir el acceso de personas no autorizadas a estas conexiones desde el exterior.

Baldin eta tuneletako galtzada lur gainetik 15 metrora baino distantzia luzeagora badago, ez da nahitaezkoa kanpoaldearekiko zuzeneko konexioa, eta lur azpiko instalazioekin konparatu beharko dira.

### 6.1.2. Ebakuazioa tunelaren bitartez

Komunikazio zuzenik ez badago kanpoko aldearekin, erabiltzaileak ebakuatzeko eta babesteko instalazioak eta larrialdietako sarrerak ondorengo xedapenen arabera egingo dira, bi zuloako tunelak izan zein zulo bakarreko tunelak izan:

- Bi zulo dituzten tunelak: Bien arteko lotura.
- Zulo bakarreko tunelak: Segurtasun-galeriak. Aterpeak:
  - a) Bi tunel-zulo dituzten tunelak:
    - Tunel-zuloen arteko konexioa irtenbide ona da erabiltzaileak ebakuatu ahal izateko (eta horixe da hiriarteko tunelek gehienetan aukeratu ohi dena), baina baldintza honekin: gorabehera edo istripua gertatzen den tunel-zuloako konexioa beste tunel-zuloako erretekin (tunel-zulo hori zirkulazioan egon daiteke oraindik) zuzenean ez egitea ate bakarren bidez.
    - Oinezkoentzako komunikazioek gutxienez 2,2 m-ko zabalera izan beharko dute era berean suaren kontrako materialak pasatzeko (bereziki tutu malguen karreteak), baita 2,2 m-ko altuera ere. Ateak 1,80 m-ko zabalera libre utzi behar dute eta 2 m-ko altuera libre. Tuneletik konexiorako norabidean irekiko dira ateak. Komenigarritzat jotzen da ateen atzeraeramanguneak egitea tunelarekiko. Komenigarria izango litzateke ere 2 m-tik gorako segurtasun-distantzia uztea, bidaiariak seguru izan daitezten tuneleko irteerako ebakuazioa egin behar denean. Baldin eta maila-diferentzia badago tunel-zuloen artean eta horren ondorioz ezin pasa badaiteke tutu malguen karretea (eskailera bat), tunel-zuloen arteko komunikazioak eta ateak kanporako zuzeneko komunikazioetarako 4.1. puntuan azaldutako gutxieneko neurriak bete beharko dituzte. Ohiko egoeran, ateak itxita egon behar dira airea eta keak tunel-zulo batekik bestera pasa ez daitezten.
    - Ahal denean, oinplanoan gutxienez 15 m<sup>2</sup> dituen atarte presurizatu jarriko da. Ezinezkoa bada (adibidez, hormigoizko harresi batekin banatutako tunel-zuloetan), komenigarria da tunel-zulo bakarreko tuneletarako azaldutako irtenbideetako bat hartzea.
    - Konexio-lotura duten tunel guztiek trafikoa kontrolatzeko sistema izan beharko dute, istripurik ez dagoen tuneleko zirkulazioa eteteko bidea emango duen sistema hain zuzen ere.
    - 6.5. puntuan adierazten da zein kasutan izan behar duten tunel-zuloen arteko komunikazio batzuek larrialdietarako ibilgailuak bertatik igarotzeko modukoak eta zein izan behar duten ezaugarriak.
  - b) Tunelaren segurtasun-galeria paraleloa:
    - Soilik tunelarekiko segurtasun-galeria bat eraikiko da hala egitea justifikatuta dagoenean arrazoi teknikoak direla-eta (tunel pilotu lez, esate baterako). Oinezkoak sartzeko modukoak izango dira, printzipioz, tunelaren eta segurtasun galeriaren arteko komunikazioak. Ahal bada, atarte presurizatu izango da horietan guztietan. Segurtasun-galeriek, konexioek eta atarte presurizatuak (horrelakorik baldin badago) gutxienez bi tunel-zuloen arteko komunikazioetarako a) puntuan adierazitako ezaugarriak izango dituzte.
  - c) Aterpeak:
    - Tunelak baino babestuago dauden guneak dira aterpeak zaurituak, mugikortasun murriztua duten pertsonak eta adinekoak laguntzeko, suhiltzaileen erreleboak egiteko, etab. Jarrabide honen ondorioetarako, soilik halakotzat jotzen dira istripua izan deneko tunela ez bezalako kanpoko sarbidea dutenak.
    - Baldin eta azaldutako irtenbideak bideraezinak badira teknikaren aldetik eta ekonomiaren aldetik, aterpeak eraikiko dira erabiltzaileek toki seguru bat eskaintzeko ebakuatuak izan arte itxaron dezaten. Hona hemen aterpe bakoitzaren gutxieneko neurriak: 50 m<sup>2</sup>-ko azalera, 4 m-ko gutxieneko

En el caso de túneles en que la calzada esté a más de 15 metros de la superficie no es obligatoria la conexión directa con el exterior, debiendo compararse con las instalaciones subterráneas.

### 6.1.2. Evacuación a través de túnel

En ausencia de comunicación directa con el exterior, las instalaciones para la evacuación y protección de usuarios y acceso de emergencia se realizarán según las disposiciones siguientes, según se trate de túneles con dos tubos o con un solo tubo:

- Túneles con dos tubos: Conexión entre ambos.
- Túneles con un solo tubo: Galerías de seguridad. Refugios.
  - a) Túneles con dos tubos:
    - La conexión entre tubos constituye una buena solución para la evacuación de los usuarios (y es la que se suele seleccionar en la mayor parte de túneles interurbanos), con la condición de que la conexión desde el tubo en el que el incidente o accidente ocurre a un carril del otro tubo (que puede estar todavía en circulación) no se realice directamente a través de una única puerta.
    - Las comunicaciones destinadas a peatones tendrán por lo menos una anchura de 2,2 m para permitir igualmente el paso de materiales contra-incendios (en particular carretes de mangueras), y una altura de 2,2 m. Las puertas deben dejar una anchura libre de 1,80 m y una altura libre de 2 m. Las puertas se abrirán en la dirección desde el túnel hacia la conexión. Se considera conveniente un retranqueo de las puertas con respecto al túnel. Sería conveniente una distancia de seguridad superior a 2 m que permita una zona segura de los viajeros en caso de evacuación a la salida al túnel. Si existe una diferencia de nivel entre los tubos que no permite pasar un carrete de manguera (presencia de una escalera), la comunicación entre los tubos y las puertas respetarán las dimensiones mínimas descritas en el punto 6.1 para las comunicaciones directas al exterior. En condiciones normales las puertas permanecerán cerradas para evitar el paso de aire y humos de un tubo al otro.
    - Cuando sea posible se dispondrá entre ambos tubos un vestíbulo presurizado con una superficie mínima en planta de 15 m<sup>2</sup>. Si esto no es posible (por ejemplo en tubos separados por un simple muro de hormigón), conviene adoptar una de las soluciones descritas a continuación para los túneles de un tubo.
    - Los túneles que dispongan de galería de conexión deberán contar con un sistema de control de tráfico que permita interrumpir la circulación en el túnel no sinistrado.
    - En el punto 6.5 se indican en qué casos algunas de las comunicaciones entre tubos deben ser accesibles a los vehículos de emergencia, y cuales deben ser sus características.
  - b) Galería de seguridad paralela al túnel:
    - Solamente se construirá una galería de seguridad paralela al túnel cuando se justifique por razones técnicas (por ejemplo como túnel piloto). Las comunicaciones entre el túnel y la galería de seguridad serán en principio accesibles únicamente por peatones. Cuando sea posible, estarán provistas de un vestíbulo presurizado. La galería de seguridad, las conexiones y los vestíbulos presurizados si los hubiera, presentarán como mínimo las características indicadas en el punto a) para las comunicaciones entre dos tubos.
  - c) Refugios:
    - Los refugios son espacios más protegidos que el túnel para atención de heridos, personas de movilidad reducida y personas de edad avanzada, relevo de bomberos, etc. A efectos de esta Instrucción sólo se consideran como tales aquellos que tengan acceso exterior por camino distintos del túnel sinistrado.
    - Cuando ninguna de las soluciones descritas anteriormente, sea técnica y económicamente viable, se construirán refugios para ofrecer a los usuarios un lugar seguro donde esperar a ser evacuados. Cada refugio contará con una superficie mínima de 50 m<sup>2</sup>, una anchura mínima de 4 m,



zabalera, 2,20 m-ko gutxieneko altuera eta 2,50 m-ko batezbesteko altuera. Sarrerak atarte presurizatu edukiko du, kanpoarekiko komunikazioetarako a) atalean adierazitako ezaugarriak izango dituen atartea.

- Alde segurutzat hartzeko, atmosfera egokia ziurtatuko duen aparteko aireztapena izango dute kanpoko aldetik gainera. Aterpeko batezbesteko argiztapenak 20 lx-eko izan behar du.
- Aterpeak suaren kontrako babesa duen eta larrialdietarako den bide batekin egongo dira konektaturik. Bide horri esker, aterpeetan bildutako pertsonak ebakuatu ahal izango dira. Hala eta guztiz ere, aterpeetan bildutako pertsonak ezin erabil dezakete bide hori larrialdietako edo jarduketetako zerbitzuek gidatu barik. Bestalde, ez da beharrezkoa bideak segurtasun-galeriaren ezaugarriak biltzea. Bideak gutxienez 1,50 metroko altuera libre utzi behar du 1,40 metroko zabalera, eta 2 metroko zabalera, aldiz, 0,90 metroko zabalera (1,40 m-ko aurreko zabalera duen tokian kokatuta). Bideko lurra gutxienez 2,5kPa-ko karga banatuari eutsi behar dio azalera osoan. Baldintza horrek ez dakar ustiapenaren beharrek lotutako beste eskakizun batzuk bete behar ez izatea. Aireztapen-zulo bat erabili ahal izango da helburu horretarako, baina baldintza batekin: suak iraun bitartean, aire freskoa igorri ahal izatea (aireztapen-metodo horrek larrialdien inguruan hartu diren eszenatokiekin bateragarria izan behar du). Ezin erabil daitezke keak ateratzeko bihur daitezkeen aire freskoko tunel-zuloak. Bide horien eta aterpeen arteko konexioek lehenago azaldutakoak baino neurri txikiagoak izan ditzakete, baina 0,70 metroko zabalera eta 2,30 metroko luzera dituen ohatila pasatzeko modua eman behar dute.
- d) Larrialdietarako motordun ekipo egokituak:
  - 3.000 m-tik gorako tuneletan, nahikoa trafikoa badabil bertatik, segurtasun-galeriek edo aterpeetarako sarbideek beren geometriari egokitutako larrialdietarako motordun eki-  
poek erabiltzeko modukoak izan behar dute.

## 6.2. Larrialdietarako ibilgailuetarako instalazioak

Honako neurri hauek dituen larrialdietako ibilgailu batek erabiltzeko modukoak izan behar dute larrialdietarako ibilgailuetarako instalazioek: 8 m luze, 2,5 m zabal eta hormen arteko 19 m-ko biraketa-diametroa.

### 6.2.1. Tuneleko instalazioak

1.000 m-tik gorako tuneletan, tunel-zulo batetik bestera larrialdietako ibilgailuak pasatzeko modua egongo da, gutxi gorabehera 800 m-ko distantziarekin bi tunel-zulo badaude eta kokapena posible bada, edo bestela ibilgailuak itzultzea ahalbidetuko da.

6.1. puntuan ezarritakoarekin bat etorri bi tunel-zuloen arteko komunikazioa duten tuneletan, zenbait konexio larrialdietako ibilgailuak sartzeko modukoak izanda egiten da hori.

Ibilgailuak sar daitezkeen galeriek 5 m-ko gutxieneko zabalera izan behar dute hormen artean. 3,50 m-ko zabalera zirkulagarria eta 3,50 m-ko altuera libre zabalera horretan. Gehienez %8ko makurdura izango du. 3,50 m zabal bider 3,50 m altuko gune libre utzi behar duten atek izango dira. Ertzen eta ateen geometría halako moldez egingo da non lehenago azaldutako moduko larrialdietako ibilgailu bat pasatu ahal izango baita atzera egin barik. Ikuspuntu horretatik, 6.1.2. atalean adierazi den moduan, zirkulazioa erraztuko du atzeraemanguneak eta gune segurua emango du ebakuazioa egin behar denean. Ate txikiagoak jarriko dira oinezkoak igarotzeko, 0,90 m-ko zabalera eta 2 m-ko altuerako neurri libreak dituztela. Ohiko egoeretan, itxita egongo dira atek airea eta keak tunel-zulo batetik bestera ez igarotzeko.

Ebakuazio-galeriarik aurreikusten ez badira, soilik larrialdietako ibilgailuek erabiltzeko konexioak jarriko dira (lurgainarekin zuzeneko ebakuazio-konexioak dituzten tunel aizunen kasuan, erdiko horma pikoan jarritako atek baino ez dira). Larrialdietako edo ekin-tzetako zerbitzuek ireki ditzakete soilik atek.

una altura mínima de 2,20 m, y una altura media de 2,50 m. La entrada contará con un vestíbulo presurizado que presentará las características indicadas en el apartado a) para las comunicaciones directas al exterior.

- Para considerarlos zona segura deberán cumplir además ventilación independiente desde el exterior que asegure una atmósfera adecuada. La iluminación media en el refugio debe ser de 20 lx.
- Los refugios estarán conectados con el exterior del túnel por un camino protegido del incendio y destinado para emergencias. Este camino deberá también permitir evacuar a las personas refugiadas en los refugios. Sin embargo, las personas refugiadas no deben poder utilizar el camino sin ser guiadas por los servicios de emergencia o de operación. No es necesario que el camino tenga las características de una galería de seguridad. El camino debe dejar libre como mínimo una altura de 1,50 m en una anchura de 1,40 m, y una altura de 2 m en una anchura de 0,90 m (situada en el interior de la anchura precedente de 1,40 m). Su suelo debe soportar como mínimo una carga repartida equivalente a 2,5 kPa en toda su superficie. Esta condición no implica que no deban cumplirse otras exigencias ligadas a necesidades de explotación. Se podrá utilizar un conducto de ventilación para este fin a condición de que se pueda insuflar suavemente aire fresco mientras ocurra el incendio (este método de ventilación debe ser compatible con los escenarios de emergencia adoptados). No se podrán utilizar conductos de aire fresco que puedan invertirse para la extracción de humos. Las conexiones entre estos caminos y los refugios pueden tener dimensiones menores que las descritas previamente, pero deben permitir el paso de una camilla de 0,70 m de anchura y 2,30 m de largo.
- d) Uso de equipos de emergencia motorizados adaptados:
  - En túneles con longitud superior a 3.000 m con tráfico importante, la galería de seguridad o el camino de acceso a los refugios deben poder ser usado por equipos de emergencia motorizados adaptados a su geometría.

## 6.2. Instalaciones destinadas a los vehículos de emergencia

Las instalaciones destinadas a los vehículos de emergencia deberán poder ser empleadas por un vehículo de emergencia de 8 m de largo, 2,5 m de ancho y con un diámetro de giro entre paredes de 19 m.

### 6.2.1. Instalaciones en el túnel

En los túneles con longitud superior a 1.000 m, se debe permitir con distancia máxima de 800 m aproximadamente el paso de vehículos de emergencia de un tubo al otro, si hay dos tubos y esta disposición es posible, o bien permitir dar la vuelta a los vehículos en otro caso.

En túneles donde se dispone comunicación entre los dos tubos de acuerdo con lo dispuesto en el punto 6.1, esto se realizará haciendo algunas de las conexiones accesibles a vehículos de emergencia.

Las galerías accesibles a vehículos deberán tener una anchura mínima entre paredes de 5 m. Deberán contar con una anchura circulable de 3,50 m y una altura libre en esa anchura de 3,50 m. Su inclinación no sobrepasará el 8%. Estarán provistas de puertas que dejen un espacio libre de 3,50 m de anchura por 3,50 m de altura. La geometría de sus extremos y de las puertas debe permitir que un vehículo de emergencia como el descrito anteriormente pase sin dar marcha atrás. Desde este punto de vista, el retranqueo, tal como se ha indicado en el apartado 6.1.2, facilitará la circulación y permitirá disponer de una zona segura en caso de evacuación. Se dispondrán puertas más pequeñas, con dimensiones libres de 0,90 m de anchura y 2 m de altura, para el paso de peatones. En condiciones normales las puertas permanecerán cerradas para evitar el paso de aire y humos de un tubo al otro.

Si no se prevén galerías de comunicación, se dispondrán conexiones para el uso exclusivo de vehículos de emergencia (en el caso general de falsos túneles con conexiones de evacuación directas con la superficie, se trata de simples puertas dispuestas en el hastial central). Estas solamente podrán ser abiertas por lo servicios de emergencia o de operación.

Hori ez da aplikatuko tunel-zulo biak elkarren gainean badaude edo oso maila ezberdinetan badaude.

Zulo bakarreko tuneletan, ibilgailuetarako komunikazioa izateko posibilitaterik izan barik, atzera egiteko martxa gutxienez 3,5 m-ko altueraren azpian bermatu beharko da. Itzultze-galerien bidez lor daiteke hori; izan ere, galeria horien neurriak tunelaren zabalera zirkulagarriaren eta puntu horretako zabalgunearen araberakoak izango dira.

### 6.2.2. *Ur hartuneetako instalazioak*

Larrialdietako ibilgailu bat aparkatzeko 12 m luze eta 3 m zabaleko kokagunea jarriko da tunelaren kanpoko aldean, ur hartuneetatik hurbil, sarrerako erregaiaren edo erreien eskuineko aldean eta gune zirkulagarritik kanpora.

Gainera, bi zuloko tuneletan konexioak jarriko dira bi ur hartuneetatik hurbil, eta horri esker larrialdietako ibilgailuek galtzada batek bestera joan ahal izango dute. Konexio horiek 3.1-I.C Arauketan deskribatutakoa beteko dute, erdibideko pasabideari buruzkoa.

Zulo bakarreko tuneletan, bi hartuneetatik hurbil, larrialdietako ibilgailuek norabidea aldatzeko aldeak egongo dira.

Hori ezin bada tunelaren inguruetan, ahalik eta hurbilen jarriko da.

### 6.3. *Bazterguneak*

1.500 metrotik gorako bi norabideko tuneletan, errei bakoitzeko IMD 2.000 ibilgailukoa baino altuagoa bada, bazterguneak jarri beharko dira, baina horien arteko distantzia gehienez 1.000 metrokoak izango dira baldin eta bazterbideetan ibilgailu bat aparkatzeko modurik ez badago.

1.000 metrotik gorako norabide bakarreko tuneletan, 2,50 metrokoak baino bide-bazter txikiagoa duten tuneletan, 900 metrotan bazterguneak jartzea komeni den ala ez aztertuko da norabide bakoitzeko errei kopuruaren arabera.

Honako neurri hauek izango dituzte bazterguneek: 3 m zabal eta 12 m luze ibilgailu arinetarako bazterguneetan, eta 3 m zabal eta 24 m luze ibilgailu astunetarako bazterguneetan.

Baztergune horietan gutxienez larrialdietarako telefonoak eta su-itxalgailuak bezalako segurtasun-ekipoak egon behar dira. Era berean, kontrol-gunean seinaleztapen- eta alarma-sistema izango dute, eta hori gune horretan pertsona bat edo ibilgailu bat dagoeanean aktibatuko da.

## 7. SUAREN KONTRAKO ERRESISTENTZIA

### 7.1. *Sarrera*

Hainbat faktoreren arabera izango da tunelek suaren aurrean duten sentzibilitatea; hauexek nabarmendu behar dira:

- Tunelak egin direneko lur-mota.
- Estaldura-mota.
- Iragazkaizpen-xaflak izatea.
- Metalezko estalki arinak, hormigoizko sabai aizun aurrefabrikatuak, etab.

Eraikuntzako materialek eta elementuek suaren aurrean izango duten jokabideari buruzko ezaugarriak ematea ahalbidetuko duten oinarritzko bi irizpide daude:

- Suaren kontrako erreakzioa.
- Suaren kontrako erresistentzia.

### 7.2. *Suaren kontrako erreakzioa*

#### 7.2.1. *Suaren kontrako erreakzioaren printzipioak*

UNE 23 727 arauarekin bat etorritik lortu behar den klasea finkatua definitzen diren materialen suaren kontrako erreakzioaren eskakizunak.

Hona hemen klaseak: M0, M1, M2, M3 eta M4. M0 klaseak adierazten du materiala ez dela erregaia entseguaren eragin termiko normalizatuaren aurrean. M1 klaseko materiala erregaia da baina ez sukoa; horren ondorioz, ez zaio erreikuntzari eusten kanpoko

Lo dispuesto anteriormente no se aplica si los dos tubos están superpuestos o a niveles muy diferentes.

En los túneles de un solo tubo, o de dos tubos sin posibilidad de comunicación para vehículos, la inversión de marcha se garantizará con marcha atrás bajo una altura mínima de 3,50 m. Esto se puede obtener mediante galerías de retorno cuyas dimensiones dependen de la anchura de la anchura circulable en el túnel y de un eventual ensanche en ese punto.

### 6.2.2. *Instalaciones en las bocas*

Se dispondrá un emplazamiento de 12 m de largo y 3 m de ancho para el estacionamiento de un vehículo de emergencia en el exterior del túnel, cerca de las bocas, en el lado derecho del carril o carriles de entrada y fuera de la zona circulable.

Adicionalmente, en túneles con dos tubos se dispondrán cerca de ambas bocas conexiones que permitan a los vehículos de emergencia pasar de una calzada a otra. Estas conexiones cumplirán lo descrito en la Normativa 3.1-I.C referente a los pasos de mediana

En túneles de un solo tubo se deben prever, cerca de ambas bocas, zonas en las que los vehículos de emergencia puedan invertir la marcha.

Si lo anterior no puede disponerse en las inmediaciones del túnel, se dispondrán tan cerca como sea posible.

### 6.3. *Apartaderos*

En los túneles bidireccionales de longitud superior a 1.500 metros, con una IMD por carril superior a 2.000 vehículos deberá habilitarse apartaderos con distancias entre sí no superiores a 1.000 metros, en el caso de que los arceños no permitan el estacionamiento de un vehículo.

En los túneles unidireccionales con longitud superior a 1.000 metros y con arcén menor de 2,50 metros, se estudiará la conveniencia de instalación de apartaderos cada 900 metros, en función del número de carriles por sentido.

Las dimensiones de los apartaderos serán de 3 m de anchura y 12 m de longitud para apartaderos destinados a vehículos ligeros, y 3 m de anchura y 24 m de longitud para apartaderos destinados a vehículos pesados.

Estos apartaderos deberán disponer como mínimo de equipos de seguridad tales como teléfonos de emergencia y extintores. Asimismo, dispondrán de un sistema de señalización y alarma en el centro de control que se activará con la ocupación de este espacio por parte de una persona o vehículo.

## 7. RESISTENCIA AL FUEGO

### 7.1. *Introducción*

La sensibilidad de los túneles frente al fuego depende de varios factores, entre los que cabe destacar:

- Tipo de terreno en el que están excavados.
- Tipo de revestimiento.
- Presencia de láminas de impermeabilización.
- Presencia de cubiertas metálicas ligeras, falsos techos prefabricados de hormigón, etc...

Existen dos criterios básicos que permiten caracterizar el comportamiento ante el fuego de los materiales y elementos de construcción:

- La reacción al fuego.
- La resistencia al fuego.

### 7.2. *Reacción al fuego*

#### 7.2.1. *Principios de la reacción al fuego*

Las exigencias de reacción al fuego de los materiales se definen fijando la clase que deben alcanzar conforme a la norma UNE 23 727.

Estas clases se denominan: M0, M1, M2, M3 y M4. La clase M0 indica que un material es no combustible ante la acción térmica normalizada del ensayo correspondiente. Un material de clase M1 es combustible pero no inflamable, lo que implica que su combustión

sorburu batetik datorren beroa galtzen bada. M2, M3 eta M4 klaseko materialek neurriko sukoitasuna edo sukoitasun ertaina edo altua izan dezakete, hurrenez hurren. Hormigoia, beira, harria, adreilua M0 klasekoak dira.

Tunelean erabili beharreko eraikuntzako edozein elementu eta tuneli atxikiriko lokalek suaren kontrako beren jokabidean behar diren eskakizunak betetzen dituztela egiaztatzeko, ondoko arauetan bildutako entreguen bermea izan beharko da: UNE-EN 1363 eta UNE 23727.

### 7.2.2. Suaren kontrako erreakziorako eskakizunak

Egitura nagusiaren eraikuntzako materialek M0 klasekoak izan behar dute suaren kontrako jokabidearen aldetik, galtzadako elementuek izan ezik. M0 klase hori nagusitzen da drainaketa-sistema osatzen duten materialetan ere, ertz-erretanak eta galtzako ura biltzeko balizko kolektoreak barne direlarik. Salbuespen bakarra gertatzen da gainalde arineko elementuetan; izan ere, M2 klasea onartzen da: elementuetako baten tokiko galera ez da segurtasunerako eragozpena izango baldin eta sua hedatzeko arriskuak mugatuak badira. Are gehiago: kea ebakutzeko abantailak izan ditzake klase horrek.

Tunelaren barruko estalduran erabilitako materialek M0 klasekoak izan behar dute gangan daudenean. M1 klaseko materialak onartuko dira alboko estalduretan baldin eta behar bezala justifikatzen bada tunela erabiltzeko baldintzetan sua hedatzeko arriskurik ez dagoela.

M1 klasea onartuko da hainbat instalaziotan, bereziki kable-harierian. Horrez gain, iragazketaren ur-drainaketari dagozkion kolektore-mota horretakoak izango dira drainaketa banatzailea duten tuneletan.

### 7.3. Suaren kontrako erresistentzia

#### 7.3.1. Suaren kontrako erresistentziaren printzipioak

Eraikuntzako elementu baten kontrako erresistentziaren eskakizunak denbora batzuen bidez definitzen dira; izan ere, denbora horietan aipaturiko elementu horrek aplikatu beharreko ondorengo baldintzei eutsi behar die, UNE 23 093 arauarekin bat etorritik normalizaturiko entseguan:

- Egonkortasuna edo eramateko ahalmena.
- Gas erregairik ez igortzea ikusten ez den aldean.
- Estankotasuna garrak edo gas beroak igarotzean.
- Ikusten ez den aldean, UNE arau horretan ezarritakoa baino tenperatura handiagorik ez izatea ahalbidetzeko moduko erresistentzia termikoa.

a) baldintza aplika daiteke suaren kontrako egonkortasuna eskatzen denean, a), b) eta c) baldintzak garrak geldiarazteko sistemaren kasuan eta guztiak suaren kontrako erresistentzia eskatzen denean.

Oinarritzko arau horrek denbora-escala honen arabera ezarritzen ditu eskakizunak: 15, 30, 60, 90, 120, 180 eta 240 min.

#### 7.3.2. Tenperatura – denbora kurbak

Tenperatura igoera nahikoa motela duten baina iraupen luzeko tenperatura izan dezaketen suen ezaugarri nagusia da aipaturiko arauan zehazten den tenperatura-denbora kurba da (ISO 834 aruaren antzekoa), eta adierazpen honekin bat datorrena:

$$T = 345 \cdot \log_{10} (8 \cdot t + 1) + T_0$$

To: Hasierako tenperatura  $t = 0$  (°C).

T:  $t$  denboran lortutako tenperatura (°C).

t: Minututan neurturiko denbora.

Kurba horrekiko erresistentziaren eskakizunak CN letrekin adierazten dira, eta ondoren erresistentzia agertzen da minututan adieraziazia (adibidez: CN 120 kurbak adierazten du 120 minutuan justifikazioa dagoela kurba normalizatuarekiko).

Hala eta guztiz ere, ibilgailu astun batek su hartzen badu, tenperatuaren igoera kurbarena baino askoz azkarragoa izan daiteke,

no se mantiene cuando cesa la aportación de calor desde un foco exterior. Los materiales de clase M2, M3 y M4 pueden considerarse, de un grado de inflamabilidad moderada, media o alta, respectivamente. El hormigón, el vidrio, la piedra, el ladrillo, se clasifican como M0.

Para comprobar que cualquier elemento constitutivo a utilizar en el túnel y sus dependencias anejas satisface los requisitos en su comportamiento frente al fuego, deberá estar avalado por los correspondientes ensayos recogidos en las Normas UNE-EN 1363 y UNE 23727.

### 7.2.2. Requisitos de reacción al fuego

Los materiales de construcción de la estructura principal y de las estructuras secundarias, salvo los elementos de la calzada deben pertenecer a la clase M0 desde el punto de vista de comportamiento ante el fuego. Esta clase se impone también para los materiales que componen los sistemas de drenaje, incluidos los caces y los eventuales colectores de recogida de agua de la calzada. La única excepción se da para los elementos de una cubierta ligera, en los que se admite una clase M2: la pérdida local de alguno de los elementos no representa un inconveniente para la seguridad siempre que los riesgos de propagación del fuego sean limitados; puede incluso presentar ventajas para la evacuación del humo.

Los materiales empleados para el revestimiento interior del túnel deben ser de clase M0 cuando se encuentran en la bóveda. Se admitirán materiales de clase M1 en los revestimientos laterales si se justifica adecuadamente la ausencia de riesgo de propagación del incendio en las condiciones de utilización del túnel.

Se permitirá la clase M1 para diversas instalaciones, en particular en el tendido de cables. También serán de esta clase los colectores correspondientes al drenaje de las aguas de infiltración en los túneles que dispongan de drenaje separativo.

### 7.3. Resistencia al fuego

#### 7.3.1. Principios de la resistencia al fuego

Las exigencias de resistencia ante el fuego de un elemento constructivo se definen por los tiempos durante los cuales dicho elemento debe mantener aquellas de las condiciones siguientes que le sean aplicables, en el ensayo normalizado conforme a UNE 23 093:

- Estabilidad o capacidad portante.
- Ausencia de emisión de gases inflamables por la cara no expuesta.
- Estanquidad al paso de llamas o gases calientes.
- Resistencia térmica suficiente para impedir que se produzcan en la cara no expuesta temperaturas superiores a las que se establecen en la citada norma UNE.

Es aplicable la condición a) cuando se exija estabilidad al fuego (EF), las condiciones a), b) y c) en el caso de parallamas (PF), y todas cuando se exija resistencia al fuego (RF).

Esta norma básica establece sus exigencias conforme a la siguiente escala de tiempos: 15, 30, 60, 90, 120, 180 y 240 min.

#### 7.3.2. Curvas Temperaturas – Tiempo

Los incendios con una subida de temperatura relativamente lenta pero que pueden ser de larga duración serán caracterizados por la curva temperatura-tiempo normalizada definida en la citada norma (idéntica a la de la norma ISO 834), y que corresponde con la siguiente expresión:

$$T = 345 \cdot \log_{10} (8 \cdot t + 1) + T_0$$

To: Temperatura inicial  $t = 0$  (°C).

T: Temperatura alcanzada en un tiempo  $t$  (°C).

t: Tiempo medido en minutos.

Las exigencias de resistencia con respecto a esta curva se expresan por las letras CN seguidas de la duración de resistencia en minutos (por ejemplo CN120 significa justificación durante 120 minutos respecto a la curva normalizada).

Sin embargo, el incendio de un vehículo pesado puede presentar un incremento de temperatura mucho más rápido que el de

bereziki merkantzia erregaiak edo erraz likidotu daitezkeen likidoak badaude tartean, nahiz eta garraiorako merkantzia arriskutsutzat hartu ez. Era horretako suen ezaugarri nagusia «hidrokarbuoen suaren kurba handitua» izenekoa da, 10 minutu igaro baino lehen 1.200 °C-ra iritsi daitekeena, eta 1.300 °C-koa izan daiteke 20 minutu geroago. Adibidez, honako ebakuazio hau erabil daiteke:

$$\Theta = 1.280 (1 - 0,325e^{-0,167t} - 0,675e^{-2,5t}) + 20$$

$\Theta$ : gasen temperatura (°C).

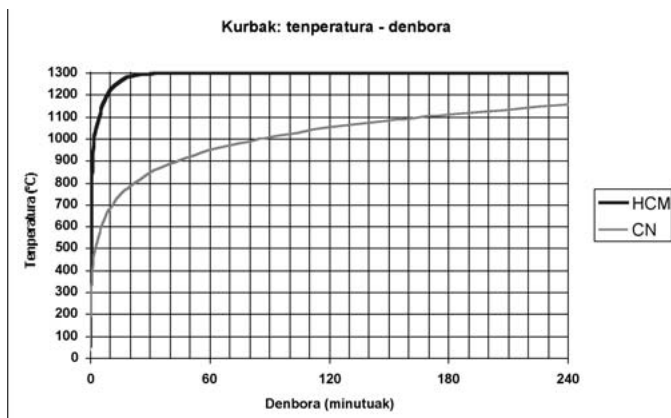
t: denbora (minutuak).

Kurba horrekiko erresistentziaren eskakizunak HCM letrekin adierazten dira, eta ondoren erresistentzia agertzen da minututan adierazia.

Bi temperatura-denbora kurba ezberdinei dagozkien bi epealdi zehazten direnean, aparteko justifikazioa egingo da kurba bakoitzerako zehazturiko iraupenarekin (adibidez: CN 240 HCM 120 kurba aparteko bi justifikazio adierazten ditu, bata 240 minutuko kurba normalizatuarekin, eta bestea hidrokarbuoen suaren kurba handituarekin).

Jarraian, bi kurba agertzen dira,  $T_0 = 20$  °C-tik hasita kurba normalizaturako:

### 7.1. irudia. – Temperaturen kurbak - CN eta HCM denbora



esta curva, particularmente si están implicadas mercancías muy combustibles o líquidos fácilmente licuables, aunque no estén clasificados como mercancías peligrosas para el transporte. Tal tipo de fuegos se caracterizan por una curva llamada «de fuego de hidrocarburos mayorado» que alcanza 1.200 °C en menos de 10 minutos y 1.300 °C alrededor de 20 minutos más tarde. Se puede por ejemplo utilizar la ecuación siguiente:

$$\Theta = 1.280 (1 - 0,325e^{-0,167t} - 0,675e^{-2,5t}) + 20$$

$\Theta$ : Temperatura de los gases (°C).

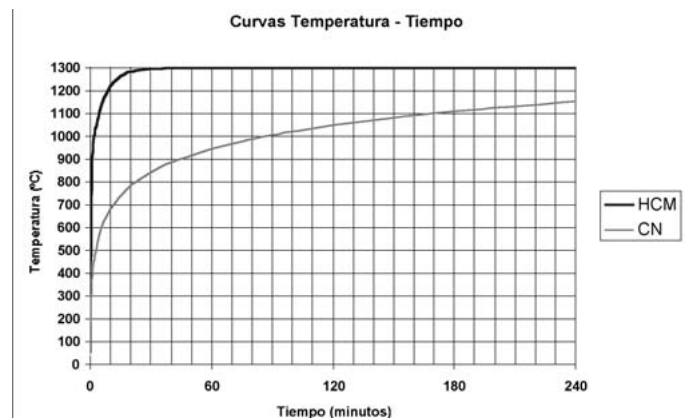
t: Tiempo (minutos).

Las exigencias de resistencia con respecto a esta curva se expresan con las letras HCM seguidas de la duración de resistencia en minutos.

Cuando se especifican dos periodos correspondientes a dos curvas temperatura – tiempo distintas, se realizará una justificación independiente para cada curva con la duración especificada (por ejemplo, CN 240 HCM 120 significa dos justificaciones separadas, una con la curva normalizada durante 240 minutos, y la otra con la curva de fuego de hidrocarburos mayorado durante 120 minutos).

A continuación, se presentan las dos curvas, partiendo de  $T_0 = 20$  °C para la curva normalizada:

### Figura 7.1 – Curvas Temperatura - Tiempo CN y HCM



### 7.3.3. Helburuak eta erresistentzia-mailak

Honako helburu nagusi hauek bete beharko ditu egituretan eta instalazioetan eskaturiko suaren kontrako erresistentziak:

- Ebakuazio instalazioetan sartu diren erabiltzaileak babestea irteeraraino iristeko behar den denboran, aterpeak izan ezik; denbora hori 60 minutukoa dela ezarri da, irteteko kanpoko laguntza behar duten mugikortasun murriztua duten pertsonak daudenean.
- Aterpean bildutako erabiltzaileei babesa ematen zaiela ziurtatzea, eta sorospen-zerbitzuek erabiltzaileak ebakuatzeko modua izatea aterpeak ebakuatzeko denboran; denbora hori 120 minutukoa dela ezarri da.
- Larrialdietako zerbitzuan arriskuan ez jartzea, bereziki suhiltzaileenak sorospena emateko denboran; denbora hori 120 minutukoa dela finkatu da.
- Suaren sorburuko bi aldeetan elikatze elektrikoari eta komunikazioari eustea suaren gehieneko iraupenean.
- Bai eta suaren gehieneko iraupenean hondamendia eragin dezakeen edozein uholde edo ondoko lurretik tunela inbaditzea ekiditea ere.
- Tunelaren ondoko edo tuneleko balizko obrak eta eraikuntzak babestea aipaturiko suaren gehieneko iraupenean.

Suaren gehieneko iraupena 240 minutukoa da kurba normalizatuaren arabera, eta 120 minutukoa hidrokarbuoaren suaren kurba handituaren arabera.

### 7.3.3. Objetivos y niveles de resistencia

La resistencia al fuego exigida en las estructuras e instalaciones pretende cumplir los principales objetivos siguientes:

- Proteger a los usuarios que han accedido a las instalaciones de evacuación, a excepción de los refugios, durante el tiempo necesario para alcanzar la salida, que se fija en 60 minutos en función de la posible presencia de personas de movilidad reducida que necesiten una ayuda exterior para salir.
- Asegurar la protección de los usuarios refugiados en los refugios, si existen, y permitir su evacuación por los servicios de socorro durante el tiempo de evacuación de los refugios, fijado en 120 minutos.
- No poner en peligro a los servicios de emergencia, particularmente a los bomberos durante el tiempo de socorro, fijado en 120 minutos.
- Mantener la alimentación eléctrica y las comunicaciones a ambos lados del foco durante la duración máxima de incendio.
- Evitar cualquier inundación, así como cualquier invasión del túnel por terreno circundante, que produzca consecuencias catastróficas, durante la duración máxima del incendio.
- Proteger las eventuales obras y construcciones vecinas al túnel o en la superficie del mismo durante la mencionada duración máxima de incendio.

La duración máxima de incendio se fija en 240 minutos según la curva normalizada y en 120 minutos según la curva de fuego de hidrocarburo incrementada.

Egiturei dagokienez, suaren kontrako lau erresistentzia-maila daude, gero eta eskakizun-maila handiagoa eskatzen duten beste horrenbeste mailari dagozkionak. Egitura bakoitzeko aplikazioaren xehetasunak 7.3.4. puntuan azalduko dira.

#### 7.3.3.1. *N0 maila*

Tokian tokiko haustura gertatzean elkarren ondoko kolapso arrisurik egiaztatzeari dagokio maila hau: elementu bat galtzeak ez du egituraren beste zati batzuetarako karga-transferentziarik eragin behar; izan ere, beste haustura bat sor dezake. Hala ere, ez da neurririk hartu behar elementu batek huts egiteak egituraren beste zati batzuetan tenperatura igoarazteko arriskuaren kontra, ezta beroketa horrek haustura eragitea ere.

Egitura orok bete beharreko gutxieneko eskakizuna da honako maila hau. Suak iraun bitartean egiaztatu behar da, eta hozte prozesuak iraun artean ere bai. Eskakizun-maila handiagoak betetzen dituzten egiturek ere bete behar dute eskakizun hori.

Suaren sorburutik hurbil tokiko hausturak erabiltzaileen edo tenperatura txikiagoa den tokietan izan daitezkeen larrialdietako zerbitzuen segurtasunean ondorio kaltegarriak ekar ditzakeenean aplikatzen da maila hau.

#### 7.3.3.2. *N1 maila*

CN 120 eskakizunari dagokio maila hau. Surik gehienetan (surik gogorrenetan izan ezik) egituraren erresistentzia bermatzen du, betiere sorospena emateko denboran kontsideraturiko egituraren erresistentzia izanik. Larrialdi zerbitzuen eginkizun garrantzitsua duten egiturako elementuetan aplikatzen da noiz-eta funtzio hori ez dagoen inola ere gerta daitezkeen surik handienerako aurreikusia.

#### 7.3.3.3. *N2 maila*

Maila hori bat dator HCM 120 eskakizunarekin. Zaindu beharreko instalazioetan aplikatzen da, berdin delarik zein den suaren indarra aterpeak ebakutzeko denboran, baita larrialdietako taldeen ekintza edozein izanda ere.

#### 7.3.3.4. *N3 maila*

Maila hau CN 240 HCM 120 eskakizunei dagokie. Ahalik eta denbora luzeenean surik gogorrenaren kontrako erresistentzia izan behar duten instalazioetan aplikatzen da.

#### 7.3.3.5. *Suaren kontrako erresistentziaren justifikazioa*

Normalizazioko Europako Batzordearen (CEN) ondoko dokumentu hauetan ezarritakoarekin bat etorri finka daiteke egiturako elementu horien suaren kontrako erresistentzia:

- Hormigoizko egituretan: ENV 1992-1-2: 1995. 2. Eurokodea: Hormigoizko egituren diseinua. 1-2 zatia: suaren kontrako erresistentzia.
- Altzairuzko egituretan: ENV 1993-1-2: 1995. 3. Eurokodea: Altzairuzko egituren diseinua. 1-2 zatia: suaren kontrako erresistentzia.

Entsegu, kalkulu edo bien arteko konbinaketaren bidez justifika daiteke egituren eta ekipoen suaren kontrako erresistentzia.

HCM kurbak aplikatu beharreko kasuetan:

- Kalkuluen bidezko justifikazioan, komenigarria da ENV 1991-2-2 Arau Esperimentalean hidrokarburoaren suaren kurbarako azalduetako baldintzetan erabiltzea kurba, eta bereziki konbentziozko transferentzia termikoko koefiziente berarekin:  $\alpha_c$ .
- Entseguen bidezko justifikazioan, HCM kurbak eragindako ekintza termikoa garatuz egingo dira entseguak, EN 1363-2 Arauan hidrokarburoen kurbarako ezarritako aplikazio protokoloak eta prozedurak egokituz.

Zenbakizko modulazioaren egungo egoeran ezin izango da justifikatu hormigoizko egitura baten suaren kontrako erresistentzia soilik kalkuluen bidez hormigoia desegiteko arriskua dagoenean.

En lo que concierne a las estructuras se definen cuatro niveles de resistencia al fuego correspondientes a otros tantos niveles crecientes de exigencias. Los detalles de su aplicación a cada tipo de estructura se describen en el punto 7.3.4.

#### 7.3.3.1. *Nivel N0*

Este nivel corresponde a la verificación de la ausencia de riesgo de colapso en cadena en caso de una rotura local: la pérdida de un elemento no debe resultar en la transferencia de carga a otras partes de la estructura, susceptible de provocar su rotura. Sin embargo, no se requiere tomar medidas contra el riesgo de que el fallo de un elemento resulte en un incremento de temperatura en otras partes de la estructura, y que ese calentamiento pueda provocar su rotura.

Este nivel constituye la exigencia mínima que debe satisfacer toda estructura. Debe verificarse durante el incendio y después durante el enfriamiento. Las estructuras que cumplen con niveles superiores de exigencia deben cumplir también esta exigencia.

Este nivel se aplica cuando una rotura local cerca del foco del incendio no tiene consecuencias perjudiciales sobre la seguridad de los usuarios o de los servicios de emergencia que puedan estar presentes en otras zonas donde la temperatura es menor.

#### 7.3.3.2. *Nivel N1*

Este nivel corresponde con la exigencia CN 120. Para la mayoría de los incendios, salvo los más violentos, garantiza la resistencia de la estructura considerada durante el tiempo de socorro. Se aplica a los elementos de estructura con una función importante en la acción de los servicios de emergencia, cuando esta función no está en ningún caso dimensionada para el máximo fuego posible.

#### 7.3.3.3. *Nivel N2*

Este nivel corresponde con la exigencia HCM 120. Se aplica a instalaciones que deben ser preservadas sin importar la violencia del incendio durante el tiempo requerido para la evacuación de los refugios y la acción de los equipos de emergencia.

#### 7.3.3.4. *Nivel N3*

Este nivel corresponde con los requerimientos CN 240 HCM 120. Se aplica a instalaciones que deben resistir el incendio más violento durante la máxima duración del mismo.

#### 7.3.3.5. *Justificación de la resistencia al fuego*

La determinación de la resistencia al fuego de los elementos estructurales puede realizarse conforme a lo establecido en los siguientes documentos del Comité Europeo de Normalización (CEN):

- Para estructuras de hormigón: ENV 1992-1-2: 1995. Eurocódigo 2: Diseño de estructuras de hormigón. Parte 1-2: Resistencia al fuego.
- Para estructuras de acero: ENV 1993-1-2: 1995. Eurocódigo 3: Diseño de estructuras de acero. Parte 1-2: Resistencia al fuego.

La justificación de la resistencia al fuego de las estructuras y equipos se puede realizar mediante ensayos, cálculos o por una combinación de ambos.

En los casos en los que sea de aplicación la curva HCM:

- Para la justificación mediante cálculos, conviene emplear la curva en las condiciones descritas para la curva de fuego de hidrocarburos en la Norma Experimental ENV 1991-2-2, y en particular con el mismo coeficiente de transferencia térmica por convección  $\alpha_c$ .
- Para la justificación mediante ensayos, estos se realizarán desarrollando la acción térmica inducida por la curva HCM, adaptando los procedimientos y protocolos de aplicación de los especificados en la Norma EN 1363-2 para la curva de hidrocarburos.

En el estado actual de la modelización numérica, no se podrá justificar la resistencia al fuego de una estructura de hormigón solo mediante cálculos cuando exista riesgo de desconchado en el hormigón.

Arrisku hori sistematikoki egongo da HCM kurba erabiltzen denean, eta hala egon liteke CN kurba erabiltzen denean erresistentzia handiko hormigoietan.

Hormigoi armatua egiaztatzean, hauexek hartuko dira kontuan: armadurak tenperaturaren kontra duen erresistentzia, estaldura, arrakalak, dilatazioaren ondorioak hartuko dira, baita hormigoia desgaitzeko posibilitatea ere.

### 7.3.4. Suaren kontrako erresistentzia egituretan

#### 7.3.4.1. Egitura nagusiak

Estalduarik ez duten induskaturiko tunelek ez dute eskakizun berezirik suaren kontrako erresistentziari dagokionez.

Beste tunel batzuen egitura nagusiak N0 maila bete behar du suaren sorburutik hurbil dagoen tokiko batek ondorio kaltegarriak ez dakarrenean erabiltzaileen segurtasunean edo beste gune batzuetan egon daitezkeen larrialdietako zerbitzuetan. Ondoren azalduko diren beste kasu batzuetan, maila handiago baterako egiaztatu beharko da suaren kontrako egonkortasuna.

##### a) N1 maila:

- Suaren kontrako egonkortasunaren N1 maila errepideari edo egituren gainean oinezkoak sartzeko moduko aldeari eusten dioten egituretan aplikatzen da.
- N1 maila aplikatzen da ere egitura beharrezkoa denean beste zulo baten egonkortasunari edo horretako banaketa-elementuari eusteko, noiz-eta kanpoko aldearekin zuzeneko konexioa dagoenean. Suaren kontrako egonkortasun edo suaren kontrako erresistentzia maila horretakoa izan behar du egiturak.
- Aurreko kasu guztietan beharrezkoa da neurriak aurreikustea denbora laburrean eutsitako bidean edo bigarren zuloan zirkulaztea galarazteko. Hori ezinezkoa bada, edo esku hartzeko estrategiak eutsitako bidea edo bigarren zuloa zaintzeko eskatzen badu, suaren kontrako erresistentzia maila handiagoa eskatuko da.
- Halaber, egonkortasuneko N1 maila aplikatuko da baldin eta egituraren tokiko haustura batean arriskua badago aireztapen-zuloa edo kable longitudinalak mozteko, non suari eustea garrantzitsua baita larrialdietako taldeen jardunerako, baina ez da sartzeko N2 maila aplikatzea justifikatzen duten eta azaldu diren kasuen barruan.

##### b) N2 maila:

- N2 maila aplikatzen da egitura beharrezkoa bada beste zuloaren edo horrekiko banaketa-elementuaren egonkortasunari eusteko baldin eta kanpoko aldearekiko zuzeneko komunikaziorik ez badago. Maila horretako suaren kontrako egonkortasuna edo suaren kontrako erresistentzia izan behar du egiturak.
- Egokortasuneko N1 maila aplikatuko da baldin eta egituraren tokiko haustura batean arriskua badago aireztapen-zuloa edo kable longitudinalak mozteko; izan ere, beharrezkoak dira horiek kanpoko aldetik sartzeko modua ematen duten ebakuazio-galeriak eta aterpeak erabiltzeko.

##### c) N3 maila:

- Suaren kontrako egonkortasunaren N3 maila beharrezkoa da lur azpiko tuneletan, baita maila freatikokoaren azpian dauden tuneletan ere; izan ere, azken tunel horiek uholdeak izateko arrisku konparagarriak dituzte tokiko lur-beheraketan. Tokiko haustura batek, tunelean hondamendia eragin dezakeela-eta, egiturarako arriskua dakarrenean ere aplikatzen da, baita lur gainean kalte larriak eragiteko edo ondoko eraikuntzak edo obrak arriskuan jartzeko arriskua dagoenean ere.
- Jendea bizi deneko edo okupatuta dagoen egitura baten ondoko tunela denean, edo egitura horren azpian dagoenean, N3 mailarekin ziurtatu behar da hormen edo bitarteko losen suaren kontrako erresistentziaren ezaugarria, baita goragoko eraikinei eusten dieten egiturako elementuak diren tuneleko zatien suaren kontrako egonkortasuna ere.

Este riesgo está presente de forma sistemática cuando se emplea la curva HCM, y puede existir cuando se emplea la curva CN en hormigones de alta resistencia.

La verificación del hormigón armado debe tener en cuenta la resistencia de la armadura a la temperatura, su recubrimiento, la fisuración, las consecuencias de la dilatación, y deberá tener en cuenta el eventual desconchado del hormigón.

### 7.3.4. Resistencia al fuego de las estructuras

#### 7.3.4.1. Estructuras principales

Los túneles excavados no revestidos no tienen ninguna exigencia particular de resistencia al fuego.

La estructura principal de otros túneles debe satisfacer el nivel N0 cuando un local cerca del foco del incendio no tiene consecuencias perjudiciales sobre la seguridad de los usuarios o de los servicios de emergencia que puedan estar presentes en otras zonas. En otros casos descritos a continuación, la estabilidad al fuego se deberá verificar para un nivel superior.

##### a) Nivel N1:

- El nivel N1 de estabilidad al fuego se aplica para estructuras que soportan una carretera o una zona accesible a los peatones situada encima de ellas.
- El nivel N1 se aplica también cuando la estructura es necesaria para mantener la estabilidad de otro tubo o el elemento de separación con él, cuando existe una conexión directa con el exterior. La estructura debe tener un nivel de estabilidad al fuego o un nivel de resistencia al fuego (RF) de este nivel.
- En todos los casos anteriores será necesario prever medidas para prohibir en un tiempo corto la circulación en la vía soportada o en el segundo tubo. Si esto no es posible, o si la estrategia de intervención precisa preservar la vía soportada o el segundo tubo, se exigirá un nivel de resistencia al fuego superior.
- Se aplicará asimismo el nivel N1 de estabilidad si una rotura local de la estructura corre el riesgo de cortar un conducto de ventilación o cables longitudinales en los que es el mantenimiento de la continuidad a lo largo del fuego es importante para la actuación de los equipos de emergencia, pero no entra dentro de los casos descritos a continuación, que justifican la aplicación de un nivel N2.

##### b) Nivel N2:

- El nivel N2 se aplica cuando la estructura es necesaria para mantener la estabilidad de otro tubo o el elemento de separación con él en el caso de que no haya comunicación directa con el exterior. La estructura deberá presentar una estabilidad al fuego o un nivel de resistencia al fuego (RF) de este nivel.
- El nivel N2 de estabilidad al fuego se usará también si una rotura local de la estructura corre el riesgo de cortar un conducto de ventilación o cables longitudinales necesarios para el uso de los refugios y de las galerías de evacuación que permiten acceder a ellos desde el exterior.

##### c) Nivel N3:

- El nivel N3 de estabilidad al fuego es necesario para los túneles sumergidos, así como para los túneles situados bajo un nivel freático que presenten riesgos comparables de inundación en caso de hundimiento local. Se aplica también si una rotura local de la estructura corre el riesgo de provocar una invasión catastrófica del túnel por el terreno circundante, de provocar daños graves en la superficie o de poner en peligro obras o construcciones vecinas.
- Cuando un túnel es contiguo a una estructura habitada u ocupada, o se sitúa bajo ella, hace falta asegurar con el Nivel N3 la característica de resistencia al fuego (RF) de las paredes o losas intermedias y la estabilidad al fuego de las partes del túnel que constituyen elementos de la estructura portante de los edificios superiores.

### 7.3.4.2. Egitura osagarriak

Jarraian, egoerarik ohikoenak aztertuko dira. Kasu berezi askotan azterlan espezifikoak egin behar da. Baldin eta elementu bat hainbat eskakizun-mailatan sailka badaiteke 7.3.4.1 eta 7.3.4.2. atalean jasotako xedapenen arabera, eskakizunik zorrotzena bete behar dela ulertuko da.

#### a) Sabai aizunak eta aireztapen-zuloak banatzen dituzten harresiak:

— Sabai aizunak eta aireztapen-zuloak banatzen dituzten harresiak, tunelari dagokionez, N0 maila bete behar dute suaren inguruko jarraikortasuna galtzeak ondorio kaltegarriak ez dakarrenean tuneleko beste toki batzuetan dauden pertsonen segurtasunerako; gauza bera esan behar da aireztapen-zuloen harresi guztien inguruan. Beste kasuetan, maila handiago batekin bermatu beharko da suaren kontrako egonkortasuna.

— Sua dagoen aldearen jarraikortasuna garrantzitsua bada sorospen taldeen lanerako, nahiz eta talde horien aterpeak aireztatze edo ebakuatzeko lanean jardun, tunelarekiko harresi komunak suaren kontrako egonkorak izango dira N1 mailarako. Gainera, harresi horiek tunelarekin lotzen dituzten irekigunerik ez badute, iraunkorrak izan zein ez, maila horretakoa izango da suaren kontrako erresistentzia.

— Aterpeak aireztatze zuloen kasuan, tunelarekiko horma komunek suaren kontrako N2 erresistentzia maila izango dute. Aterpeetan sartzeko ebaluazio-galeria lez erabil daitezkeen zuloak c puntuan aztertuko dira ondoren.

#### b) Lokal teknikoak eta aireztapen-estazioak:

— Lokal teknikoak jartzen badira, eta bereziki aireztapen-estazioak tunelaren gainean, alboan edo azpian, bitarteko harresiak edo losak bi aldetatik aztertu beharko dira: lokal baten barruan sua izateak tunelarentzat dakarren arriskua eta tunelean sua dagoenean lokalean egiten diren funtzioak galtzeko arriskua.

— Lokaleko suari dagokionez, tunelarekiko bitarteko elementuek suaren kontrako N1 erresistentzia maila izango dute.

— Tuneleko suari dagokionez, tokiko mailarekiko bitarteko elementuek suaren kontrako N1 mailako erresistentzia izan behar dute gutxienez. N2 maila eskatuko da baldin eta lokaleko ekipoen funtzionamendua kaltezeko arriskua badago, bereziki aireztapen-ekipoak; izan ere, beharrezkoak dira aterpeak eta ebakuazio-galeriak erabiltzeko, kanpoko aldetik aterpeetan sartzeko modukoak direnak. N3 maila eskatuko lokalaren galerarekin baldin eta lokalaren galerarekin sua dagoen tokiko argindarraren edo telekomunikazioaren jarraikortasuna eteteko arriskua badago.

— Lokalak zuzeneko komunikazioa badu tunelarekin, komunikazioa zigilatzen duten eraikuntzako elementuek harresiaren maila bereko suaren kontrako erresistentzia izan beharko dute; izan ere, lehen ere zehaztu da maila hori. Aterte presurizatuak badago, oro har lortu beharko du suaren kontrako erresistentzia maila aterte presurizatuak.

#### c) Erabiltzaileak ebakuatzeko eta babesteko instalazioak eta larrialdietako ekipoak sartzeari:

— Aterte presurizatuak eta tunela eta kanpoko aldearekiko zuzeneko komunikazioa banatzen dituzten harresiak suaren kontrako CN60 erresistentzia orokorra izan behar dute.

— Tunel bateko bi zuloen arteko komunikazioak aurreikusten direnean, eta zuloak harresi bat komunean badute, komunikazioa eteten duten ateez edota itxiturek harresiaren maila bereko suaren kontrako erresistentzia bera izango dute. Bi zuloak harresi komunik ez badute, komunikazioa ixten duten eraikuntzako elementuek N2 mailako suaren kontrako erresistentzia izan beharko dute bi zuloen artean. Aterte presurizatuak izanez gero, aterteak oro har lortu beharko ditu suaren kontrako erresistentzia mailak.

### 7.3.4.2. Estructuras Auxiliares

A continuación, se examinan las situaciones más comunes. Existen muchos casos particulares que exigen un examen específico. Cuando un elemento se pueda clasificar en varios niveles de exigencia bajo las disposiciones de los apartados 7.3.4.1 y 7.3.4.2 se entenderá que debe satisfacer la exigencia más severa.

#### a) Falsos techos y muros que separan conductos de ventilación:

— Los falsos techos y los muros que sirvan para delimitar un conducto de ventilación con respecto al túnel, lo mismo que el conjunto de los muros de los conductos de ventilación, deben cumplir el nivel N0 cuando la pérdida de continuidad en la zona del incendio no tiene consecuencias perjudiciales para la seguridad de las personas que puedan estar presentes en otras partes del túnel. En los otros casos, descritos a continuación, la estabilidad al fuego se deberá garantizar para un nivel superior.

— Para los conductos en los que la continuidad en la zona del incendio es importante para la acción de los equipos de socorro, pero que no intervienen en la ventilación o la evacuación de los refugios, los muros comunes con el túnel serán estables al fuego para el nivel N1. Adicionalmente, cuando estos muros no cuenten con aperturas que conectan con el túnel, ya sean permanentes o no, los muros serán de resistencia al fuego (RF) de este nivel.

— Para los conductos que sirvan para la ventilación de los refugios, las paredes comunes con el túnel deberán presentar un grado de resistencia al fuego (RF) de nivel N2. Los conductos que sirven como galerías de evacuación para el acceso a los refugios se tratan a continuación en el punto c.

#### b) Locales técnicos y estaciones de ventilación:

— Si se instalan locales técnicos, y en particular estaciones de ventilación, en un lateral, debajo, o encima de un túnel, los muros o las losas intermedias se deben examinar bajo el doble aspecto del riesgo para el túnel de un incendio en el interior de un local, y del riesgo de la pérdida de las funciones que se realizan en el local, en caso de un incendio en el túnel.

— Con respecto a un incendio en el local, los elementos intermedios con el túnel presentarán un grado de resistencia al fuego (RF) de nivel N1.

— Con respecto a un incendio en el túnel, los elementos intermedios con el local presentarán como mínimo un nivel de resistencia al fuego (RF) de nivel N1. Se exigirá nivel N2 si con la pérdida del local se corre el riesgo de afectar el funcionamiento de equipos, especialmente los equipos de ventilación, necesarios para el uso de los refugios y de las galerías de evacuación que permiten acceder a los refugios desde el exterior. Se exigirá nivel N3 si con la pérdida del local se corre el riesgo de interrumpir la continuidad de la alimentación eléctrica o de las telecomunicaciones en el lugar del incendio.

— Si un local comunica directamente con el túnel, los elementos de construcción que sellan la comunicación deberán presentar un nivel de resistencia al fuego (RF) del mismo nivel, especificado anteriormente, que el muro. Si hay un vestíbulo presurizado, el nivel de resistencia al fuego (RF) se deberá obtener globalmente por el vestíbulo presurizado.

#### c) Instalaciones para la evacuación y la protección de los usuarios y el acceso de equipos de emergencia:

— Los vestíbulos presurizados y los muros que separen el túnel de una comunicación directa con el exterior deberán presentar un grado de resistencia al fuego (RF) global CN60.

— Cuando se prevean comunicaciones entre los dos tubos de un túnel, y si los dos tubos tienen un muro en común, las puertas y/o cierres que cortan la comunicación tendrán un grado de resistencia al fuego (RF) del mismo nivel que el muro. Si los dos tubos no tienen un muro en común, los elementos de construcción que cierran la comunicación deberán presentar un grado de resistencia al fuego (RF) entre los dos tubos de nivel N2. Cuando se disponga de un vestíbulo presurizado, los grados de resistencia al fuego (RF) se deberán obtener globalmente por el vestíbulo.

- Segurtasun-galeria dagoenean, tunelarekiko komunikazioa ixten duten eraikuntzako elementuek N2 mailako suaren kontrako erresistentzia-maila orokorra izan beharko dute. Arau bera aplikatzen da tunelarekiko balizko harresi guztietan.
- Tunelean aterpeak daudenean, tuneletik banatzen diren hormek eta tunelarekiko komunikazioa ziurtatzen duten atarte presurizatuek N2 mailako suaren kontrako erresistentzia-maila izan beharko dute.
- Aterpe bakoitzak tuneleko kanpoko aldetik sartzeko eba-kuzio-galeria izango du, eta tuneleko edozein ordutan gerta daitekeen sutean bi orduz erabili ahal izango da. Sua dagoen tokitik igaro behar bada eta galeriek tunelarekin lotuta dauden harresiak edo losak badituzte, harresi horiek N2 mailako suaren kontrako erresistentzia-maila izan beharko dute. Harresien suaren eragina jasaten ez duen aldearen gehieneko temperatura, gainera, gehienez 60°C-koa izan beharko da aterpeak ebakutzeko finkaturiko denboran. Baldin eta tuneleko beste elementu batzuek parte hartzen badute galeriaren egonkortasunean, suarekiko egonkorra izan beharko dute N2 maila bererako.

d) Galtzadari eusten dioten losak:

- Baldin eta zirkulazioa galtzadari eusten dion losaren gainean bada, galtzadak N0 mailako eskakizunak bete beharko ditu, aurreko puntuei dagokienez erresistentzia-maila handiagoa behar duten beherako guneekin mugatu ezik.
- Ahal den guztia egingo da sua ez dadin heda galtzadaren azpian (bereziki inflamaturiko likidoen isuriak eraginda).
- Losaren azpian beste zirkulazio-maila bat badago, 7.3.4.1. atalean beste zulo baten egonkortasunari eta zuloen arteko tarteari eusteko finkaturiko eskakizunak bete beharko ditu. Aparte aztertuko dira suteak losaren goiko aldean eta beheko aldean.

e) Sabaitik esekita dauden ekipoak ez erortzeko babesa:

- Ke estratifikatuan lan egiten duten larrialdietako ekipoak babestu behar dira edozein elementu arriskutsu eror ez dadin. Helburu hori izanik, hauexek dira euste-dispositiboak eta altueran jarritako ekipo astunei eusteko egiturak: haizegailuak, seinaleztapen aldakorreko panelak eta ekipoak dituzten portikoak. Izan ere, horiek guztiek 450°C-ko temperaturaren kontrako erresistentzia izan behar dute 120 minututan. Justifikazioa egiteko, suaren kurba normalizatua erabiliko da tenperatura horretara iritsi arte; jarraian, tenperatura horri utsiko zaio ezarritako denbora amaitu arte.

## 8. OBRA JASOTZEA

Obra jaso baino lehen, obra zibilari buruzko txosten bat aurkeztu behar da. Esklusiboak ez badira ere, kontrolatu beharreko honako hauek nabarmentzen dira.

### 8.1. Eraikuntzako materialak

Tuneleko obrak zibilaren egiturakoak diren eta ez diren elementuen ezaugarri kimikoak, fisikoak eta mekanikoak eta eskariak egiaztatuko dira:

- Materialen propietate eta osaera kimikoak.
- Egiturako elementuen eta materialen erresistentzia eta hari-kortasuna, bereziki su bateko tenperatura altuetan.
- Egiturako elementuen suaren kontrako erresistentzia.
- Jarritako ekipoen, horniduren eta materialen suaren kontrako erresistentzia.
- Kalitateak edo bat etortzea egiaztatzeko ziurtagiriak. Horien baliozkotasuna eta jarritako material eta hornidurekin bat datozela egiaztatzea.

- Cuando se disponga una galería de seguridad, los elementos de construcción que cierran la comunicación con el túnel deben presentar un grado de resistencia al fuego (RF) global de nivel N2. Lo mismo se aplica a eventuales muros comunes con el túnel.

- Cuando se dispongan refugios, las paredes que los separan del túnel y los vestíbulos presurizados que aseguran la comunicación con él deben presentar un grado de resistencia al fuego (RF) de nivel N2.

- Cada abrigo deberá disponer de una galería de evacuación que permita el acceso desde el exterior del túnel, que deberá poder ser utilizada durante dos horas en caso de un incendio que se produzca en cualquier punto del túnel. Si es necesario pasar a lo largo del lugar del incendio y si la galería tiene muros o losas comunicadas con el túnel, estos deberán presentar un grado de resistencia al fuego (RF) de nivel N2. Además la temperatura máxima de la cara no expuesta al fuego del muro no deberá sobrepasar una temperatura de 60°C durante el tiempo fijado para la evacuación de los refugios. Si otros elementos del túnel participan en la estabilidad de la galería, deberán ser estables al fuego para el mismo nivel N2.

d) Losas que soportan la calzada:

- Cuando la circulación se realice sobre una losa que soporta la calzada, esta debe satisfacer las exigencias del nivel N0 si no limita con espacios inferiores que requieran un nivel de resistencia superior con relación a los puntos anteriores.
- Se debe evitar por todos los medios la propagación de un incendio bajo la calzada (especialmente por el flujo de líquidos inflamados).
- Si existe otro nivel de circulación bajo la losa, esta deberá satisfacer las exigencias fijadas en el apartado 7.3.4.1 para las estructuras que son necesarias para mantener la estabilidad de otro tubo y la separación con él. Se considerarán por separado las situaciones de fuego en la parte superior e inferior de la losa.

e) Protección contra la caída de equipos suspendidos del techo:

- Se debe proteger a los equipos de emergencia que trabajen bajo humo estratificado contra la caída de cualquier elemento peligroso. Con este objeto, los dispositivos de sujeción y la estructura portante de los equipos pesados implantados en altura: ventiladores, paneles de señalización variable, pórticos con equipos, deberán resistir una temperatura de 450°C durante 120 minutos. La justificación se hará utilizando la curva de fuego normalizada hasta alcanzar esa temperatura, que será a continuación mantenida hasta el final del periodo establecido.

## 8. RECEPCIÓN DE LA OBRA

Antes de la recepción de la obra se entregará un informe relativo a la seguridad de la Obra Civil. Sin carácter exclusivo, se destacan los siguientes aspectos a controlar.

### 8.1. Materiales constitutivos

Se comprobarán las características físicas, químicas y mecánicas y las solicitaciones a las que están sometidos los elementos estructurales y no estructurales de la obra civil del túnel:

- Propiedades y composición química de los materiales.
- Resistencia y ductilidad de materiales y elementos estructurales, especialmente al ser expuestos a las altas temperaturas de un incendio.
- Resistencia al fuego de los elementos estructurales.
- Reacción al fuego de los distintos materiales, suministros y equipos instalados.
- Certificaciones de calidad o conformidad: Comprobación de su validez y concordancia con los materiales y suministros colocados.



**8.2. Ebakuazio bideak**

- Bideen kokapena eta ezaugarri geometrikoak egiaztatuko dira:
- Espaloiak: zabalera, kokapena (altuera eta tartea).
  - Galeriak: tartea, luzera, zabalera, altuera, gehieneko malda, etab.
  - Ebaluazioa zailtzen duen oztoporik ez izatea.
  - Zoladura irristagaitzak izatea.
  - Eskubanda izatea.
  - Ebakuazioaren seinaleztapenaren ezaugarriak.
  - Ateen ezaugarriak.
  - Erreskate taldeen irisgarritasuna, sarbideak, etab.
  - Aparteko aireztapen egokia.
  - Argiztapen-maila egokia.

**8.3. Drainaketa elementuen ezaugarriak**

- Profil longitudinala: drainaketaren ezaugarriak eta gutxieneko malda egiaztatzea.
- Ur hartuneak: arrisku naturalak antzematea.
- Isurketa likidoak ebakuatzea eta drainatzea: ura hartzeko dispositiboak edo harea-tokiak izatea ur-hartuneetan; aparteko sistema bat eskatzen duten arriskuak egotea; kanalizazioen eta biltzeta-deposituen edukiera eta estankotasuna; hodiien zimurtasuna; likido-metaketarik eza; gutxieneko abiadurak; kutxeten eta hustubideen arteko gehieneko tarreak; sua kolektoreen bidez ez zabaltzea; deposituak edo ponpaketa-putzuak egotea beheko puntuetan; funtzionamendu-probak, etab.
- Zeharkako sekzioaren iragazgaitasuna: materialak eta erai-kuntza.
- Kableen kanalizazioak: kanalizazioen babesa.
- Segurtasun elementuak ezartzea.

**9. MANTENTZEA****9.1. Oharbide orokorrak**

Ustiapenak iraun bitartean, obra zibilararen eraikuntzan eta proiektuan hartutako segurtasun irizpideak eta parametroak egiaztatu eta mantenduko dira. Zehazkiago, zehatz mehatz aztertuko da obra zibilararen eraikuntzak iraun bitartean egin beharreko aldaketa oro, eta justifikatu eta bermatu egin beharko da inola ere ez direla murrizten tunel osorako proiektuan hartutiko segurtasun-mailak.

Obra zibilararen zati bakoitzerako atal espezifikoak izango ditu mantentze planak, eta bertan bilduko dira burutu beharreko eragiketak, baita horien norainokoa eta aldizkakotasuna ere. Indarreko araudiekin, fabrikatzailearen estandarrekin, eraikuntzari buruzko jarraibideekin eta mantentze-lana egokiarekin bat etorritik egingo da hori guztia.

**9.2. Mantentzearen irizpide orokorrak****BURUTU BEHARREKO ERAGIKETAK**

Mantentze-eragiketetan burutu beharreko ikuskapenak, egiaztapenak eta lanak aldizkakotzat izango dira, obra zibila jaso aurretik eginkoan antzekoak.

Esklusiboak ez badira ere, hona hemen mantentze-eragiketak:

- Lur azpiko gune guztiak, pitzadurak, gune hezeak, deformazioak, hausturak, lurraren jokabide-aldaketak, etab. ikuskatzea.
- Kableetan kanalizazioen egoera egiaztatzea.
- Drainaketa-sistemak eta isurketa likidoak biltzeko sistemak ikuskatzea eta garbitzea: hodiak, kutxetak deposituak, ponpaketa-putzuak, harea-tokiak, etab. Arreta jarriko da iragazpenetan, gune hezeetan eta funtzionamendu okerra erakusten duten zantzuetan (putzuak, etab.).

**8.2. Rutas de evacuación**

- Se verificarán la disposición y características geométricas:
- Aceras: anchura, posición (altura y separación).
  - Galerías: separación, longitud, anchura, altura, pendiente máxima, etc.
  - Ausencia de obstáculos que dificulten la evacuación.
  - Existencia de pavimentos antideslizantes.
  - Existencia de pasamanos.
  - Características de la señalización de evacuación.
  - Características de las puertas.
  - Accesibilidad de los equipos de rescate, caminos de acceso, etc.
  - Ventilación adecuada e independiente.
  - Nivel de iluminación adecuado.

**8.3. Características de los elementos de drenaje**

- Perfil longitudinal: comprobación de las características del drenaje y verificación de pendiente mínima.
- Bocas: detección de riesgos naturales.
- Drenaje y evacuación de vertidos líquidos: existencia de dispositivos de captación de agua o areneros en las bocas; presencia de riesgos que demanden un sistema separativo; capacidad y estanqueidad de las canalizaciones y depósitos de recogida; rugosidad de las conducciones; ausencia de puntos de acumulación de líquido; velocidades mínimas; separaciones máximas en arquetas y sumideros; no propagación del fuego a través de colectores; existencia de depósitos o pozos de bombeo en puntos bajos; pruebas de funcionamiento, etc.
- Impermeabilización de la sección transversal: materiales y disposición constructiva.
- Canalizaciones de cables: protección de las mismas.
- Implantación de elementos de seguridad.

**9. MANTENIMIENTO****9.1. Consideraciones generales**

Durante la explotación se verificarán y mantendrán los criterios y parámetros de seguridad adoptados en el proyecto y construcción de la obra civil. En particular, se analizará en detalle cualquier modificación que durante la explotación sea preciso realizar en la obra civil, justificándose y garantizándose que en ningún caso se reducen los niveles de seguridad adoptados en el proyecto para el conjunto del túnel.

El Plan de Mantenimiento incluirá capítulos específicos para cada parte de la obra civil, donde se recogerán las operaciones a realizar, así como su alcance y periodicidad. Todo ello se realizará de acuerdo con los reglamentos vigentes, los estándares del fabricante, las indicaciones procedentes de la construcción y la buena práctica de mantenimiento.

**9.2. Criterios generales de mantenimiento****OPERACIONES A REALIZAR**

Todas las inspecciones, verificaciones y trabajos a realizar durante las operaciones de mantenimiento, serán periódicos y similares a los realizados antes de la recepción de la obra civil.

Sin carácter exclusivo, las operaciones de mantenimiento consistirán en:

- Inspección de todos los espacios subterráneos, con el fin de detectar la aparición de fisuras, humedades, corrosiones, deformaciones, roturas, cambios en el comportamiento del terreno, etc.
- Verificación del estado de las canalizaciones del cableado.
- Inspección y limpieza de sistemas de drenaje y de recogida de vertidos líquidos: conducciones, arquetas, depósitos, pozos de bombeo, areneros, etc. Se prestará atención a la presencia de filtraciones, humedades e indicios de mal funcionamiento (charcos, etc.).

- Ebakuazio bideak ikuskatzea, mantentzea eta garbitzea, instalazioak eta ekipamenduak barne: aireztapena, komunikazioko instalazioak, itzalgailuak, eskubandak, ateak, eba-kuazioko seinaleak, etab. Ibilbideetan dagoen eragozpen oro kendu eta zoladura irristagaitzen ezaugarriei eutsi behar zaie.
- Eraikuntzak iraun bitartean azpiegituran, gainegituran edo instalazioetan jarritako material ororen suaren kontrako erresistentziaren ezaugarriak egiaztatzea.
- Eraikuntzak iraun bitartean finkaturiko zehaztapen eta jarraibide guztien jarraipena egitea, obra zibila artatzeko.

#### JARDUKETA ZUZENTZAILEAK DOKUMENTATZEA ETA LEHENESTEA

Eginiko ikuskapenen, egiaztapenen eta ohiko mantentze-lanen emaitzak izanda, txostenak egingo dira, obraren zati bakoitzean honako hauek bilduko dituztenak:

- Osagaiak.
- Kokapena.
- Elementuen egoera, ikuskapenean antzemandako anomaliekin.
- Buruturiko eragiketak.
- Ikuskaturiko elementu nagusien beharrak eta hutsuneak.
- Beharrezko konponketak eta ordezkpenak.

Halaber, obra zibilaren egoera eta horren instalazioak eta sistemak ikuskatu eta egiaztatu ondoren izandako emaitzei buruzko balorazio plan bat ezarriko da. Plan horretan, antzemandako irregularitasun guztiak konpontzeko beharrezko jarduketan urgentzia mailakatzeko modua emango duten irizpideak garatuko dira.

### 9.3. Egiaztapenak gorabeheretan

Gorabehera izan ondoren, obra zibilean izandako ukipenari buruzko ikuskapen zehaztua egingo da, honako helburu hauek lortzeko: izandako kalteak zenbatzea, beharrezko konponketak edo aldaketak zehaztea eta horietako bakoitzaren urgentzia baloratzea. Zehazkiago, egitura erresistentean izandako ukipena aztertuko da honako kasu hauetan: eraginak, uholdeak, sua, leherketak, lurrikarak, magal-mugimenduak, etab. Gainera, tunela ustiatzeko baldintzetan eragin nabarmena duten ala ez baloratuko da, zerbitzuan sartzeko eguna atzeratzea beharrezkoa den ala ez erabakitzeko.

## DISEINU SEGURURAKO JARRAIBIDE TEKNIKOAK

### (II) ENERGIA ELEKTRIKOA

#### 1 XEDEA

Jarraibide Tekniko honen xedea Bizkaiko Foru Aldundiaren eremu geografikokoak diren tunelen ustiapenean, zerbitzuan jarritzean, eraikuntzan, proiektuan eta plangintzan energia elektrikoaren horniduraren instalazioak betetzeko xedapen eta zehaztapen teknikoak betetzea da.

Bizkaiko Foru Aldundiak ezarritako ondorengo helburu hauek lortu nahi dira dokumentu honekin, jakin beharreko helburuak:

- Tuneletako plangintza-egileari, proiektu-egileari, eraikitzaileari edo ustiatzaileari lagungarri izango zaien gida bat eman nahi da, nor bere etapen segurtasunaren eskakizunei buruzko diseinuaren, eraikuntzaren, prestaketaren eta ustiapenaren gaineko jarraibide teknikoak izan dezan; hala, horien jarraibidearen edukiak landu ahal izango dituzte.
- Herri administrazioaren eskakizunak teknikoki zehaztea; hala, eskatzekoa den legezko eremu gisa balioko du.
- Zerbitzu-maila altuari eustea errepideetako tunelen ustiapenean, tunelen barruko aldeetan pertsonen segurtasuna eta ongizatea hobetzeko, baita tunelen kudeaketa ekonomikoa hobea izan dadin lagungarria izateko ere.

- Inspección, mantenimiento y limpieza de las rutas de evacuación, incluyendo sus instalaciones y equipamientos: ventilación, instalaciones de comunicación, extintores, pasamanos, puertas, señalización de evacuación, etc. Deberá eliminarse cualquier obstáculo situado a lo largo de las rutas y mantener las características antideslizantes de los pavimentos.
- Verificación de las características de resistencia al fuego de todo material que se incorpore a la infraestructura, superestructura o instalaciones durante la explotación.
- Seguimiento de cuantas especificaciones e indicaciones se hayan fijado durante la construcción, para la conservación de la obra civil.

#### DOCUMENTACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE ACTUACIONES CORRECTORAS

Con los resultados de las inspecciones, verificaciones y operaciones rutinarias de mantenimiento realizadas, se redactarán informes que recojan para cada parte de la obra civil:

- Elementos integrantes.
- Situación y localización.
- Estado de dichos elementos, con las anomalías detectadas en la inspección.
- Operaciones efectuadas.
- Necesidades y carencias de los elementos más representativos inspeccionados.
- Reparaciones y reposiciones necesarias.

Asimismo, se establecerá un plan de valoración de los resultados obtenidos tras la inspección y verificación del estado de la obra civil y del funcionamiento de sus instalaciones y sistemas. En él, se desarrollarán los criterios que permitan graduar la urgencia de cada una de las actuaciones necesarias para subsanar todas las irregularidades detectadas, estableciendo su priorización.

### 9.3. Comprobaciones en caso de incidente

Tras producirse un incidente, se realizará una inspección detallada de su posible afección a la obra civil, con objeto de: cuantificar los daños sufridos, definir las reparaciones o sustituciones necesarias y valorar la urgencia de cada una de ellas. En particular, se estudiará la afección a la estructura resistente en casos tales como: impactos, inundaciones, incendios, explosiones, seísmos, movimientos de ladera, etc., valorando si sus consecuencias afectan significativamente o no a las condiciones de explotación del túnel, por si fuera necesario posponer su reentrada en servicio.

## INSTRUCCIONES TÉCNICAS PARA DISEÑO SEGURO DE TÚNELES

### (II) ENERGÍA ELÉCTRICA

#### 1 OBJETO

La presente Instrucción Técnica tiene por objeto definir las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones de suministro de energía eléctrica en los túneles en explotación, puesta en servicio, construcción, proyecto, y planeamiento pertenecientes al ámbito geográfico de la Diputación Foral de Bizkaia.

Este documento persigue los siguientes objetivos establecidos por la Diputación Foral de Bizkaia. A saber:

- Disponer de una guía que sirva de ayuda al planificador, proyectista, constructor o explotador de túneles en carretera para que, cada uno en las etapas de su incumbencia, tenga una instrucción técnica clara de diseño, construcción, puesta en servicio y explotación sobre los requerimientos de seguridad que le permita desarrollar sus cometidos.
- Concretar técnicamente las exigencias de la Administración Pública, de forma que sirvan de marco legal exigible.
- Mantener un elevado nivel de servicio en la explotación de túneles viarios, incrementando la seguridad y bienestar de las personas en su interior, así como contribuir a la mejor gestión económica de los túneles.

## 2 NORAINOKOA

Jarraibide tekniko hau zerbitzuan dauden tuneletan eta oraindik ustiatu gabe, zerbitzuan jartzeko prozesuan, eraikuntza-fasean, proiektu-fasean edo plangintza-fasean aurkitzen diren tuneletan aplikatuko da, betiere Bizkaiko Lurralde Historikoko errepideen sarearen barnean badaude, Bizkaiko Errepideei buruzko otsailaren 18ko 2/1993 Foru Araua eta tunelen errepideetako segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuaren 2. artikuluan ezarritakoa aintzat hartuta.

Jarraibide teknikoaren bidez nahitaez bete beharreko segurtasun-betekizunak definitzen dira.

Jarraibide hau argitaratzen den unean zerbitzuan jartzeko prozesuan edo eraikuntza-fasean aurkitzen diren tunelak, jarraibidean jasotako betekizun zehatz batzuk praktikan bete ezin diren edo proportziorik gabeko kostua duten konponbide teknikoen gauzatu beharreko kasuetan, Administrazio Agintariak arriskua murrizteko bestelako neurriak aplikatzeko baimena emango du, baldin eta arriskua murrizteko neurri horiek segurtasun maila bera edo handiagoa eskaintzen badute. Tunelaren kudeatzaileak, neurri horiek proposatu dituenak, horien eraginkortasuna egiaztatu beharko du, Arrisku Azterketaz baliatuta.

Txosten hori Ikuskapen Erakundeak auditatuko du, eta horrek Administrazio Agintariari Segurtasun Irizpidea igorriko dio. Hain zuzen ere, beharrezkoa izango da horren aldeko balorazioa Administrazio Agintariaren baimena eskuratzeko.

Tunelaren kudeatzaileak, zuzenean edo kontratista edo ustiatzen duen enpresaren bidez (kudeatzaile ordezkaririk), errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 5. artikulua betetzen dela bermatzeko beharrezko giza baliabideak eta baliabide materialak jarriko ditu, eta bereziki, ikuskapen organoaren ikuskapenetan, probetan, entseguetan, ikuskapen-, gainbegiratzeko eta ebaluazio-zereginetan, jardute-protokoloen simulakro edo simulazioetan, bai eta lanetan segurtasunerako baldintzak bermatzeko ere (adibidez: erraiak ixtea, seinaleak jartzea).

## 3 KODEAK, ARAUAK ETA ARAUDIAK

Kasuan kasuko instalazio-motaren arabera aldatzen dira proiektuaren xedeko instalazioen diseinuari aplikatu beharreko gutxieneko baldintzak, eta oro har, araudi elektroteknikoek nahitaez bete beharreko indarreko arautegian adierazitakoak dira.

Jarraian, instalazioen diseinuan nahitaez bete beharreko araudia zehaztuko dugu, ondoren agertzen diren arauen bidez:

### A.T. LINEAK ETA TRANSFORMAZIO ZENTROAK

#### Orokorra

- ZEA «Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio zentroi buruzko araudia».
- Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko araudia onesten edo aldatzen duten xedapenak eta MIE-RAT jarraibide tekniko osagarriak.

#### Industria eta Energia Ministerioa

- «E.A.O.», 1982-12-1ekoak: Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio zentroetako segurtasun bermeei eta baldintza teknikoei buruzko azaroaren 12ko 3275/1982 errege dekretua.
- «E.A.O.», 1983-1-18koa: Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio zentroetako segurtasun bermeei eta baldintza teknikoei buruzko azaroaren 12ko 3275/1982 errege dekretuaren akatsen zuzenketa.
- «E.A.O.», 1984-8-1ekoak: 1984ko uztailaren 6ko agindua, Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko jarraibide tekniko osagarriak onetsi dituenak.

## 2 ALCANCE

La presente Instrucción técnica se aplicará a los túneles en servicio y a los túneles que aún no estando en explotación, se encuentran en fase de puesta en servicio, en fase de construcción, en fase de proyecto o en fase de planeamiento, de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según Norma Foral 2/1993, del 18 de febrero de Carreteras de Bizkaia y según la definición de túnel establecida en el artículo 2 del Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

La Instrucción técnica define los requisitos de seguridad que serán de obligado cumplimiento.

Para túneles en servicio o en construcción en el momento de publicación de la presente Instrucción, en el caso de que determinados requisitos indicados en la instrucción solo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas de imposible ejecución en la práctica o que tengan un coste desproporcionado, la Autoridad Administrativa podrá autorizar que se apliquen otras medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando estas medidas de reducción del riesgo den lugar a un nivel equivalente o mayor de seguridad. El Gestor del Túnel, proponente de estas medidas, deberá justificar la eficacia de las mismas mediante un Análisis de riesgo.

Este informe será auditado por el Organismo de Inspección, quien remitirá a la Autoridad Administrativa un Dictamen de Seguridad, cuya valoración favorable será necesaria para obtener la autorización de la Autoridad Administrativa.

El gestor del Túnel, directamente o a través del contratista o empresa explotadora (gestores delegados), deberá poner los recursos materiales y humanos necesarios para garantizar el cumplimiento del DFST (DF 135/2006, de 23 de agosto, artículo 5), y particularmente en la ejecución de las inspecciones del Organismo de Inspección, pruebas, ensayos, tareas de inspección, supervisión y evaluación así como la realización de simulacros o simulaciones de protocolos de actuación, y para garantizar las condiciones de seguridad en los trabajos (ej. Cortes de carril, señalización).

## 3 CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

Los mínimos exigibles de diseño de las instalaciones objeto de Proyecto varían según el tipo de instalación de que se trate y en general estos mínimos serán los indicados por los Reglamentos Electrotécnicos en vigor y normativa de obligado cumplimiento.

A continuación vamos a especificar la reglamentación de obligado cumplimiento en el diseño de las instalaciones que a continuación se detallan:

### CENTROS DE TRANSFORMACIÓN Y LÍNEAS A.T.

#### General

- RCE «Reglamento sobre Centrales eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación».
- Disposiciones por las que se aprueban o modifican el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación y las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT.

#### Ministerio de Industria y Energía

- «B. O. E.» del 1-12-82: Real decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B. O. E.» del 18-1-83: Corrección de errores del Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación.
- «B. O. E.» del 1-8-84: Orden de 6 de julio de 1984 por la que se aprueban las Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

- «E.A.O.», 1984-10-25ekoa:  
1984ko uztailaren 6ko agindua, Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko jarraibide tekniko osagarriak onetsi dituena.
- «E.A.O.», 1987-12-5ekoa:  
1987ko azaroaren 27ko agindua, Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko jarraibide tekniko osagarrien gaineko araudiaren MIE-RAT 13 eta MIE-RAT jarraibide tekniko osagarriak eguneratzen dituena.
- «E.A.O.», 1988-3-3koa:  
1987ko azaroaren 27ko Aginduaren akatsen zuzenketa; Agindu horren bidez, Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio zentroetako baldintza teknikoei buruzko araudiaren MIE-RAT 13 eta MIE-RAT jarraibide tekniko osagarriak eguneratzen dira.
- «E.A.O.», 1988-7-5ekoa:  
1988ko ekainaren 23ko agindua, Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko araudiaren MIE-RAT jarraibide tekniko osagarriak eta eguneratzen dituena.
- «E.A.O.», 1988-10-3koa:  
1988ko ekainaren 23ko aginduaren akatsen zuzenketa; Agindu horren bidez, zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko araudiaren MIE-RAT jarraibide tekniko osagarriak eguneratzen dira.
- «E.A.O.», 1991-4-24koa:  
1991ko apirilaren 16ko agindua, Zentral elektriko, azpiestazioko eta transformazio zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko araudiaren MIE-RAT jarraibide tekniko osagarriaren 3.6. puntua aldarazi duena.
- «E.A.O.», 1994-6-2koa:  
1994ko maiatzaren 16ko agindua, honako araudi honetako MIE-RAT 02 Jarraibide Tekniko Osagarria aurrerapen teknikora egokitzen duena.
- «E.A.O.», 1995-3-28koa:  
Industri Kalitatearen eta Segurtasunaren Zuzendaritzak 1995eko martxoaren 9an emandako ebazpena; horren bidez, onartu egiten da emandako egiaztapena, hain zuzen ere AENOR «N» marka erabiltzeko eskubidea ematen duten arauak egiaztatzearen arloan, zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko araudiaren eskakizunen berme gisa. Arau horiek tentsio baxuan 25 - 2.500 KVA, 50 Hz banatzeko transformatzaila trifasikoei dagozkie.
- «E.A.O.», 1996-1-5ekoa:  
1995eko abenduaren 15eko agindua, zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko araudiaren MIE-RAT 02 jarraibide tekniko osagarria aurrerapen teknikora egokitzen duena.
- «E.A.O.», 2000-3-10ekoa:  
2000ko martxoaren 10eko agindua, zentral elektriko, azpiestazioko eta transformazio zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko MIE-RAT 01, MIE-RAT02, MIE-RAT 06, MIE-RAT 14, MIE-RAT 15, MIE-RAT 16, MIE-RAT 17, MIE-RAT 18 eta MIE-RAT19 jarraibide tekniko osagarriak aldatu dituena. Okerren ZUZENKETA, EAO, 250. zk., 2000ko martxoaren 18koa.
- »B. O. E.» del 25-10-84:  
Orden de 18 de octubre de 1984 complementaria de la de 6 de julio que aprueba las Instrucciones Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B. O. E.» del 5-12-87:  
Orden de 27 de noviembre de 1987 por la que se actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT 13 y MIE-RAT 14 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B. O. E.» del 3-3-88:  
Corrección de erratas de la Orden de 27 de noviembre de 1987 por la que se actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT 13 y MIE-RAT 14 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B. O. E.» del 5-7-88:  
Orden de 23 de junio de 1988 por la que se actualizan diversas Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B. O. E.» del 3-10-88:  
Corrección de erratas de la Orden de 23 de junio de 1988 por la que se actualizan diversas Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B. O. E.» del 24-4-91:  
Orden de 16 de abril de 1991 por la que se modifica el punto 3.6 de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT 06 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B. O. E.» del 2-6-94:  
Orden de 16 de mayo de 1994 por la que se adapta al progreso técnico la Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT 02 de este Reglamento.
- «B. O. E.» del 28-3-95:  
Resolución de 9 de marzo de 1995, de la Dirección General de Calidad y Seguridad Industrial, por la que se reconoce la certificación de conformidad a normas que otorga el derecho de uso de la marca AENOR «N» de producto certificado, como garantía de cumplimiento de las exigencias del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, en lo relativo a los transformadores trifásicos para distribución en baja tensión, de 25 a 2.500 KVA, 50 Hz.
- «B. O. E.» del 5-1-96:  
Orden de 15 de diciembre de 1995 por la que se adapta al progreso técnico la Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT 02 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B.O.E.» del 10-03-00:  
Orden de 10 de marzo de 2000 por la que se modifican las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT 01, MIE-RAT02, MIE-RAT 06, MIE-RAT 14, MIE-RAT 15, MIE-RAT 16, MIE-RAT 17, MIE-RAT 18 y MIE-RAT19 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. CORRECCIÓN de errores en B.O.E. número 250, de 18 de marzo de 2000.

Aireko lineei aplikatu beharreko xedapenak:

- 1945eko uztailaren 17ko Legea, 1940ko azaroaren 2ko Aireportuei buruzko Legearen 11, 12, 13, 14 eta 15. artikulua berritu dituena.

Disposiciones aplicables a Líneas Aéreas:

- Ley de 17 de julio de 1945 que reforma los artículos 11, 12, 13, 14, 15 de la Ley de Aeropuertos de 2 de noviembre de 1940.

- Industria Ministerioak 1944ko otsailaren 23an emandako Agindua, lerrun bereko 1965eko urtarrilaren 4ko xedapeneraren bidez aldarazia.
- Aireko nabigazioari buruzko uztailaren 21eko 48/1960 Legea.
- Zortasun irratielektrikoei buruzko 1956ko abenduaren 21eko Dekretua.
- Otsailaren 13ko 362/1964 Dekretua eta urtarrilaren 4ko agindua.
- Otsailaren 24ko 584/1972 dekretua (airea), aireko zortasuneri buruzkoa, eta, aldi berean, aldaketa hauek izan ditu:
  - Abenduaren 5eko 1541/2003 errege dekretua, otsailaren 24ko 584/1972 Dekretua aldatu duena. Zortasun aeronautikoei buruzkoa, eta uztailaren 10eko 1844/1975 Dekretua, heliportuetako zortasun aeronautikoei buruzkoa, aireportuetan eta heliportuetan oztipoen muga-azalerek ezarritako mugen salbuespenak erregulatzeko.
  - Uztailaren 10eko 1844/1975 dekretua, heliportuetako zortasun aeronautikoak definitu dituena.
  - Abuztuaren 9ko 2490/1974 dekretua (airea), zortasun aeronautikoei buruzko otsailaren 24ko (24. xeda.) 584/1972 dekretuaren 30. artikulua aldatu duena.
  - Azaroaren 28ko 3151/1968 Dekretuak eta hori garatu nahiz aldatu duten gainerako xedapenek onetsitako tentsio altuko linea elektrikoaren Araudia. Araudi hori tentsio altuko baldintza teknikoari eta segurtasun-baldintzei eta otsailaren 15eko 223/2008 Errege Dekretuak onetsitako ITC LAT 01-09 jarraibide tekniko osagarriari buruzko araudi berria «Estatuko Aldizkari Ofizialean» argitaratu eta bi urte igaro ondoren aplikatu ahal izango da.
- Azaroaren 28ko 3151/1968 Dekretuaren okerren zuzenketa, Tentsio Altuko Aireko Linea Elektrikoaren Araudia onetsi duena.
- Tentsio altuko aireko lineei buruzko araudi teknikoa. Aurreko 362/1964 Dekretuaren, Ministerioak 1965eko urtarrilean emandako Aginduaren eta Ministerioak 1949ko otsailaren 23an emandako Aginduaren bidez onetsitako tentsio altuko linea elektrikoari buruzko aurreko araudiaren ordezkioa da.
- Baldintza teknikoari eta segurtasun-bermei buruzko araudia, tentsio altuko linea elektrikoetan eta ITC LAT 01-09 jarraibide tekniko osagarrietan, otsailaren 15eko 223/2008 errege dekretuan onetsitakoak. Araudi hori Errege Dekretu hau indarrean jartzen denetik borondatez aplikatu ahal izango da, betiere ikuspuntu administratibotik prozeduren beharizanean aurre egiteko baliabideak eskainita, eta hori bere aplikazio-eremuko instalazio guztiek bete beharko dute, bi urteko epean, «Estatuaren Aldizkari Ofizialean» argitaratzen den datatik zenbatuta.
- Tentsio altuko linea elektrikoaren baldintza tekniko eta segurtasun-bermei buruzko Araudia onetsi duen 2008ko otsailaren 15eko 223/2008 Errege Dekretuaren Okerren zuzenketa, bai eta ITC LAT 01-09 jarraibide tekniko osagarriak ere, 2008ko maiatzaren 17ko 120 zk.ko EAOn argitaratutakoak.
- 1998ko maiatzaren 18ko Agindua, energia elektrikoaren garraiatzeko aireko lineen euskarriak margotzeko buruzko arauak ematen dituena.
- Arlo honetako gainerako indarreko xedapen guztiak.

#### *Iberdrolaren Arautegia*

- Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U.ren 1998ko arauak eta MT REDEL 2.00.01 delakoaren arauak, bezeroen transformazio zentroak eraikitzeko buruzkoak.

#### *Tentsio Baxuko Instalazio Elektrikoak*

- Abuztuaren 2ko 842/2002 Errege Dekretua, Tentsio Baxurako Araudi Elektroteknikoa onetsi duena.
- Tentsio Baxurako Araudi Elektroteknikoa.

- Orden del Ministerio de Industria de 23 de febrero de 1944, modificada por disposición de igual rango de 4 de enero de 1965.
- Ley 48/1960 de 21 de julio sobre navegación aérea.
- Decreto de 21 de diciembre de 1956 sobre Servidumbres Radioeléctricas.
- Decreto 362/1964 de 13 de febrero y orden de 4 de enero.
- Decreto 584/1972, de 24 de febrero (aire), de servidumbres aeronáuticas, que, a su vez tiene estas modificaciones:
  - Real decreto 1541/2003, de 5 de diciembre, por el que se modifica el Decreto 584/1972, de 24 de febrero, de servidumbres aeronáuticas, y el Decreto 1844/1975, de 10 de julio, de servidumbres aeronáuticas en helipuertos, para regular excepciones a los límites establecidos por las superficies limitadoras de obstáculos alrededor de aeropuertos y helipuertos.
  - Decreto 1844/1975, de 10 de julio, por el que se definen las servidumbres aeronáuticas correspondientes a los helipuertos.
  - Decreto 2490/1974, de 9 de agosto (aire), por el que se modifica el artículo 30 del decreto número 584/1972, de 24 de febrero (disp. 426), de servidumbres aeronáuticas.
- Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión aprobado por el Decreto 3151/1968 de 28 de noviembre y todas las disposiciones que lo desarrollan y modifican. Este reglamento podrá ser aplicado hasta pasados dos años de la publicación en el «Boletín Oficial del Estado» del nuevo reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC LAT 01 a 09, aprobado por el Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero.
- Corrección de errores del Decreto 3151/1968, de 28 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- Reglamento técnico de líneas aéreas de alta tensión. «Sustituye al antiguo Decreto 362/1964, Orden Ministerial de 4 de enero de 1965 y al antiguo Reglamento de Líneas Eléctricas de A. T., aprobado por Orden Ministerial de 23 de febrero de 1949.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09, aprobado en el real decreto 223/2008, de 15 de febrero. Este Reglamento se podrá aplicar voluntariamente desde la entrada en vigor de este Real Decreto, a condición de que administrativamente se disponga de los medios para atender las necesidades de los procedimientos y será de obligado cumplimiento para todas las instalaciones contempladas en su ámbito de aplicación a partir de los dos años de la fecha de publicación en el «Boletín Oficial del Estado».
- Corrección de Errores del Real Decreto 223/2008, 15 de febrero del 2008 por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, así como sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09, publicados en el B.O.E. número 120 del 17 de mayo del 2008.
- Orden de 18 de mayo de 1988 por la que se dan normas sobre el pintado de los apoyos de las líneas aéreas de transporte de energía eléctrica.
- Demás disposiciones vigentes en la materia.

#### *Normativa Iberdrola*

- Normas particulares de Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U. de 1998 y al MT REDEL 2.00.01 referente a las normas de construcción de Centros de Transformación de clientes.

#### *Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión*

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Reglamento electrotécnico para Baja Tensión.

- Jarraibide Tekniko Osagarriak (ITC) BT 01 - BT 51.
- Auzitegi Gorenaren Hirugarren Salak 2004ko otsailaren 17an igorritako epaia, tentsio baxuko Araudi Elektroteknikoari erantsitako ITC-BT-03ren 4.2.c.2. tartea deuseztatu duena.
- Tentsio baxuko araudi elektroteknikoan adierazitako erreferentziako arauak.

#### 4. ENERGIA ELEKTRIKOAREN HORNIDURA ETA BANAKETA

Energiaren hornidura eta banaketa dira tunelaren segurtasun-ekipamenduetako bat; izan ere, oso garrantzitsuak dira, ohiko egoeran zein larrialdietan, zeren eta hornidura horren menpe baitaude segurtasunarekin lotuta dauden sistemak, hala nola, aireztapena, argiztapena, komunikazioak, telezaintza, DAI eta suaren kontrako sistemak. Horien kontrola sistema elektrikoaren eraginkortasunaren araberakoa da.

##### 4.1. Instalazio elektrikoak

Instalazio elektrikoetan tentsio altuko nahiz tentsio baxuko elikadura elektrikoaren sareak biltzen dira, eta ostean kontsumitzaileei honako zerbitzuak eskaintzen zaizkie: argi-guneak, aireztapena, tuneleko zerbitzuak eta instalazioak, instalazioak lurrean ezartzea eta transformazio zentroak, TAko banaketa lineak, TBko Koadroak edo aginte koadroak nahiz neurketa zentroak, tentsio baxuko banaketa lineak. Hori guztia tentsio altuetan, lineetan eta zentral elektrikoetan aplikatu beharreko araudietan eta Tentsio Baxuko Araudi Elektronikoan eta horren jarraibide tekniko osagarrietan xedaturikoari lotuko zaio.

Jarraibide honetan tentsio altuko sare elektrikoarekiko lotu-nearen, hornidura tentsio altuan izanez gero, tentsio baxuko azken kontsumidoreen arteko guztiak jasotzen dira. Alderdi bakoitzean jasotako osagaiak definitu ahal izateko, ondoko banaketa orokorra egin daiteke.

- Tentsio Altuko Sistema:
  - Konpainia Elektrikoarekiko lotunea.
  - TAko linea harguneak.
  - TAko emategunea.
  - Azpiestazioa eta/edo maniobra eta banaketa zentroa.
  - Transformazio zentroak.
  - TAko banaketa-linea.
- Tentsio Baxuko Sistemak:
  - TBko harguneak (transformazio zentrotik edo Konpainia Elektrikoaren kontadoretik, hornidura TBbkoa bada).
  - Tentsio baxuko koadroak.
  - Argiztapena eta indarra emateko aginte- nahiz kontrol-banaketa-aren bigarren mailako koadroak.
  - Banaketa-lineak (koadroen harguneak eta elikadura kontsumidoreei).
  - Banaketa-ontziak eta -kanalizazioak.
  - Tentsio baxuko lurreko sareak.
  - Lurreko sare ekipopotenziala.
  - Kontsumidore elektrikoak (argiztapena, indarra...).

##### 4.1.1. Tentsio altuko sistema

Tentsio altuko sisteman goian deskribatutako osagaiak barnean hartzen ditu, eta Konpainia Elektrikoaren eskutik TAko hornidura elektrikoak jasotzen badugu, hori energia elektrikoak kontsumo puntuetara eraman eta TB bihurtzeko arduraduna da, ostean kontsumitzaileen artean banatzeko helburuarekin.

Sisteman honakoak sartzen dira: lotunea, hargune lineak (airekoa edo lurrazpikoa), iristeko portikoa edo linearen amaierako dorreak, azpiestazioa eta/edo maniobra- eta banaketa-zentroa, transformazio zentroak, eta instalazioen barruan TAko banaketa egonez gero, banaketa-lineak (airekoak edo lurrazpikoak).

- Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51.
- Sentencia de 17 de febrero de 2004, de la Sala Tercera del Tribunal Supremo, por la que se anula el inciso 4.2.c.2 de la ITC-BT-03 anexa al Reglamento Electrotécnico de baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.
- Normas de Referencia indicadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

#### 4. SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El suministro de energía y su distribución constituyen uno de los equipamientos de seguridad en el túnel de suma importancia tanto en condiciones normales como de emergencia, ya que de él dependen sistemas también relacionados con la seguridad, como son la ventilación, iluminación, comunicaciones, televigilancia, DAI y conrainscendios, cuyo control depende de la operatividad del sistema eléctrico.

##### 4.1. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas comprenden las redes de alimentación eléctrica tanto en alta tensión como en baja tensión así como la distribución de ésta a consumidores como puntos de luz, ventilación, servicios e instalaciones del túnel, la puesta a tierra de la instalación y la implantación de los centros de transformación, líneas de distribución en AT, Cuadros de BT o centros de mando y medida, líneas de distribución en baja tensión. Todo ello se ajustará en su conjunto a lo dispuesto en los reglamentos aplicables en alta tensión, líneas y centrales eléctricas, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y las Instrucciones Técnicas Complementarias del mismo.

La instalación eléctrica objeto de la presente instrucción comprende todos los elementos desde el punto de enganche con la red eléctrica en alta tensión, en caso de tener el suministro en alta tensión, hasta el último consumidor en baja tensión. Al objeto de definir los elementos incluidos en cada parte se puede hacer la siguiente distribución de carácter general.

- Sistema de Alta tensión:
  - Punto de enganche con la Compañía Eléctrica.
  - Líneas acometidas de AT.
  - Punto de entrega de AT.
  - Subestación y/o centro de maniobra y reparto.
  - Centros de transformación.
  - Línea de reparto en AT.
- Sistema de Baja tensión:
  - Acometidas de BT (Desde centro de transformación o desde el contador de Compañía Eléctrica si el suministro es en BT).
  - Cuadros generales de baja tensión.
  - Cuadros secundarios de distribución de mando y control para alumbrado y fuerza.
  - Líneas de distribución (acometidas a cuadros y alimentación a consumidores).
  - Bandejas y canalizaciones de distribución.
  - Red de tierras de baja tensión.
  - Red de tierras equipotencial.
  - Consumidores eléctricos (alumbrado, fuerza...).

##### 4.1.1. Sistema de Alta Tensión

El sistema de alta tensión comprende los elementos descritos anteriormente y es, en el caso de recibir el suministro eléctrico en AT por parte de la Compañía Eléctrica, el encargado de transportar la energía eléctrica hasta los puntos de consumo y transformarla a BT para su distribución a consumidores.

Este sistema comprende: el punto de enganche, las líneas de acometida (aérea o subterránea), pórticos de llegada o torres final de línea, subestación y/o centro de maniobra y reparto, centros de transformación y además en el caso de existir una distribución en AT en el interior de las instalaciones las líneas de reparto (aéreas o subterráneas).

Halaber, hargune-lineen eta elikadura- edo banaketa-lineen arteko bereizketa egiten da. Izan ere, gehienetan linearen lotunea edo hargune-lineak eta linearen amaierako dorrea edo iristeko portikoa Konpainia Elektriakoaren titulartasunpekoak dira (titulartasun hori eta jarduketa hori Horniduraren Baldintza Teknikoen bidez definitzen da). Beraz, Konpainia Elektriakoaren izenean egindako txostena galdatzen da, bere arauketaren arabera betearazitakoa eta egindako instalazioa lagata behin hori legezkotuta. Linearen amaierako dorretik edo iristeko portikotik abiatutako instalazioa, hots, tentsio altuko linea, azpiestazioa edo maniobra- eta banaketa-zentroa eta transformazio zentroak, instalazioari dagozkionak, Bizkaiko Foru Aldundiaren izenean egindako proiektu ezberdina beharko dute.

Tentsio altuko sistema, beharrezkoak diren erredundantziak eta jabetza-mugak diseinatutako arkitekturaren eta Konpainia Elektriakoaren betekizunen ariora zehaztuko dira.

Tentsio Altuko sistema, aipatu dugun bezala, deskribatutako osagaiekin eratzen da:

#### 4.1.1.1. *Konpainia Elektriakoarekiko lotunea*

Konpainia Elektriakoaren sarearen gunea da eta gu sare horrekin konektatu ahal izango gara. Gune hori, Konpainia Elektriakoaren definitu behar duena, instalazioa abian jartzekoa izango da eta indarreko arauketaren arabera egin beharko da, Konpainia horretako baldintza teknikoak eta arauketa kontuan izanda.

Gune horretan, proiektuaren kalkuluak egiteko abiapuntua izango dena, horniduraren tentsioa, lurreko zirkuitulabur trifasiko eta monofasikoaren intentsitateak, gabeziak urruntzeko denborak eta berriro lotutako guneen kopurua, halakorik egonez gero.

#### 4.1.1.2. *Hargune linea*

Konpainiaren sarearekin lotzeko gunearen eta instalazioan jasotzeko gunearen arteko linea elektrikoa da.

Inguruabarrak direla eta, linea hori airekoa, lurrazpikoa edo bien nahasketa izan daiteke, eta indarreko arauketaren arabera egin beharko da, Konpainia horretako baldintza teknikoak eta arauketa kontuan izanda.

#### 4.1.1.3. *TA jasotzeko gunea*

Kasu horretan, Konpainia Elektriakoaren hornidura ematen digu eta ohi bezala instalazioen jabetza mugatzen du. Bada, muga hargune linea jasotzeko gunean zehazten da, eta hori Konpainiaren jabetza mugatzen duen konexio-puntua izango da.

Hargune linea airekoa bada (soila edo zirkuitu bikoitza), ohiak da lineara iristeko portikoa edo amaierako dorrea ezartzea, eta bertan lineak bereizteko osagaiak, tentsioen gaineko babesa, eta, hala denean, TAN neurtutako osagaiak (TT, TI, Kontadoreak...) eta/edo babes- eta kontrol-osagaiak kokatzen dira (etengailu automatiko motoridunak...). Ekipu horiek guztiak tunelaren kontrol-sistemaren barruan jaso beharko dira, dela seinaleztapenerako, dela ekipoen teleaginterako. Beraz, helburu hori erdiesteko beharrezkoak diren egoeren seinaleztapen-osagaiak (irekita, itxita, igorrita...), motorizazioak eta/edo komunikazioak jaso beharko dira.

Hargunea lurrazpian badago, beharbada hori goian aipatutako antzeko sistemarekin konektatu daiteke. Hortaz, ekipu berberak jaso beharko dira, edo, bestela, transformazio edo banaketa zentroaren sarrera-gela konpaktuan zuzenean konektatu daiteke. Sarreragelaren ekipamenduak bere egoerak eta/edo gabeziak adierazi ahal izango ditu. Hori dela eta, beharrezkoak diren osagarriak jaso beharko ditu.

#### 4.1.1.4. *Transformazio zentroak*

Ekipamendu honetan, konpainia elektrikitik jasotako tentsioa beharrezkoak diren tentsio mailetara egokitzen da, ohi bezala 400V trifasikoetara, tentsio baxuko koadroen eta lineen bidez kontsumitzaileen artean banatu dadin.

Se hace la distinción entre líneas de acometida y de alimentación o reparto ya que en la mayoría de los casos la titularidad final del punto de enganche de la línea o líneas de acometida y la torre final de línea o pórtico de llegada, suelen ser de la Compañía Eléctrica (esta titularidad y modo de actuación quedará definida en las Condiciones Técnicas de Suministro), por lo que normalmente se requiere un proyecto realizado a nombre de la Compañía Eléctrica, ejecutado según su normativa y cediendo la instalación realizada una vez legalizada. La instalación que parte de la torre final de línea o pórtico de llegada, es decir línea de alta tensión, subestación o centro de maniobra y reparto y centros de transformación pertenecientes a la instalación, precisarán un proyecto diferente realizado a nombre de la Diputación Foral de Bizkaia.

El sistema de alta tensión, las redundancias necesarias y los límites de propiedad se fijarán en función de la arquitectura diseñada y los requerimientos de la Compañía Eléctrica.

El sistema de Alta Tensión como hemos indicado se compone de los elementos que describimos:

#### 4.1.1.1. *Punto de enganche con la Compañía Eléctrica*

Es el punto de la red de la Compañía Eléctrica donde ésta nos dará conexión a su red, este punto, a definir por la Compañía Eléctrica, será el arranque de la instalación y deberá realizarse según la normativa vigente además del condicionado técnico y la normativa de dicha Compañía.

De este punto, que será punto de partida para los cálculos del proyecto, se ha de conocer, la tensión de suministro, las intensidades de cortocircuito trifásico y monofásico a tierra, los tiempos de despeje de faltas y el número de reenganches si los hubiera.

#### 4.1.1.2. *Línea de Acometida*

Es el tendido eléctrico comprendido entre el punto de enganche con la red de la Compañía y el de entrega en la instalación.

Esta línea dependiendo de las circunstancias podrá ser aérea, subterránea, o una combinación de ambas, y deberá realizarse según la normativa vigente además del condicionado técnico y la normativa de dicha Compañía.

#### 4.1.1.3. *Punto de entrega AT*

Este punto es donde la Compañía Eléctrica nos entrega el suministro y usualmente marca el límite de propiedad de las instalaciones, habitualmente el límite se establece en el punto de entrega de la línea de acometida, siendo este punto de conexión el límite de la propiedad de la Compañía.

En el caso de que la línea de acometida sea un línea aérea (simple o doble circuito) es habitual la colocación de un pórtico de llegada o torre final de línea, en donde se instalan los elementos de seccionamiento de las líneas, protección de sobre tensión y en su caso elementos de medida en AT (TT, TI., Contadores...) y/o elementos de protección y control (interruptores automáticos motorizados...). Todos estos equipos deberán ser integrados en el sistema de control del túnel, bien para simple señalización, o para telemando de los equipos, por lo que deberán incluir los elementos de señalización de estados (abierto, cerrado, disparado...), motorizaciones y/o comunicación necesarios para este fin.

El caso de acometida subterránea puede que esta se conecte en un sistema similar al anterior, por lo que se deberán prever los mismos equipos, o bien que se conecte directamente en una celda compacta de entrada de un centro de transformación o de reparto. El equipamiento de la celda de entrada, deberá poder señalar sus estados y/o faltas por lo que deberá incluir los accesorios necesarios.

#### 4.1.1.4. *Centros de transformación*

En este equipamiento se adapta la tensión proveniente del suministro de la compañía eléctrica a los niveles de tensión necesarios, usualmente 400V trifásico, para que por medio de los cuadros y líneas de baja tensión sea distribuido a los consumidores.

Proiektua eta diseinuaren ezaugarriak aintzat hartuta, zentro horien neutro erregimena ezarriko da. Izan ere, neutro erregimena zehazten bada, TBko diseinua behar bezala egin ahal izango da, bai eta babesak aukeratu, tentsio baxuko eroaleak eta lurreko sareak modu egokian banatzea ere.

Neutro erregimen bat edo beste aukeratuz gero, proiektuan hori behar bezala arrazoitu beharko da, aukera eta/edo abantailak eta desabantailak arrazoiz azalduta.

Proiektuan ondoko puntuak zehaztu beharko dira: tentsio altuko ekipoetako zirkuitulabur simetrikoaren eta pikoaren intentsitateak, tentsio baxuko transformadoreen eta koadro elektrikoen tentsio altu edo baxuko konexio-borneak, instalazioa modu egokian diseinatu ahal izateko.

Ekipamendua indarreko legeriaren eta Konpainia Elekrikoaren baldintza teknikoaren arabera eratu beharko da.

Zentro horiek orokorrean ondoko ekipoez osatuta daude:

- Linea sartzeko ekipoak.
- Lineak konmutatzeko ekipoak.
- Babes orokorreko ekipoa.
- Neurriak hartzeko ekipoak, beharrekoa izanez gero.
- TArteerak babesteko ekipoak (transformadoreak edo banaketa-lineak).
- Potentzia transformadoreak.
- TBko irteera kontrolatzeko Etengailu Automatikoa (beharrezkoa izanez gero).
- Erreaktiboa konpentsatzeko kondentsadorea.
- Argiztapena.
- Segurtasun-osagaiak.
- Lurreko sareak.

Transformazio zentroak zirkuitu simplea edo bikoitza duen linearen bidez elikatuta egon daitezke. Linea zirkuitu bikoitzekoa bada, konmutazio automatikoa duen ekipoa ezartzea aurreikusiko da, eta zirkuituetatik edozeinek huts egiten badu, sarrerako zirkuituen artean konmutazio automatikoa ahalbidetuko da, tentsioan mantentzen dena konektatu ahal izateko. Horrela, sarrerako bi zirkuituetatik edozeinek tentsioa duen heinean, zentroa elikatuta egongo da.

Linea sartu, irteera babestu edo neurtzeko ekipoek tunelak kontrolatzeko sistema barnean hartu beharko dute. Beraz, hori behar bezala integratzeko beharrezkoak diren ekipamenduak eskuragarri izan beharko dituzte. Hori dela eta, integrazio mailaren arabera galdatutako seinaleztapen, aginte eta/edo komunikazioetarako ekipo lagungarriak ezarriko dira.

Tunelaren barruan kokatutako transformazio zentroetan ezarritako potentziaren transformadoreak lehorrak izango dira, eta, tunelaren kanpo alderdian kokatutako transformazio zentroetan ezarritako potentziaren transformadoreak lehenespenez lehorrak izango dira, betiere proiektuan, hala denean, beste mota bateko transformadoreen aukeraketa justifikatuta, eta aukeraketa hori Bizkaiko Foru Aldundiak onetsi beharko du.

Transformadoreak gehiegizko zamaren, zirkuitulaburren, lurreko upelen etab.en aurka babestuta daude, batik bat, erdi mailako tentsioko edo tentsio altuko geletan kokatutako ekipoen bidez. Bada, babesen aukera justifikatuta egongo da proiektu bakoitzean, temperatura neurtzeko seinaleztapena eskuragarri izango dute, alarma eta desarra mailak adierazita, eta hori guztia tunelak kontrolatzeko sistemaren barruan jaso beharko da. Horrez gain, desarraren seinalea babes-gelara eramango da, eta, horrenbestez, babeserako etengailu automatikoaren irekiera eragingo du, transformadorea gehiegi berotzen denean (konexioa kentzeko temperatura).

Zenbait kasutan, eta TBko koadro orokorraren eta transformadorearen arteko distantzia dela medio, edo kokaleku ezberdinetan egoteagatik, horren irteeran etengailu automatikoa ezarriko da, hargunea koadro horretaraino babesteko. Halakorik gertatzen bada, ekipo egokia ezarri beharko da (tentsioa, zirkuitulaburraren intentsitatea...), eta horrek kontrol-sistemaren barruan jasotzeko beharrezkoak diren osagaiak izan beharko ditu, hala nola, seinaleztapen-osagarriak eta/edo agintea.

En proyecto y dependiendo de las características de diseño se fijará el régimen de neutro de dichos centros, la determinación del régimen de neutro permitirá el correcto diseño en BT y la correcta elección de protecciones, distribución de conductores y redes de tierra en baja tensión.

La elección de uno u otro régimen de neutro se deberán argumentar debidamente en el proyecto, justificando razonadamente su elección y/o ventajas e inconvenientes de la misma.

En el proyecto se deberán determinar las intensidades de cortocircuito simétrica y de pico en equipos de celdas de alta tensión, bornas de conexión de alta y baja tensión del o los transformadores y cuadros eléctricos de baja tensión para diseñar de forma correcta la instalación.

Este equipamiento deberá ser construido conforme a la normativa vigente y el condicionado técnico de la Compañía Eléctrica.

Estos centros están compuestos por los siguientes equipos generalmente:

- Equipos de entrada de línea.
- Equipos de conmutación de líneas.
- Equipo de protección general.
- Equipos de medida en caso necesario.
- Equipos de protección de salidas en AT (a transformadores o a líneas de reparto).
- Transformadores de potencia.
- Interruptor Automático de control de salida en BT. (si fuese necesario).
- Condensador de compensación de reactiva.
- Iluminación.
- Elementos de seguridad.
- Redes de tierra.

Los centros de transformación pueden ser alimentados por una línea de simple o doble circuito, en el caso de una línea de doble circuito, se preverá la instalación de un equipo de conmutación automática que en caso de fallo de uno de los circuitos permita la conmutación automática entre circuitos de entrada para conectar la que se mantenga en tensión, garantizando así que siempre que uno de los dos circuitos de entrada tenga tensión, el centro estará alimentado.

Los equipos de entrada de línea, protección de salida, medida se deberán poder integrar en el sistema de control de los túneles por lo que deberán disponer de los equipamientos necesarios para su correcta integración incluyendo así, los equipos auxiliares de señalización, mando y/o comunicaciones que se requieran según el nivel de integración.

Los transformadores de potencia que se instalen en los centros de transformación situados en el interior del túnel serán secos y en los centros de transformación situados en el exterior de los túneles serán preferentemente secos justificando en proyecto en su caso la elección de transformadores de otro tipo, siendo esta elección aprobada por la Diputación foral de Bizkaia.

Los transformadores estarán protegidos contra sobrecargas, cortocircuitos, cuba a tierra, etc. por equipos situados en las celdas de media/alta tensión, la elección de las protecciones será justificada en cada proyecto., dispondrán de señalización de temperatura indicando niveles de alarma y disparo, que deberán ser integrados en el sistema de control de túneles, la señal de disparo se llevará además a la celda de protección lo que provocará la apertura del interruptor automático de protección en caso de sobrecalentamiento (temperatura de desconexión) del transformador.

En algunas ocasiones y debido a la distancia entre el cuadro general de Bt y el transformador, o bien por estar en distinta estancia se colocará un interruptor automático a la salida de éste para proteger la acometida hasta dicho cuadro, en caso de ser así se deberá instalar un equipo adecuado (tensión, intensidad de cortocircuito...) que además disponga de los elementos necesarios para integrarlo en el sistema de control, accesorios de señalización y/o mando necesarios.



Ekipamendu horren diseinuan eta eraikuntzan arreta berezia jarri behar zaio, batik bat, lurreko sareen definizioari eta diseinuari dagokienez; neutroa, burdineriak eta tentsio baxua. Lurreko sareei begira hartutako konponbideak arrazoiz justifikatu beharko dira proiektuan, horien eskuragarritasuna, geometria, kokapena, kalkulu-parametroak eta itxarondako emaitzak zehatz-mehatz definituta, lursailaren eta hutsegite-baldintzen ezaugarriak aintzat hartuta.

Proiektuan neutro erregimena definituko da, babes elektrikoak behar bezala definitzeko.

Lurreko sareen diseinua eta eraketa oso garrantzitsua da tunele barruan kokatu beharreko zentroi dagokienez, batez ere, lursailaren konduktibitate eskasarengatik, bai eta horiek ezartzeko muga geometrikoengatik ere. Hori guztia dela eta, proiektua arreta handiz egingo da, eta lurreko sareak egiten diren bitartean hori behar bezala egiten dela egiaztatuko da, eta horien balioak (ohmioetan) egiaztatuko dira, baita pasoko tentsioak, kontaktua eta transferituak ere, halakorik egonez gero, instalazioak abian jarri aurretik.

Lurreko sare horiek bananduta neurtu ahal izango dira, balioak aldizka egiaztatzeko. Bada, balio horiek gutxienez urtero egiaztatu beharko dira mantentze-prozesuan eta berrikuspen bakoitzean zehatz-mehatz aztertu beharko dituzte kasuan-kasuan baimendutako kontrol-erakundeek.

#### 4.1.2. Tentsio baxuko sistema

Tentsio baxuko sistemak aurretik aipatutako zenbait osagai biltzen ditu, hau da, koadroan kokatutako etengailu automatiko orokorra transformadorearen alboan kokatutako Transformazio Zentroan ezarrita. Hain zuzen ere, egoera hori koadro orokorra transformadorearen kokapenez besteko batean edo distantzia nabarira kokatuta dagoenean gertatzen da.

Konpainia Elektrikoak tentsio altuko hornidura jasotzeko sistemaren jatorria kasuan kasuko transformadore zentroa izango da. Hala ere, hornidura tentsio baxuko bada, jatorria Konpainiak bere egokitzapen tekniko-ekonomikoan emandako lotunea izango litza-teke, aurreko kasuan gertatu den bezala, hau da, proiektuak guztia barnean hartu arren, ekipamenduen azken jabetza zati batean Konpainiari lagatzea, orokorrean, hargune linea.

Hona hemen sistemaren barruan sartzen dena: TBko hargunea, koadro orokorra, banaketa-lineak, agintearen eta kontrolaren bigarren mailako koadroak, lurreko sareen kanalizazioak, sare ekipotenziala eta kontsumidore elektrikoak.

Tentsio baxuko instalazioa diseinatu ahal izateko, beharrezkoa da horren neutro erregimenak definitzea, bai eta zirkuitulabur trifasiko eta pikoaren intentsitateak ere, puntu ezberdinetan (koadroak), hautespen-mugak, babes-tresna, enbarratuak eta gainerako ekipamendua, betiere instalazioa modu fidagarrian eta ziurrean erabiltzea ahalbidetzen badu.

Sisteman jarraian deskribatutako osagaiekin eratzten da.

##### 4.1.2.1. TBko hargunea

Tentsio baxuko energia emateko gunea eta koadro nagusiaren edo kasuan kasuko bigarren mailako aginte- eta kontrol-koadroa (TBko hornidura) bat egiten dituen puntua da. Tentsio altuko horniduren kasuan, transformazio zentro propioarekin batera, konexio-puntuak, transformadorearen bigarren mailako borneak edo kontrolaren etengailu-palak ditu, halakorik egonez gero, kasuan kasuko koadroaren sarreran kokatutako borneetara iritsi arte. Halaber, TBko horniduren kasuan, konexio-puntuaren eta ondore horretarako xedatutako babeserako kutxa orokorraren arteko linea biltzen da. Ildo beretik, banakako aldatetzat jo beharko da, araudian jasotako ITC-BT-12, 13 eta 14 jarraibideetan xedatutakoari helduta.

Tentsio-erortzeak kalkulatzeko, gure ustez, T Ako horniduretan hargune horren jatorria transformadorearen bornetan dago. Beraz, transformadorearen eta potentzia kontrolatzeko etengailuaren arteko linea-tartea jaso beharko da, halakorik egonez gero, eta horrez gain, gutxienez, 1,15eko potentzia kontuan izan behar da transformadorearen kasuan, bereziki, transformadorearen potentzia handitu daitekeen aukerak edo gehiegizko zamak aurreikusi ahal izateko.

En el diseño y construcción de este equipamiento se deberá prestar especial atención a la definición y diseño de las redes de tierra: neutro, herrajes y baja tensión. Las soluciones adoptadas para las redes de tierra se deberán justificar razonadamente en proyecto definiendo detalladamente su disposición, geometría, ubicación, parámetros de cálculo y resultados esperados, en función de las características del terreno y condiciones de falta.

En el proyecto se definirá el régimen de neutro para la correcta definición de las protecciones eléctricas.

El diseño y realización de las redes de tierra es especialmente importante en aquellos centros que se vayan a situar en el interior de los túneles, debido a la mala conductividad del terreno, así como por las limitaciones geométricas de implantación de las mismas, por todo ello se realizará con sumo detalle el proyecto, verificando su correcta ejecución durante la realización de las redes de tierra y comprobando los valores en ohmios de las mismas así como las tensiones de paso, contacto y transferidas si las hubiera antes de la puesta en marcha de las instalaciones.

Estas redes de tierra se deberán poder medir por separado para la comprobación periódica de sus valores, valores que deberán ser comprobados al menos anualmente en el mantenimiento y específicamente en cada revisión por parte de los organismos de control autorizados correspondientes.

#### 4.1.2. Sistema de baja tensión

El sistema de baja tensión comprende algunos de los elementos indicados anteriormente, es el caso del interruptor automático general colocado en cuadro a situar en el Centro de Transformación próximo al transformador, situación que se da cuando el cuadro general se encuentra en recinto diferente al que se encuentra el transformador o a una distancia apreciable del mismo.

El sistema en caso de recibir el suministro de la Compañía Eléctrica en alta tensión su origen será el centro de transformación correspondiente, si el suministro fuese en baja tensión el origen será el punto de enganche dado por la Compañía en su condicionado técnico-económico, ocurriendo como en el caso anterior que aunque el proyecto abarque todo, la propiedad final de los equipamientos sea en parte cedida a la Compañía, generalmente la línea de acometida.

El sistema comprende: la acometida de BT, el cuadro general, las líneas de distribución, los cuadros secundarios de mando y control, canalizaciones redes de tierra, red equipotencial y consumidores eléctricos.

Para el diseño de la instalación de baja tensión es preciso definir el régimen de neutros de la misma así como las intensidades de cortocircuito trifásico simétrico y de pico, en los diversos puntos (cuadros), límites de selectividad de forma que se pueda definir la aparatada de protección, embarrados y demás equipamiento que permita el funcionamiento de la instalación de una forma fiable y segura.

El sistema se compone de los elementos que a continuación describimos.

##### 4.1.2.1. Acometida de BT

Es la línea de unión ente el punto de entrega de energía en baja tensión hasta el cuadro principal, o secundario de mando y control correspondiente (suministro en BT). En el caso de suministros en alta tensión, con centro de transformación propio incluye desde el punto de conexión, bornas del secundario del transformador o palas del interruptor de control si lo hubiera, hasta las bornas de entrada del cuadro correspondiente. En el caso de suministros en BT se incluye la línea entre el punto de conexión y la caja general de protección dispuesta a tal efecto, en este sentido se deberá tratar como una derivación individual según lo dispuesto en el reglamento en las instrucciones ITC-BT-12, 13 y 14.

Para los cálculos de caída de tensión consideraremos en los suministros en AT que el origen de esta acometida está en las bornas del transformador, por lo que se deberá incluir el tramo de línea entre el transformador y el interruptor de control de potencia, si lo hubiera y además considerar por lo menos una potencias de 1,15 la del transformador, para prever posibles ampliaciones de potencia del transformador o sobrecargas del mismo.

TBko harguneei dagokienez, ITC-BT-14 jarraibidean ezarritakoa beteko da. Bada, zamen balantzeak duen potentzia baino 1,25 potentzia gehiago hartuko da etorkizuneko handitzeak aurreikusi ahal izateko. Kontsumidoreak gainditzen dituzten luzera duten banaketa-lineak aurkezten direnean, kablearen erreaktantzia aintzat hartuko da, funtzionamenduaren tenperaturara zuzendutako erresistentziak gain.

#### 4.1.2.2. *Tentsio Baxuko koadro orokorrak eta bigarren mailako aginte- eta kontrol-koadroak*

Tentsio baxuko koadro orokorrak sare elektrikoaren TBko elikadura jasotzen du, bai transformazio zentrotik bai sare elektrikoaren TBko hornidura-puntutik.

Koadro horren bidez, energia elektrikoa bigarren mailako koadroetara eta koadro horretan zuzenean konektatutako kontsumidoreetara banatzen da. Bigarren mailako koadroen eta kontsumidoreen elikadura koadro horretara konektatutako harguneei eta elikadura-lineen bitartez egiten da.

Kontrola eta neurketa banatzeko bigarren mailako koadroek kontsumidoreak elikatzen dituzte, edo, aldi berean, bigarren mailako bestelako koadroak.

Koadro horien xedea energia banatzea, pertsonen hutsegite elektrikoaren aurrean babesa ematea, kontsumidoreetako bestelako koadroen eta banaketa-lineen harguneei babestea, betiere horien mendeak, bai eta kontrol-sistema seinalezatatu, kontrolatu eta agintzeko beharrezkotzat jotako automatizazio- eta kontrol-ekipoak jasotzea ere.

Koadro horien diseinu eta dimentsionaltasun egokian instalazio elektrikoaren exekuzioa faktore gakoa da. Jarraibide tekniko horretan proiektuan islatu beharreko parametro batzuk ageri dira, horiek behar bezala jarduteko.

Koadroen diseinuan garrantzia duten faktoreen artean, horietako bakoitzaren gain eragina izango duten zirkuitulaburreko intentsitateen zehaztapena izango da. Transformazio zentroan eskuratzen diren zirkuitulaburreko potentziak eta intentsitateak abiapuntu hartuta, edo TBko sarearekiko lotunean jasotakoak.

Balio hori oinarri hartuta, proiektuan puntu bakoitzean balioak zehaztu behar dira, eta instalazioaren koadro bakoitzari atxikitako zirkuitulaburreko intentsitatea arrazoiz justifikatu behar da.

Ikuspegi elektrikoetik eta aurrekoa gorabehera, diseinuaren inguruko gida-lerroak eskaini dira, instalatu beharreko sistemen helburua pertsonen segurtasuna eta ekipoen babesa dela kontuan izanda:

- Aukeratutako tresnak proiektuan koadro bakoitzerako eskariaren eta zirkuitulaburreko intentsitateen aurrean erantzungo du.
- Pertsonen babes egokia bermatzeko, babesen kalkulua proiektuan justifikatu beharko da.
- Tresnaren mozte-ahalmenak jaisteko ekipoen taldeetara eta/edo filiazioetara jotzen bada, proiektuan ekipoak babestuta geratzen direla egiaztatu beharko da, tresnak esfortzu teknikoak eta zirkuitulaburreko esfortzuak erantzuten dituela, eta erdietsitako bereizketa behar bestekoa dela. Filiazioaren aplikazioa babes-sistema gisa proiektuan egiaztatu beharko da.
- Funtsezko zirkuituetan eta/edo larrialdietako zirkuituetan maila bereko ekipoetako hutsegiteak eraginik ez izatea bermatu behar da. Beraz, komenigarria izango da zirkuitu horiei begira babesgarri diferentzial eta magnetotermiko independenteak ezartzea.
- Ekipamendu elektronikorako babesgarri diferentzialak super inmunizatu motakoak izango dira.
- Tresnaren osagai guztiek egoeren seinaleztapenerako eta motorizaziorako (ezinbestekoa bada) beharrezkoak diren osagai guztiak eramango dituzte.

Koadro elektrikoak helburu horretarako xedatutako areto teknikoak ezarriko dira. Instalazioa ingurune ezberdinetan, aurrefabrikatutako eraikinetan, fabrikako obretan, tunelen barruko galerietan, tunelaren hodian edo kanpoan egin beharko da.

En el caso de las acometidas en BT se considerará lo indicado en la instrucción ITC-BT- 14. Se considerará una potencia de 1,25 veces la del balance de cargas para prever futuras ampliaciones. Cuando se presenten líneas de reparto de longitud elevada a los consumidores se tendrá en cuenta la reactancia del cable además de la resistencia corregida a la temperatura de funcionamiento.

#### 4.1.2.2. *Cuadros generales de baja tensión y Secundarios de distribución de mando y control*

El cuadro general de baja tensión recibe la alimentación de BT de la red eléctrica, bien desde el centro de transformación o desde el punto de suministro de BT de la red eléctrica.

Este cuadro se encarga de la distribución de la energía eléctrica hacia los cuadros secundarios y a los consumidores que se encuentren conectadas directamente en este cuadro. La alimentación a cuadros secundarios y consumidores se realiza por las acometidas y líneas de alimentación que se conectan en este cuadro.

Los cuadros secundarios de distribución control y medida alimentan a consumidores o a su vez a otros cuadros secundarios.

Estos cuadro tienen como misión la de realizar el reparto de la energía, la protección de las personas frente a fallos eléctricos, la protección de las acometidas a otros cuadros y líneas de reparto a los consumidores, protección de los consumidores, que de ellos dependen, así como de alojar los equipos de automatización y control que se consideren necesarios para la señalización, control y mando parte del sistema de control.

El correcto diseño y dimensionamiento de estos cuadros es uno de los factores clave la ejecución de la instalación eléctrica, en esta instrucción técnica se fijan una serie de parámetros que se deben reflejar en el proyecto para asegurar el correcto diseño de los mismos.

Uno de los factores importantes en el diseño de los cuadros es la determinación de las intensidades de cortocircuito que afectarán a cada uno de ellos. Partiendo de las potencias e intensidades de cortocircuito que se obtienen en el centro de transformación, o bien las del punto de enganche a la red de BT.

Partiendo de este valor, en el proyecto se deberán indicar los valores en cada punto y justificar razonadamente la intensidad de cortocircuito que se asigna a cada cuadro de la instalación.

Desde el punto de vista eléctrico y partiendo de lo anterior, se dan unas directrices de diseño, teniendo en cuenta que el objetivo de los sistemas a instalar es la seguridad de las personas y la protección de los equipos:

- La apartamentada elegida corresponderá a las intensidades de demanda y de cortocircuito determinadas para cada cuadro en el proyecto.
- Para garantizar la correcta protección de personas el cálculo de protecciones se deberá justificar en el proyecto.
- En caso de recurrir a agrupaciones y/o filiaziones de equipos para rebajar los poderes de corte de la apartamentada se deberá garantizar y justificar en el proyecto que los equipos quedan protegidos, que la apartamentada responde a las solicitudes térmicas y de cortocircuito y que la selectividad conseguida es suficiente. La aplicación de filiazión como sistema de protección deberá justificada en proyecto.
- Para los circuitos esenciales y/o de emergencia se deberá garantizar que el fallo en otro equipo de su nivel no le afecte por lo que será conveniente para estos circuitos la instalación de protecciones diferenciales y magnetotérmicas independientes.
- Las protecciones diferenciales para equipamiento electrónico serán del tipo súper inmunizado.
- Todos los elementos de la apartamentada llevaran, o podrán llevar incorporado los elementos necesarios para la señalización de sus estados y su motorización si fuese preciso.

Los cuadros eléctricos se instalarán en salas técnicas dispuestas a este fin, se habrá de prever la instalación en diferentes entornos, edificios prefabricados, obras de fábrica, galerías en el interior de los túneles, en el tubo del túnel o en el exterior.

Eraikuntzaren ikuspegitik, koadro elektrikoek eraikuntza-betekizunean erantzun behar die, horien kalitatea eta egokitzapen funtzionala nahiz instalazio-egokitzapena bermatu ahal izateko:

- Areto elektrikoaren barruan kokatutako koadro elektrikoek gutxienez IP42 IK 10 babes maila izango dute, eta kanpoan kokatutakoek, aldiz, IP55 IK 10 babes maila. Koadroen fabrikatzaileak, diseinuaren estankotasuna aintzat hartuta, koadroa osatzen duten tresnen, enbarratuen, kableen eta abarren intentsitatea adierazi behar den edo adierazi behar ez den erabakiko du, koefiziente zehatza aipatuta (1 baino baxuagoa).
  - Kableak koadroetan beti beheko aldetik sartuko dira, IP maila errespetatuz. Halaber, areto teknikoetan kokatutako koadroetan helburu horretarako plakak dituen koadroaren oinarria erabiliko da. Kanpoko aldeko koadroetan, beheko aldetik egingo da eta IP mailari eustea ahalbidetzen duten osagaiak kokatuko dira (pasa kableak, prentsaestopak...). Debeekatuta dago kablearen koadroaren goiko aldetik edo albotik sartzea.
  - Modulu bat baino gehiagoko koadroek 100 Mm-ko zokaloa (bankada) dute, altzairu galvanizatuarekin egindakoa. Zokalo (bankada) hori koadroaren eraikuntza-fasean kokatutako da, behar bezala nibelatuta egongo dena, eta horri zorrotasuna emateko baliagarria izango da, koadroan tentsio mekanikoak saihestuz, batik bat, zokaloak eta ainguraketak gaizki kokatzeagatik. Lurzoru faltsua dagoen areto teknikoetan koadroaren altuera lurzoru faltsura egokitzeko hankak ezarriko dira. Zokalo horiek lurzorian irimo kokatuko dira.
  - Koadroek ateak (gardenak edo ilunak) izango dituzte, babes- eta maniobra-osagaiak ate horien atzean geratzeko, maniobretan istripuak gerta ez daitezen. Ate horiek ez jartzeko arrazoia proiektuan egiaztatu beharko da.
  - Ateetan ekipo ezberdinak (bertako kontrola, urrunekoa, semaforoak, hesiak, haizegailuak abian jartzeko seinaleztapen- eta aginte-botoiak kokatu ahal izango dira. Ekipo horien kokapenak ez du asaldatu behar koadroaren IP.
  - Kable guztien konexioa koadroaren beheko aldean kokatutako interkonexioko borneetan egingo da, betiere babes-ekipoetara zuzeneko konexioa debeekatuta. Sekzioa eta /edo kable-kopurua dela-eta egin ezin badaiteke, konexio-pletinak ezarriko dira hori elikatzen duen ekipora zurrun lotuta.
  - Eremuko kableak konektatzeko kokatu diren konexio-borneak jasotzen dituzten kablara egokitutako tamainarekin definituko dira. Debeekatuta dago kablearen sekzioa murriztea interkonexio puntuan.
  - Borneak koadroaren beheko aldean kokatuko dira, segurtasunez eta erosotasunez maneiatzeko behar besteko esparruarekin. Borneen kokapena aldatu nahi izanez gero, hori proiektuan justifikatu beharko da.
  - Kableak koadroaren sarreran zehaztu beharko dira, borneen mugimenduen igorpena eta tentsio mekanikoak saihesteko, eta horra iristean sel kablearen buruan identifikatuko dira, eta hori estalki termorretraktilekin babestuko da. Hala, bena bakoitzean identifikatuko da ferrularen bidez. (puntu honetan agiri honen beste atal batean definitutako sistema erabiltzea gomendatzen da).
  - Koadroaren enbarratuak faseen arabera kolore ezberdinekin margoztuko dira (berdea R faserako, horia S faserako, marroia T faserako eta urdina neutrorako). Faseen seinaleztapen hori instalazio osoan erabiliko da. Ez dira onartuko faseak bereizteko koloretako termorretraktilekin estalitako enbarratuak.
- Desde el punto de vista constructivo los cuadros eléctricos deben responder a una serie de requerimientos constructivos que se fijan para garantizar la calidad de estos y su idoneidad funcional y de instalación:
- Los cuadros eléctricos instalados en interior de salas eléctricas tendrán un grado de protección al menos de IP42 IK 10 los situados en exterior tendrán un grado de protección como mínimo de IP55 IK 10. El fabricante de los cuadros en función de la estanqueidad de diseño justificará la necesidad o no de decalar la Intensidad del aparellaje, embarrados, cables etc. que conforman el cuadro, indicando el coeficiente preciso (inferior a 1).
  - Las entradas de los cables a los cuadros se realizará siempre por la parte inferior, de tal forma que se respete el grado IP, en los cuadros situados en salas técnicas se hará por base del cuadro que dispondrá de las placas necesarias para este fin. En cuadros en el exterior se hará por la parte inferior y se colocarán además elementos que permitan mantener el grado de IP (Pasa cables, prentsaestopas...). No se permitirán entradas de cables por la parte superior y/o lateral del cuadro.
  - Los cuadros de más de un módulo dispondrán de un zócalo (bancada) de 100 Mm. realizado en acero galvanizado. Este zócalo (bancada) se colocará durante la construcción del cuadro perfectamente nivelado y servirá para dar rigidez a éste, evitando tensiones mecánicas en el cuadro por un mal asiento de los zócalos y anclajes. En las salas técnicas donde haya falso suelo se completará además con unas patas para adaptar la altura del cuadro a la del falso suelo. Estos zócalos se fijarán rígidamente al suelo en ambos casos.
  - Los cuadros dispondrán de puertas (transparentes u opacas) de tal forma que los elementos de protección y maniobra queden tras estas puertas evitando maniobras accidentales. La no disposición de estas puertas deberá quedar justificado en el proyecto.
  - En las puertas se podrá colocar pulsaterías de señalización y mando para la activación de los diversos equipos (control local, remoto, semáforos, barreras, ventiladores, etc.). La colocación de estos equipos no debe alterar el IP del cuadro.
  - La conexión de todos los cables se realizará en bornes de interconexión en la parte baja del cuadro. No admitiéndose la conexión directa a los equipos de protección. En aquellos que por su sección y/o número de cables no se pueda realizar se colocarán pletinas de conexión unidas rígidamente al equipo que alimenta.
  - Las bornas de conexión colocadas para la conexión de los cables de campo se definirán de tamaño adecuado al cable que reciban. No se permitirá la reducción de la sección del cable en el punto de interconexión.
  - Las bornas se situarán en la parte baja del cuadro con suficiente espacio para su correcta manipulación con seguridad y comodidad. La colocación de los borneros en otra posición deberá ser debidamente justificada.
  - Los cables se fijarán en la entrada del cuadro para evitar transmitir movimientos y tensiones mecánicas a las bornas y se identificarán a la llegada al mismo en la cabeza sel cable, que se protegerá con una funda termorretráctil, donde se identificará y en cada vena por medio de un ferrul. (Se sugiere para este punto utilizar el sistema que se define en otro apartado de este documento).
  - Los embarrados de los cuadros se pintarán con diferentes colores por fase (verde para la fase R, amarillo para la fase S, marrón para la fase T y azul para el neutro), esta señalización de las fases se mantendrá en toda la instalación. No se admitirán embarrados forrados con termorretráctil de colores para diferenciar las fases.

- Enbarratuak eta alderdi aktibo guztiak metakrilatoekin behar bezala babestuta egongo dira, mantentze-prozesuan (ekipoen konexioa, matxuratutako ekipoen aldaketa, etab.), horiek eskuratzeko aukerarik izan gabe, istripuak saihesteko.
- Koadroen barruko kableatuak H07Z-K motakoak izango dira, kobrezkoak, sugarra eta sua zabaltzen ez duena, halogenorik gabe, gas toxikoen igorpen murriztarekin, ke ilunen igorpen baxuarekin eta gas korrosiboen igorpen oso baxuarekin.
- Banaketa-koadro orokorrek 4b konpartimentazioa izango dute, bestelako konpartimentazioaren egokitzapena proiektuan justifikatu beharko da.
- Koadroan jasotako interkonexioko osagai eta kableak (tresnak, seinaleztapen-osagaiak, lanabesak, eragingailuak, etab.) 4.9 «Kableak eta ekipo elektrikoak identifikatzeko sistema» atalean adierazitako irizpideen arabera identifikatuko dira.
- Los embarrados y todas las partes activas estarán debidamente protegidas con metacrilatos de tal forma que durante las labores de mantenimiento (conexión de equipos, cambio de equipos averiados, etc.) no sean accesibles evitando los contactos accidentales.
- Los cableados interiores de los cuadros serán del tipo H07Z-K. de cobre, no propagador de la llama y del incendio, libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos, baja emisión de humos opacos y muy baja emisión de gases corrosivos.
- Los cuadros generales de distribución tendrán una compartimentación 4b, la adopción de otra compartimentación deberá ser justificada en proyecto.
- Todos los elementos y cables de interconexión entre elementos de cuadro (aparellaje, elementos de señalización, instrumentos, dispositivos de accionamiento, etc.) irán identificados según los criterios indicados en el punto 4.9 «Sistema de identificación de cables y equipos eléctricos».

#### 4.1.2.3. Banaketa lineak

Transformadoreen bigarren mailako koadroen eta koadroetako etengailu nagusien arteko konexioak IP54 kanalizazio elektriko blindatuekin egingo dira, gutxienez suaren aurka 90 minutuko erresistentziarekin, edo arratoien aurkako kable gogorak eta SZ1-K motako 842 C°-ko suaren aurka 90 minutuko erresistentziarekin. Kable-mota hori areto teknikoaren barruan kokatutako indarraren eta argiztapenaren funtsezko ekipoak elikatzeke sistemetan erabiliko da, eta kontrolerako zirkuituaren tentsioa egokitutako isolamendukableak aukeratuko dira.

Indarra banatzeko lineak, tunelaren barruan ezarritako argiztapena, elikatzen dituzten ekipoen edo zerbitzuen arabera bereiziko dira. Bada, funtsezko ekipoen eta zerbitzuen aburuz, SZ1-K motako suaren aurkako kable erresistentziak izango dira, beharrezkoak diren babes osagarriekin, eta gainerakoetan, RZ1-K. Hodien barruan edo lurperatuta dauden kanalizazioetan prestatutako kableek babesgarriak eramango dituzte, batik bat, uretan murgilduta daudenean funtzionamenduan aritzeko.

Halaber, 100 V baino baxuagoko tentsioaren funtsezko kontrol-kableak eta zerbitzu-seinaleak SOZ1-K (AS) motakoak izango dira, 842°C-ko suteak 90 minutu jasateko erresistentziarekin. Gainerakoak RC4Z1-K motakoak izango dira, beharrezkoak diren babeseekin eta pantailekin, horien erabilera aintzat hartuta.

#### 4.1.2.4. Ontziak eta kanalizazioak

Tunelako kanalizazioak lurperatu ahal izango dira, hormigoizko dadoetan sartuta, gehienez ere 40 metroko tartea duten arketekin, edo soluzioa justifikatuta tarte hori ezarritakoa baino handiagoa denean. Arketek estalki itxiak izango dituzte. Proiektuetan hormigoizko dadoekin definituta geratuko dira, kanalizatutako hodi eta zirkuituekin eta horien diametroekin, bai eta arketekin ere, traza-kanal zehar. Hodien barruko diametroak justifikatu beharko dira, bertan jasoko den kable-kopurua aintzat hartuta.

Tunelaren barruan, ontzien xedea kontuan izanda, hots, kableak bakarrik jaso behar badituzte eta kalte mekanikoen mende ez badaude, orduan plastikozkoak izango dira, halogenorik eta gas toxiko nahiz korrosiborik gabe, ezta suteen eta sugarraren zabaltzailerik gabe ere, euskarrria eta muntaketa-osagarriak bezala. Ontziak kalte mekanikoen mende daudenean edo kableen kanalizazioa zuzentzeaz gain, luminarien euskarrria eta eratorpen-kutxetara ere zuzentzen badira, orduan metalezkoak izango dira, sutan murgildu ostean galbanizatuta, behin horiek eraikita, erabilitako osagarri, burdineria eta torloju guztiak gertatu den bezala. Gainera gutxieneko lodiera 1,5 mm-koa izango da.

Goitik beherakoetan, ontziak metalezkoak izango dira, sutan murgildu eta ostean galbanizatuta, horiek fabrikatu ostean.

#### 4.1.2.3. Líneas de distribución

Preferentemente las conexiones de los secundarios de los transformadores con los interruptores generales de los cuadros serán realizadas con canalizaciones eléctricas blindadas IP54 con una resistencia al fuego de 90 minutos como mínimo o cables resistentes a la acción de los roedores y al incendio 842 °C 90 minutos tipo SZ1-K, este tipo de cable se utilizará igualmente en las alimentaciones a los equipos esenciales de fuerza y alumbrado en el interior de las salas técnicas. , para el control se elegirán cables de aislamiento adecuado a la tensión de los circuitos.

Las líneas de distribución de fuerza, alumbrado en el interior del túnel se diferenciarán en función de los equipos o servicios que alimentan, para los equipos o servicios esenciales serán cables resistentes al incendio del tipo SZ1-K con las protecciones complementarias que precisen y RZ1-K para el resto. Los cables que vayan en canalizaciones entubadas o enterradas llevarán protecciones que permitan su funcionamiento en situación de sumergidos en agua.

Los cables de control y señales de servicios esenciales de tensión inferior a 110 V, serán del tipo SOZ1-K (AS) resistentes al incendio 842°C 90 minutos, para el resto serán del tipo RC4Z1-K llevando las protecciones necesarias y pantallas que precisen según su utilización.

#### 4.1.2.4. Bandejas y canalizaciones.

Las canalizaciones en los túneles podrán ser enterradas, en tubos embebidos en dados de hormigón con arquetas con una interdistancia máxima de 40 metros o justificando la solución adoptada cuando la interdistancia sea mayor. Las arquetas llevarán tapas estancas. En los proyectos quedarán definidos los dados de hormigón con los tubos y circuitos que canalizan y diámetros de los mismos así como las arquetas con su situación a lo largo de la traza. Se deberá justificar los diámetros interiores de los tubos en función de los cables que vaya a albergar.

En el interior del túnel según la finalidad a la que se destinen las bandejas, es decir si sólo se destinan a soportar cables y no están sujetas a daños mecánicos podrán ser de material plástico ausente de halógenos y gases tóxicos y corrosivos no propagadores del incendio y de la llama al igual que sus soportes y accesorios de montaje. Cuando las bandejas puedan estar sujetas a daños mecánicos o se destinen además de la canalización de los cables al soportado de luminarias y cajas de derivación serán metálicas galvanizadas al fuego por inmersión después de construidas al igual que todos los accesorios, herrajes y tornillería utilizada, el espesor mínimo a utilizar será de 1,5 mm.

En las verticales las bandejas quedarán protegidas con tapas metálicas galvanizadas al fuego por inmersión después de fabricadas.

#### 4.1.2.5. *Lurreko sareak*

Tunelean transformazio zentroa edo zentroak daudenean, lurreko sareen kalkulua Konpainia Elektrikoak eskainitako horniduraren baldintza teknikoak oinarri hartuta egingo da, bereziki, lurreko gabezia monofasikoaren intentsitatea, hori urruntzeko denbora eta berriro lotzeko kopurua eta transformazio zentroa eta lurreko sareak ezarritako lursail-motaren ikerketa-kopurua. Proiektugileak lurreko hutsegite-motak eta instalazioan dauden tentsio maila ezberdinen gehieneko intentsitateak kontuan izan beharko ditu, balio galgarriena aintzat hartuta.

Lursail-motaren ikerketa egiteko, transformazio zentroa ezarriko den puntuan egindako zundaketak kontuan izango dira, eta behin transformazio zentroa kokatzeko hondeaketa eginda, Wenner sistemaren bidez lurraren erresistentzia neurtuko da, lurreko sareak berriro kalkulatu, hori beharrezkoa izanez gero.

Lurreko sareen kalkulua egiteko, Tentsio Altuko eta Baxuko araudi elektrotknikoak aplikatuko dira, bereziki, MIE-RAT 13: Lurreko Instalazioak (Tentsio Altuko Araudi Elektrotknikoa), eta ITC-BT 18 Lurreko Instalazioak eta ITC-BT 24 Zuzeneko edo Zeharkako Kontaktuen Aurka Babesteko barruko instalazioak edo instalazio jasozailak (Tentsio Baxuko Araudi Elektrotknikoa).

Gisa berean, kalkulua egiteko praktikaren bidez zehapena jaso duten metodoak aplikatuko dira, hala nola, IEEE 80-2000 eta Hirugarren Kategoriako Sareetara konektatutako Transformazio Zentroetarako Lurreko Instalazioen Kalkulu Metodoa eta Proiektua, betiere horiek aplikagarriak direnean.

Transformazio zentrorik ez dagoen instalazioetan, lurreko sarea proiektatu eta Tentsio Baxuko Araudi elektrotknikoaren arabera kalkulatu du, bereziki, goian aipatutako ITC-BT 18 eta ITC-BT 24.

#### 4.1.2.6. *Transformazio zentroetan erabakitako neutro erregimenak*

Neutroa lurrarekin konektatzeko aukerak, mantentze-erraztasunak, galdatutako fidagarritasuna eta neutroa lurrarekin konektatzean sortzen diren abantailak eta desabantailak direla bide, instalazioaren neutro erregimena aukeratuko da.

Edozein erdi mailako tentsio sistema trifasikoan edo tentsio baxukoan fase bakoitzaren eta «neutro» gisa ezagututako puntu erki-dearen artean hiru tentsio simple daude. Egia esan, neutroa izar itxurarekin konektatutako hiru harildutakoen puntu erkidea da. Neutroa lurrean ezarri daiteke, dela zuzenean dela erresistentziaren edo erre-aktantziaren bitartez, edo neutroa lurrean ezarri gabe utzi daiteke (neutro isolatua). Hautatutako aukerak instalazioaren neutro-erregimena zehaztuko du.

Instalazioan, lurrean ezarritako sistema oso garrantzitsua da. Isolamendua gertatzen denean edo fasea lurrean ezustean kokatzen bada, gabeziaren korroneak hartzen dituzten balioak, kontaktutentsioak eta gaintentsioak neutro-erregimenarekin zuzenean lotuta daude.

Lurrean zuzenean ezarritako neutroaren sistemak gaintentsioak sendo mugatzen ditu, baina korrone handiak eragiten ditu, neutro isolatuak gabeziaren korroneak mugatzen dituen bitartean, balio oso baxuekin. Hala ere, gaintentsioen balio oso altuak agerraraztea ahalbidetzen du.

Instalazio bakoitzaren proiektuan arreta berezia jarriko zaio Transformazio Zentro bakoitzean lurrarekin konektatutako transformadoreen neutroari, tunelaren barruko banaketan potentzial arriskuak ez transferitzeko xedearekin. Neutroa burdinerietatik banantzen dela ulertuko da baldin eta ondoko formularen bidez lur independenteen artean gutxieneko distantziaren irizpideak kontuan izaten badira:  $D \geq (I_d \times \rho) \div (2 \times \Pi U)$ .

Gisa berean, proiektua egiteko, betiere instalazioen fidagarritasuna eta horien mantentzea errazagoa izateko ikuspuntutik, jarrian azaldutako konfigurazioetatik zein egokitu den modu egokian:

#### 4.1.2.5. *Redes de tierra*

Cuando el túnel dispone de centro o centros de transformación el cálculo de las redes de tierra se realizará partiendo de las condiciones técnicas de suministro facilitadas por la Compañía Eléctrica en concreto de la Intensidad de falta monofásica a tierra, tiempo de despeje de la misma y número de reenganques y de la investigación del tipo de terreno donde se implanta el centro o centros de transformación y redes de tierra. El proyectista deberá tener en cuenta los posibles tipos de defecto a tierra y las intensidades máximas en los distintos niveles de tensiones existentes en la instalación, tomando el valor más desfavorable.

Para la investigación del tipo de terreno se tendrá en cuenta los sondeos geológicos realizados en los puntos donde se vaya a implantar el o los centros de transformación y una vez realizada la excavación para la construcción del o de los centros de transformación se realizará mediciones de la resistividad aparente del terreno por el método Wenner, recalculando nuevamente las redes de tierra si fuera necesario.

Para el cálculo de las redes de tierra se aplicarán los reglamentos electrotécnicos de Alta y Baja Tensión y en concreto la MIE-RAT 13: Instalaciones de Puesta a Tierra ((Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión) y las ITC-BT 18 Instalaciones de Puesta a tierra e ITC-BT 24 Instalaciones Interiores o Receptoras Protección Contra los Contactos Directos e Indirectos (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión).

Igualmente se aplicarán métodos sancionados por la práctica para el cálculo como la IEEE 80-2000 y el Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a Redes de Tercera Categoría cuando, sean de aplicación.

En instalaciones en las que no exista centro de transformación la red de tierra se proyectará y calculará de acuerdo con el Reglamento electrotécnico de Baja Tensión y en concreto las ITC-BT 18 e ITC-BT 24 indicadas anteriormente.

#### 4.1.2.6. *Regímenes de neutro adoptado en los centros de transformación*

En función de las posibilidades de conexión del neutro a tierra de la facilidad de mantenimiento, de la fiabilidad requerida y de las ventajas e inconveniente que presente la conexión del neutro a tierra, se elegirá el régimen de neutro de la instalación.

En cualquier sistema trifásico de media o baja tensión existen tres tensiones simples referidas entre cada fase y un punto común llamado «neutro». En realidad, el neutro es el punto común de tres devanados conectados en estrella. El neutro puede ser puesto a tierra, bien directamente o bien a través de una resistencia o una reactancia, o dejar el neutro sin poner a tierra (neutro aislado). La opción escogida determinará el régimen de neutro de la instalación.

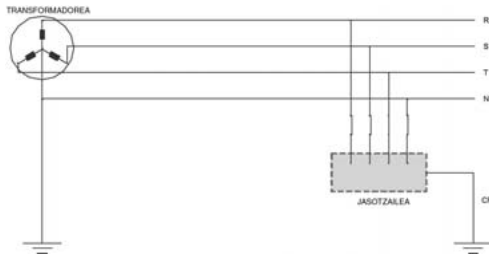
En una instalación, el sistema de puesta a tierra juega un papel muy importante. Cuando ocurre una falta de aislamiento o una fase se pone a tierra accidentalmente, los valores que toman las corrientes de falta, las tensiones de contacto y las sobretensiones están directamente relacionadas con el régimen de neutro.

Un sistema con neutro directamente puesto a tierra limita fuertemente las sobretensiones pero produce unas corrientes muy elevadas, mientras que un neutro aislado limita las corrientes de falta a valores muy reducidos pero facilita la aparición de valores de sobretensiones muy elevados.

En el Proyecto de cada instalación se prestará especial atención a la conexión a tierra del neutro de los transformadores en cada Centro de Transformación, con objeto de no transferir potenciales peligrosos en la distribución interior del túnel. Se considerará la separación de las tierras de neutro de las de herrajes, siempre manteniendo los criterios de distancia mínima entre tierras independientes fijados por la fórmula:  $D \geq (I_d \times \rho) \div (2 \times \Pi U)$ .

Asimismo, para la elaboración del proyecto se estudiará, siempre desde el punto de vista de mayor fiabilidad y de facilidad en el mantenimiento de las instalaciones, cuál de las siguientes configuraciones se adaptará mejor en las instalaciones.

- TT erregimena: TT eskemak elikadura-puntua du, orokorrean neutroa edo konpentsadorea, lurrari zuzenean konektatuta. Instalazio jasotzailearen masak elikaduraren lur-hargunetik banandutako lur-hargunera konektatuta daude.



- TN erregimena: TN eskemak elikadura-puntua du, orokorrean neutroa edo konpentsadorea, lurrari zuzenean konektatuta eta instalazio jasotzailearen masak puntu horretara konektatuta babes-eroaleen bidez. Bi TN eskema bereizten dira, eroale neutroaren eta babes-eroalearekin zerikusia duen osagaia kontuan izanda:

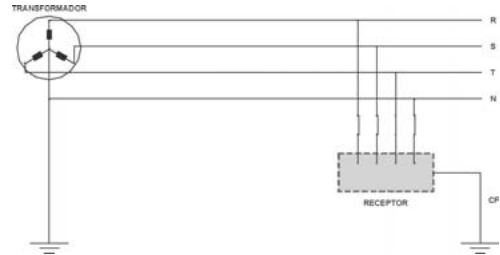
- TN-S eskema: neutroaren eroalea eta babes-eroalea eskema guztian ezberdinak dira.
- TN-C eskema: neutroaren funtzioak eta babes-funtzioak eskema osoa eroale bakarrean konbinatuta daude.

- IT erregimena: IT eskeman ez du lurrari zuzenean konektatutako elikadura-punturik. Instalazio jasotzailearen masak zuzenean lurrari konektatuta egongo dira.

Erregimen bakoitzak bere abantailak eta desabantailak ditu, eta modu honetan laburbildu ditzakegu:

| TT ERREGIMENA    |  |
|------------------|--|
| Funtzionamendua  | — Isolamenduaren lehenengo hutsegitean abisatzen du.   |
| Pertsonen babesa | — Masen interkonezioa eta lurrean ezartzea, eta etengailu diferentzialen nahitaezko erabilera (gutxienez buru bat instalazio osoan).<br>— Lur berdinari konektatutako masa guztiak etengailu diferentzial berdinen bidez babestuta egongo dira.<br>— Aldi berean eskuratu daitezkeen masa guztiak lur berdinari konektatuta egon behar dira.   |
| Abantailak       | — Diseinatu, ezarri, monitorizatu eta erabiltzeko sistemarik errazena.<br>— Ez du behar monitorizazio etengaberik hori erabiltzeko (bakarrik etengailu diferentzialak aldezka probatzea).<br>— Etengailu diferentzialek sutea sortzeko arriskua saihesten du, sentikortasuna 500 mA edo baxuagoa bada (ikus CEI 60364-4, 482.2.10 atala).<br><br>— Gabezien kokapen erraza.<br>— Isolamendu hutsegitearen aurrean, hutsegite horren intentsitatea baxua da.  |
| Desabantailak    | — Isolamenduaren lehenengo hutsegitean abisatzen du.<br>— Etengailu diferentzialaren erabilera zirkuitu bakoitzean selektibitate osoa eskuratzeko.<br>— Neurri bereziak hartu behar dira funtzionamendu normalean ihes egiteko intentsitate handiak dituzten zamei edo alderdiei begira, batik bat, ezustean abisatzeko egoerak saihesteko (zamak elikatzea isolamendu-transformadoreen bitartez edo etengailu diferentzialak balio altuekin erabiltzea, erakutsitako masen lurreko erresistentziarekin bat datozenak, edo zirkuituak bereiztea zirkuitu bakoitzean geratutako ihesak txikiagoak izan daitezkeen).<br>— Intentsitateak lurretik zirkulatzeko konfigurazio bakarra.<br>— Lurreko erresistentziak txarrera egiten badu (temperaturaren, hezetasunaren eta lurraren eraketaren arabera aldatzen da), beharbada babesa ez da izango baliagarria. |

- Régimen TT: El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.



- Régimen TN: Los esquemas TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección. Se distinguen dos tipos de esquemas TN según la disposición relativa del conductor neutro y del conductor de protección:

- Esquema TN-S: En el que el conductor neutro y el de protección son distintos en todo el esquema.
- Esquema TN-C: En el que las funciones de neutro y protección están combinados en un solo conductor en todo el esquema.

- Régimen IT: El esquema IT no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra.

Cada régimen tiene sus ventajas e inconvenientes que se pueden resumir en la siguiente tabla:

| RÉGIMEN TT             |  |
|------------------------|--|
| Funcionamiento         | — Dispara ante un primer fallo de aislamiento.   |
| Protección de personas | — Interconexión y puesta a tierra de las masas y uso obligatorio de interruptores diferenciales (como mínimo uno en cabecera de toda la instalación).<br>— Todas las masas conectadas a una misma tierra deben ser protegidas por el mismo interruptor diferencial.<br>— Todas las masas accesibles simultáneamente deben ser conectadas a la misma tierra.  |
| Ventajas               | — Es el sistema más sencillo de diseñar, implementar, monitorizar y usar.<br>— No requiere una monitorización permanente durante su uso (solamente una prueba periódica de los interruptores diferenciales).<br>— La presencia de los interruptores diferenciales previene el riesgo de incendio cuando la sensibilidad es igual o inferior a 500 mA (véase CEI 60364-4, sección 482.2.10).<br>— Localización sencilla de las faltas.<br>— Ante la aparición de un fallo de aislamiento, la intensidad de defecto es baja.   |
| Inconvenientes         | — Dispara ante un primer fallo de aislamiento.<br><br>— El uso de un interruptor diferencial en cada circuito para obtener una selectividad total.<br>— Se deben tomar medidas especiales para las cargas o partes de la instalación con elevadas intensidades de fuga durante su funcionamiento normal para evitar disparos intempestivos (alimentar las cargas mediante transformadores de aislamiento o utilizar interruptores diferenciales tarados a valores elevados, siempre compatibles con la resistencia a tierra de las masas expuestas, o dividir los circuitos de tal forma que las fugas por cada circuito sean menores).<br>— Única configuración en la que circula intensidad por tierra.<br>— Si empeora la resistencia de tierra (varía en función de la temperatura, humedad y composición del terreno) puede que la protección no actúe. |

| TT ERREGIMENA    |  | RÉGIMEN TT             |  |
|------------------|--|------------------------|--|
|                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Instalazio jasotzailearen gaintentsioaren aurkako babesean sortutako arazoak. Izan ere, tximistak bi tentsio-erreferentzia eragingo ditu neutroaren eta masen lur-harguneetan, ekipoetan kalteak eragiteko aukerarekin.</li> </ul>  |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Problemas en la protección contra sobretensiones de la instalación receptora, debido a que la caída de un rayo producirá dos referencias de tensión diferentes en las puestas a tierra del neutro y de las masas, pudiendo dañar a los equipos.</li> </ul>  |
| TN ERREGIMENA    |  | RÉGIMEN TN             |  |
| Funtzionamendua  | — Isolamenduaren lehenengo hutsegitean abisatzen du.   | Funcionamiento         | — Dispara ante un primer fallo de aislamiento.   |
| Pertsonen babesa | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Azaldutako masen interkonezioa eta nahitaezko lur-hargunea.</li> <li>— Abisua etengailu automatikoen edo fusibleen bidez.</li> </ul>  | Protección de personas | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Interconexión y puesta a tierra obligatoria de las masas expuestas.</li> <li>— Disparo mediante el uso de interruptores automáticos o fusibles.</li> </ul>  |
| Abantailak       | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Intentsitate akastunek babes-eroaletik bakarrik zirkulatu dute.</li> <li>— Zeharkako kontaktuen aurrean babesa emateko etengailu utomatikoen edo fusibleen erabilera dela eta, etengailu diferentzialen materialaren nahiz esparruaren kostuak murrizten dira, bai eta funtzionamendu normalean ezustean gerta daitezkeen abisuak ere.</li> <li>— Lur bakarra dagoenez gero, ekipotentzialitate hobea ziurtatzen da ekipoetan eta masen artean.</li> <li>— Diferentziala bakarrik luzera handietarako, konexio mugikorretarako edo babes-eroalea hausteko arriskua duten puntuetarako bakarrik behar da.</li> <li>— TN-S: UNE-EN 50310 arauak gomendatutak konfigurazio bakarra da, informazio-teknologiaren ekipoa dituzten instalazioei dagokienez, onena izateagatik, bateragarritasun elektromagnetikoaren kasuan.</li> <li>— TN-C: Ezartzeko errazagoa izan daiteke (abantaila bakarra TN-S erregimenaren aurrean).</li> </ul> | Ventajas               | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Las intensidades de defecto sólo circulan por el conductor de protección.</li> <li>— El uso de interruptores automáticos o fusibles para la protección ante contactos indirectos evita los costes en material y espacio de los interruptores diferenciales así como los posibles disparos intempestivos que se puedan producir por las corrientes de fuga en funcionamiento normal.</li> <li>— Al existir una única tierra se asegura mejor la equipotencialidad en los equipos y entre las masas.</li> <li>— Sólo se necesita diferencial para grandes longitudes, conexiones móviles o puntos de riesgo de rotura del conductor de protección.</li> <li>— TN-S: Es la única configuración recomendada por la norma UNE-EN 50310 referente a instalaciones con equipos de tecnologías de información, debido a ser la mejor en cuanto a compatibilidad electromagnética.</li> <li>— TN-C: Puede ser más barato de instalar (su única ventaja frente al TN-S).</li> </ul> |
| Desabantailak    | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Isolamenduaren lehenengo hutsegitean abisatzen du.</li> <li>— Inpedantzia baxua behar du.</li> <li>— Lurrean babes-eroalea ezartzea galdatzen da, batik bat, modu distantziakidean, potentzial berberari eusteko, lurrari dagokionez, ibilbide osoan.</li> <li>— Ezarpen-fasean eremu-saiakuntzaren bidez isolamendu hutsegitearen aurrean abisua ematen den frogatu beharko litzateke.</li> <li>— Kontrol handiagoa dago: neutroaren sekzioak, babes-eroaleak, handitzea,...</li> <li>— Zirkuituetan egindako aldaketa bakoitzaren ondorioz begiztaren inpedantzia berriro kalkulatu behar da.</li> <li>— TN-C: Ez da erabili behar kanalizazio mugikorretan.</li> <li>— TN-C: Ezin da moztu neutroa.</li> </ul>   | Inconvenientes         | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Dispara ante un primer fallo de aislamiento.</li> <li>— Necesita una impedancia baja.</li> <li>— Requiere que se ponga a tierra el conductor de protección de manera equidistante para que se mantenga al mismo potencial con respecto a tierra durante todo su recorrido.</li> <li>— Se debería comprobar mediante ensayo de campo durante la fase de implantación que se produce un disparo de la protección ante una falta de aislamiento.</li> <li>— Exige un mayor control: secciones de neutro, conductores de protección, ampliaciones,...</li> <li>— Cada modificación en los circuitos implica recalcular la impedancia de bucle.</li> <li>— TN-C: No se debe utilizar en canalizaciones móviles.</li> <li>— TN-C: No se puede cortar el neutro.</li> </ul>  |
| IT ERREGIMENA    |  | RÉGIMEN IT             |  |
| Funtzionamendua  | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Isolamenduaren monitorizazio etengabea.</li> <li>— Isolamenduaren lehenengo hutsegitea abisatzen du.</li> <li>— Nahitaezkoa da hutsegitea aurkitu eta urruntzea.</li> <li>— Abisua ematen du ondoz ondoko bi hutsegite gertatzen badira.</li> </ul>   | Funcionamiento         | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Monitorización permanente del aislamiento.</li> <li>— Avisa de un primer fallo de aislamiento.</li> <li>— Es obligatorio localizar la falta y despejarla.</li> <li>— Dispara si se producen dos faltas consecutivas.</li> </ul>   |
| Pertsonen babesa | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Masen interkonezioa eta lur-hargunea.</li> <li>— Lehenengo hutsegitearen monitorizazioa, isolamendua etengabe neurtzen duen tresnaren bidez.</li> <li>— Bigarren hutsegitea gertatzean etengailu automatiko edo fusibleen bidez abisatzen du.</li> </ul>  | Protección de personas | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Interconexión y puesta a tierra de las masas.</li> <li>— Monitorización de la primera falta mediante un mediador permanente de aislamiento.</li> <li>— Disparo cuando se produce la segunda falta mediante interruptores automáticos o fusibles.</li> </ul>   |
| Abantailak       | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Zerbitzuaren jarraitutasuna eskaintzen duen sistema da.</li> <li>— Isolamenduaren hutsegitea gertatzen denean, hutsegitearen korrontea oso baxua da.</li> </ul>   | Ventajas               | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Es el sistema que ofrece la mayor continuidad de servicio.</li> <li>— Cuando se produce una falta de aislamiento, la corriente de falta es muy baja.</li> </ul>   |
| Desabantailak    | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Mantentze-erloto langileek sistema funtzionamenduan dagoen bitartean monitorizatzea eskatzen da.</li> <li>— Sarearen isolamendu maila galdatzen da (horrek sarearen zatitu egin behar dela agintzen du, betiere hori dimensio handikoa bada, eta ihes egiteko intentsitate handiko zamak isolamendu transformadorearen bidez hornitu behar dira).</li> </ul>  | Inconvenientes         | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Requiere que el personal de mantenimiento monitorice el sistema durante su funcionamiento.</li> <li>— Requiere un buen nivel de aislamiento de la red (lo cual implica que la red debe ser fragmentada si es de grandes dimensiones, y que las cargas con grandes intensidades de fuga deben ser suministradas a través de un transformador de aislamiento).</li> </ul>   |

| IT ERREGIMENA  | RÉGIMEN IT  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>— Aldi berean bi hutsegite gertatzen direnean abisatzen duela frogatu behar da, eta egiaztapen hori diseinu-fasean egin beharko da, kalkuluaren bidez, eta prestatzen denean, neurriak erabilita.</li> <li>— Gaintentsioen mugatzaileak ezarri behar dira.</li> <li>— Ikuspuntu ekipotenzialetik erakutsitako masa guztiak lurrera konektatu behar dira. Halakorik egitea ezinezkoa bada, etengailu diferentzialak ezarri behar dira.</li> <li>— Neutroa ez da banatu behar, ondoko arrazoiak aintzat hartuta: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hori banatzen bada, neutroaren gain eragina duen hutsegiteak sistema horren abantailak ezabatuko ditu.</li> <li>• Hori banatzen bada, babestu egin behar da.</li> <li>• Neutroa banatzen ez bada, babes-tresnak eta hutsegiteak antzematea ahalbidetuko da.</li> </ul> </li> <li>— Hutsegiteak sare handietan aurkitzeko lan asko egin behar da.</li> <li>— Isolamenduaren hutsegitea gertatzen bada, hutsegitean ez dagoen bi faseetako tentsioa fase-fase tentsioa izango da. Ekipoak, beraz, egitate hori kontuan izanda aukeratu behar da.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Se debe comprobar que se produce un disparo cuando ocurren dos faltas simultáneas y dicha comprobación debería ser realizada en la fase de diseño mediante cálculo y durante la puesta en servicio mediante medidas.</li> <li>— Se deben instalar limitadores de sobretensiones.</li> <li>— Se deben poner todas las masas expuestas a tierra equipotencialmente. Si esto no es posible, se deben instalar interruptores diferenciales.</li> <li>— Se debe procurar no distribuir el neutro debido a que: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se distribuye, una falta que afecte al neutro eliminará las ventajas de este sistema.</li> <li>• Si se distribuye, debe ser protegido.</li> <li>• El no distribuir el neutro facilita la elección de los dispositivos de protección y la localización de faltas.</li> </ul> </li> <li>— La localización de faltas en redes grandes es laboriosa.</li> <li>— Cuando se produce una falta de aislamiento, la tensión de las dos fases que no están en falta pasa a ser la tensión fase-fase. Los equipos debe ser por lo tanto elegido teniendo en cuenta este hecho.</li> </ul> |

Proiektu bakoitzean erabilitako sistema zehaztuko da.

En cada proyecto se definirá el sistema que se emplea.

#### 4.2. Diseinuaren irizpide orokorrak

Argiztapenari dagokionez, kargen aurreikuspenak ITC-BT-09 jarraibidean ezarritakoa beteko du. Argi-puntuen elikadura-lineak, lanparekin edo deskarga-hodiekkin batera, behar besteko karga jasotzaileetara, lotutako osagaietara, korrante harmonikoetara, eta faseak abian jarri eta desorekatzeko korranteetara eramateko aurreikusita egongo dira. Horrenbestez, gutxieneko itxurazko VA potentzia neurtzeko, lanparen edo deskarga-hodien potentzia 1,8 aldiz (vatioetan) zenbatuko da.

Baldin eta lanparekin edo deskarga-hodiekkin lotutako elementuen, korrante harmonikoen, arrankearen eta faseen desorekaren karga zein den badakigu –korranteok edo elementuok eragin ditzaketenak– balio horiekin kalkulaturiko koefiziente zuzentzailea aplikatuko da.

Aurreko lerroaldeetan adierazitakoaz gain, argi-gune bakoitzaren potentzia-faktorea 0.90eko balioraino edo balio handiagoraino zuzendu beharko da.

Energia aurreztu ahal izateko, ahal den guztietan, hainbat argiztapen-mailarekin proiektatuko dira herri argien instalazioak, halako moldez non argiztapen txikiago izango baita argi txikiago behar denean. Gehieneko tentsio-galera onargarria sarreraren tentsio nominalaren %3koa izango da tentsio baxuko konpainiako sare elektrikitik eginiko horniduraren kasuan. Tentsio altuko elikatzea duen transformazio zentrotik egiten bada hornidura, berriz, gehieneko tentsio-galera onargarria %4,5ekoa izango da transformadorearen bigarren mailako instalaziotik. Tentsio bakoitzeko kalkulu elektrikoak egin ondoren, korrante-dentsitatearen arabera hartuneak egiaztatuko dira, baita ustez karga handiegia izango duten argi-guneetako elikatze-sareko zirkuituak ere.

ITC-BT09 Jarraibidearen 5.2.1. atalean xedatu denarekin bat etorritz, eroale neutroak fasekoen sekzio bera izango du. Lur azpiko sarean gutxieneko sekzioa 6 mm<sup>2</sup>-koa izango da, eta aireko sareetan, berriz, 4 mm<sup>2</sup>-koa. Halaber, euskarrien barruko luminarietarako elikatzeren gutxieneko sekzioa 2,5 mm<sup>2</sup>-koa izango da, hori guztia ITC-BT09 Jarraibidearekin bat etorritz. Eroale isolatuak erabiliko dira, gutxienezko 0,6/1kV-ko tentsio nominala izango dutenak. Eratorpen-kutxaren eta luminariaren artean interkonexio-kableetarako sekzio txikiak baimendu ahal izango dira, aurretiaz hori justifikatuta eta BFAk beren beregi hori onetsita.

Argi-guneak hornitzeko zirkuitu elektrikoetan, eroaleak gehiegizko intentsitatearen eta zirkuitu laburren kontra babesteko, ezaguri egokiak dituzten etengailu automatiko magnetotermikoak jarriko dira aginte eta neurketa zentroan. Zirkuituaren sekzioa txikitzen bada, ez dago zertan arazko babesa jarri, betiere aginte eta neurketa zentroan jarritako dispositiboak sekzio txikiagoa duen eroalea babes-

#### 4.2. Criterios generales de diseño

En alumbrado, la previsión de cargas cumplirá con lo establecido en la instrucción ITC-BT-09. Las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga, estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a sus corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

Cuando se conozca la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas o tubos de descarga, las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases, que tanto éstas como aquellos puedan producir, se aplicará el coeficiente corrector calculado con estos valores.

Además de lo indicado en párrafos anteriores, el factor de potencia de cada punto de luz, deberá corregirse hasta un valor mayor o igual a 0,90.

Con el fin de conseguir ahorros energéticos y siempre que sea posible, las instalaciones de alumbrado público se proyectarán con distintos niveles de iluminación, de forma que ésta decrezca durante las horas de menor necesidad de iluminación. La máxima caída de tensión admisible será un 3% de la tensión nominal de red en el caso de alimentación desde una red eléctrica de Compañía en baja tensión, en el caso de alimentación desde un Centro de Transformación propio con alimentación en alta tensión, la caída de tensión máxima admisible será de un 4,5% desde el secundario del transformador. Una vez realizados los cálculos eléctricos por caída de tensión, se comprobarán las acometidas por densidad de corriente, así como aquellos circuitos de la red de alimentación de los puntos de luz que se prevean sobrecargados.

De conformidad con lo estipulado en el apartado 5.2.1 de la instrucción ITC-BT-09 el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. La sección mínima en redes subterráneas será de 6 mm<sup>2</sup> y en redes aéreas de 4 mm<sup>2</sup>; así mismo, la sección mínima de alimentación a las luminarias en el interior de los soportes será de 2,5 mm<sup>2</sup>, todo ello de acuerdo con la instrucción ITC-BT-09. Se utilizarán conductores aislados, de tensión nominal por lo menos igual a 0,6/1kV. Se podrán autorizar secciones menores para cables se interconexión entre la caja de derivación y la luminaria, previa justificación y aprobación explícita por parte de DFB.

En los circuitos eléctricos de alimentación a los puntos de luz y a efectos de protección de los conductores contra sobretensiones y cortocircuitos se instalarán en el centro de mando y medida interruptores automáticos magnetotérmicos de las características adecuadas. Cuando exista disminución de sección en el circuito podrá obviarse la colocación de la protección regla-



ten badu. Osterantzean, fusible kalibratuak jarriko dira eroalearen sekzio aldaketan, IP 65 estankotasuneko sekzio txikiena duen linean kokatuak kanpoko aldean, eta IP 54 eta IK8 barruko aldean, UNE 20324 eta UNE EN 50102 arauekin bat etorritik, eta eratorpenekoekin erabilitako modu berbera aplikatuta.

ITC-BT09 Jarraibidearekin bat etorritik, zirkuitu laburren kontrako babesa edukiko dute dispositiboek argi-gune bakoitzean; horretarako, fusible-eramatekoak eta fusible kalibratuak eta konexio-bor-nak jarriko dira barruan. Zirkuitu laburrak dituzten linea elektrikoek babes-kaxek zerbitzuaren tentsioa 2,5 aldiz jasateko nahikoa isolamendua izango dute.

#### 4.3. Aginte eta neurketa zentroak

Herri argiteriak instalazioak babesteko sistemak ITC-BT09 eta ITC-BT22 jarraibideetan araturikoari lotuko zaizkio. Tentsio baxuko hornidurretan, aginte eta neurketa zentroan jarriko da neurketak egiteko beharrezko ekipoa, energia elektrikoa banatzen duen enpresaren jarraibideen arabera. Neurketak egiteko ekipoa ondotik, etengailu magnetotermikoa jarriko da (ICP).

Tentsio ertaineko horniduran, berriz, transformazio zentroan kokatuko da neurketa, betiere sarrerako lineetan mozketak eginez eta tentsio baxuko banaketako transformadoreetako irteera babestuz.

Energiaren fakturan gailuak ez izateko beharrezkoa den potentziari doitu zaien kontraturiko potentzia; izan ere, energiaren kontrola etengailu magnetotermikoaren bidez (ICP) egiten da: etengailuak hornidura eten egiten du eskaturiko potentzia kontraturiko potentzia baino handiagoa bada. Hori dela-eta, faseen arteko kargen banaketa orekatu beharko da, horietako bateko gehiegizko potentziak hornidura osoa eten ez dezan, baita gailuak iraunkorrei eutsiko dien potentziako kontrola etengailuaren itzaltze-kurba egokia hautatzeko ere, bereziki deskarga-lanparak edo moto-reak arrankatzean.

Zuzeneko konexioko salbuespenezko kasuetan izan ezik, energia aktiboaren kontagailuak osatuko du neurketa-ekipoa; izan ere, konertzazio-motaren arabera, tarifa bikoitzeko edo hirukoitzeko orduak bereizten dituen kontagailuaren ordez jar daiteke. Merkatu librean, 6 pealaldi ditu kontratazio horrek.

Aginte tokiak argien sarean konektatzeko eta deskonektatzeko dispositiboak izango ditu, eskuzkoak zein automatikoak eta egun-sentiko edo iluntzeko etengailu astronomikoak dituztenak (Secelux edo antzekoa).

Tuneleko argiztapeneko instalazioek kudeaketa zentralizatuko sistemak izango dituzte argiak kontrolatzeari dagokionez. Horretarako, kontrola egiteko dispositiboak edukiko ditu horien funtzionamendua kontrolatzen duten argiztapen-tokietan, argien tamaina neurtu eta azkenik urrutiko kontrola unitatean kontrolatzen dute aurreko bi mailetako informazio osoa. Kudeaketa zentralizatuko sistema hori tuneleko aireztapeneko eta segurtasuneko instalazioetara ere hedatu da.

Energia aurreztu ahal izateko, ahal den guztietan, hainbat argiztapen-mailarekin proiektatuko dira herri argien instalazioak, halako moldez non argiztapen txikiago izango baita argi txikiago behar denean. Gehieneko tentsio-galera onargarria sarreraren tentsio nominalaren %3koa izango da tentsio baxuko konpainiako sare elektrikoekin horniduraren kasuan; tentsio altuko elikatzea duen transformazio zentrotik egiten bada hornidura, berriz, gehieneko tentsio-galera onargarria %4,5ekoa izango da transformadorearen bigarren mailako instalaziotik. Tentsio bakoitzeko kalkulu elektrikoak egin ondoren, korrante-dentsitatearen arabera hartuneak egiaztatuko dira, baita ustez karga handiegia izango duten argi-guneetako elikatze-sareko zirkuituak ere.

#### 4.4. Elikatze elektrikoaren neurriak

Trafikoaren dentsitatearen eta eguneko orduen arabera aldatzen da ohiko zerbitzuan dauden instalazioei dagokien tunel batean kontsumituriko potentzia.

mentaria siempre y cuando el dispositivo instalado en el centro de mando y medida proteja el conductor de menor sección. En caso contrario, se instalarán fusibles calibrados en el cambio de sección del conductor, situados en la línea de menor sección en una caja con estanqueidad IP 65 para exterior e IP 54 e IK8 en interior, según UNE 20324 y UNE EN 50102 realizada de modo idéntico a las de derivación.

De acuerdo con la instrucción ITC-BT-09, cada punto de luz estará dotado de dispositivos de protección contra cortacircuitos, para lo cual se instalará en el interior bornas de conexión y portafusibles y fusibles calibrados. Las cajas de protección de líneas eléctricas, dotadas de cortacircuitos, tendrán un aislamiento suficiente para soportar 2,5 veces la tensión de servicio.

#### 4.3. Centros de mando y medida

Los sistemas de protección en las instalaciones de alumbrado público se ajustarán a lo preceptuado en las instrucciones ITC-BT-09 e ITC-BT22. En los suministros en baja tensión el equipo de medida necesario se instalará en el centro de mando y medida siguiendo las directrices de la empresa distribuidora de energía eléctrica. A continuación del equipo de medida se instalará un interruptor magnetotérmico (ICP).

En los suministros en Media tensión la medida se ubicará en el centro de transformación, con seccionamiento en las líneas de entrada y protección de salida a los transformadores de distribución en baja tensión.

Se deberá ajustar la potencia contratada a la necesaria para evitar un sobrecoste de la factura de energía cuyo control se lleva a cabo mediante el interruptor magnetotérmico (ICP), que interrumpe el suministro si la potencia demandada es superior a la contratada, por lo que deberá procurarse equilibrar la distribución de cargas entre fases para evitar que el exceso de potencia en una de ellas interrumpa el suministro total, así como seleccionar una adecuada curva de disparo del interruptor de control de potencia que soporte las sobrecargas transitorias, especialmente el arranque de las lámparas de descarga o motores.

Salvo casos excepcionales de conexión directa, los equipos de medida estarán constituidos por el contador de energía activa que en función del régimen de contratación podrá ser sustituido por el contador de discriminación horaria de doble o triple tarifa contratación en el mercado liberalizado de 6 periodos.

El cuadro de mando dispondrá de dispositivos de conexión y desconexión de la red de iluminación tanto manual como automáticos, provistos interruptores crepusculares astronómicos (tipo Secelux o similar).

Las instalaciones de alumbrado de túneles estarán dotadas de sistemas de gestión centralizada, en cuanto a control del alumbrado para ello de dispondrá de los correspondientes dispositivos para la realización del control mencionado; en los cuadros de alumbrado que controlan el funcionamiento de los mismos y miden sus magnitudes y por último en la unidad de control remoto que recibe la información completa de los dos niveles anteriores. Este sistema de gestión centralizada se hace extensivo a las instalaciones de ventilación y de seguridad del túnel.

Con el fin de conseguir ahorros energéticos y siempre que sea posible, las instalaciones de alumbrado público se proyectarán con distintos niveles de iluminación, de forma que estos niveles decrezcan durante las horas de menor necesidad de iluminación. Para ello en los túneles según se trate de días soleados o nublados el alumbrado en los umbrales y zonas de transición habrá mayor o menor luminancia lograda con encendidos y apagados de circuitos y en el caso del alumbrado fluorescente regulando su flujo por la noche. En el alumbrado exterior y alumbrado con vapor de sodio A.P., el nivel a partir de 24 horas y hasta las 5 horas se reducirá el nivel en un 40% mediante reguladores/estabilizadores de tensión situados junto a los cuadros eléctricos de control y mando.

#### 4.4. Dimensionamiento de la alimentación eléctrica

La potencia consumida en un túnel correspondiente a las instalaciones en servicio normal varía en función de la densidad de tráfico y distintas horas del día.

Hona hemen kontsumitzaile nagusiak:

- Aireztapena.
- Argiztapena.
- Ponpaketa instalazioak.
- Instalazio osagarriak.

Aireztapenean eta argiztapenean kontsumituriko potentziak aintzat hartzeko, ordu-tarteetan jarritako potentzia banatuko da funtzionamendu erregimenaren kontsumoa aplikatuz. Ponpaketa instalazioetan, oinarritzko erregimenak zehaztuko dira, esleituriko potentzia eta urtean ordu-kopuru finkatua izango dutenak. Instalazio osagarrietan, berriz, etengabeko potentzia hartuko da aintzat.

Horri esker, potentzien eskarien orduen taula bat ezarriko da, orduen bereizketa-moten ordu blokeen arabera banaketarekin batera.

Tunelean eskatzen diren argiztapen-mailen arabera izango da argiztapenaren instalazioak kontsumituriko potentzia elektrikoa, betiere emandako saikapenaren arabera.

Jarritako argiztapen-mailek handiagoak izan behar dute, zertarako-eta luminarien zikinkeriak eta iturriak zahartzeak eragindako balio-galera kontuan izateko; instalazioaren balio-galeraren faktore orokorra ebaluatu egin daiteke: %70ekoa tuneletan eta %80koa kanpoko argietan.

Sustapen Ministerioak eta argiteriari buruzko 3. jarraibide teknikoaren lehen araua (Zirriborroa) delakoaren arauak eta irizpideak oinarritzat hartuta hartuko dira jarri beharreko argiztapen-mailak.

Balio horiek ezin aplika daitezke kontrafluxuko sistemetan; azterlan espezifikoa eskatzen dute.

#### 4.5. Erreduantzia

Tuneleko argiztapeneko instalazioaren hornidura elektrikoa ete-teko unea da egoerarik larriena; izan ere, une horretan larrialdietako argiak piztu behar dira lehenbailehen, hots, praktikan denbora hori segundo erdia baino laburragoa da hornidura akatsa gertatzen denetik hasita. Gainera, segurtasun zerbitzuek behar bezalako hornidura izan behar dute.

Larrialdietako argiek behar bezala funtzionatzen dutela bermatu ahal izateko, hauek dira ezar litezkeen neurriak:

- Hornidura-erreduantzia.—Aparteko bi horniduren bidez egin behar da tuneleko argiztapeneko instalazioaren elikatze elektrikoa (jatorritzko azpiestazio ezberdinak), eta bi hartuneak transferentzia automatiko baten bidez egongo dira lotuta elkarrekin.

Hornidura-erreduantzia ondoren agertzen diren moduetan lor daiteke, betiere tunelaren luzeraren eta hornitu beharreko ekipoen kokapen fisikoaren arabera:

- II eta III. motako tunela.—(<500 m) transformazio zentro bakarretik hornituko dela suposatzen da tuneleko ahoetako batean; hortaz, sorburuko elikatze-iturrien arabera izango da erreduantzia. Baldin eta erabat independenteak ez badira, bi lineei eutsiko zaie eta diesel multzoa jarriko da argiei eta beharrezko zerbitzuei zerbitzua emateko.
  - I. motako tunela.—(>500 m) gutxienez bi elikatze izango dira, bi banaketa zentro edota azpiestazioetako eta tuneleko transformazio zentroak hornituko dituztenak, baina erabat independenteak izango dira. Transformazio zentro horiek tentsio ertaineko bi gela-multzo izango dituzte, baita bi transformatzaile eta tentsio baxuko agente tokia ere. Gelamultzo, transformatzaile eta tentsio baxuko agente toki bakoitzak instalazioaren %100 hornitzeko ahalmena izango du ohiko egoeran; bakoitzak instalazioaren %50 hornituko du gutxi gorabehera.
- Elikatze independenterik izateko modurik ez badago, eutsi egingo zaio definituriko eskemari eta diesel-multzo bat jarriko da argiei eta beharrezko zerbitzuen euskarrirako.
- Zirkuituak bereiztea erabat independenteak diren energia elektriko bi hornidura egongo dira.—Konmutazio edo kone-

Los principales consumidores son:

- Ventilación.
- Iluminación.
- Instalaciones de bombeo.
- Instalaciones complementarias.

Para la estimación de las potencias consumidas en ventilación e iluminación se distribuirá la potencia instalada en franjas horarias aplicándolas el consumo del régimen de funcionamiento. Para las instalaciones de bombeo se definirán unos regímenes básicos con una potencia asignada y un número de horas/año. Para las instalaciones complementarias se considerará una potencia permanente.

Con ello se establecerá un cuadro horario de demanda de las distintas potencias conjuntamente con la distribución por bloques horarios de los distintos tipos de discriminación horaria.

La potencia eléctrica consumida por la instalación de iluminación es función de los niveles de iluminación requeridos en el túnel según su clasificación.

Los niveles de iluminación instalados deben ser mayores para tener en cuenta la depreciación por suciedad de las luminarias y el envejecimiento de las fuentes, este factor global de depreciación de la instalación se puede evaluar en un 70% en túneles y 80% en alumbrado exterior.

Los niveles de iluminación estarán basados en criterios según normas y criterios del Ministerio de Fomento y norma bat: Instrucción Técnica 3 Alumbrado.

Estos valores no son aplicables en sistemas a contraflujo, requieren un estudio específico.

#### 4.5. Redundancia

El momento de corte en la alimentación eléctrica de la instalación de iluminación de un túnel es la situación más crítica, siendo necesario en dicho instante que el alumbrado de emergencia entre en servicio en el lapso de tiempo más breve posible, es decir, en la práctica, menos de medio segundo desde el fallo en dicho suministro y que los servicios de seguridad del túnel queden también alimentados.

Para lograr que se garantice el correcto funcionamiento del alumbrado de emergencia, las posibles medidas a adoptar serán las siguientes:

- Redundancia de alimentación.—Realizar una alimentación eléctrica de la instalación de alumbrado del túnel mediante dos suministros interdependientes (distinta subestación de origen), estando interconectadas ambas acometidas a través de un sistema de transferencia automática.

La redundancia en la alimentación se puede conseguir de las siguientes maneras en función de la longitud del túnel y disposición física de los equipos a ser alimentados:

- Túnel Tipo II Y III.—(<500 m) se supone que este estará alimentado desde un único centro de transformación en una de las bocas del túnel, por lo tanto la redundancia depende de las fuentes de alimentación en origen. En el caso de que estas no sean totalmente independientes se mantendrá la duplicidad de líneas y se instalará un grupo diesel para respaldo del alumbrado y servicios necesarios.
  - Túnel Tipo I.—(>500 m) se dispondrá de dos alimentaciones, como mínimo, procedentes de dos centros de Reparto/Subestaciones que alimentarán a los centros de transformación del Túnel, totalmente independientes. Estos centros de transformación dispondrán de dos grupos de celdas de Media Tensión, dos transformadores y cuadro de baja tensión. Cada grupo de celdas, transformador y cuadro de baja tensión será capaz de alimentar el 100% de la instalación, en circunstancias normales cada uno de ellos alimentará el 50% de la instalación aproximadamente.
- Si no fuera posible la independencia de alimentaciones, se mantendrá el esquema definido y se instalará un grupo diesel para respaldo del alumbrado y servicios necesarios.
- Segregación de circuitos con dos suministros de energía eléctrica totalmente independientes.—Al objeto de evitar pro-

xio arazorik gerta ez dadin, komenigarria izaten da beti argiztapeneko instalazioaren zati bat energia iturri batetik hornitzea eta gainerako beste iturri batetik.

- Kanalizazioen trazaketa erredundantea.—Ahal denean, elikatze-kanalizazioen trazaketak aparte jarriko dira bi hornidura dituzten zerbitzuetan edo sistemen %50 martxan ego-teari eusteko bereiz daitezkeen zerbitzuetan.
- Transformaztaileen erredundantzia.—Tentsio baxurako eskema elektrikoak bi hartune izango ditu bi transformaztaileekin, eta kargaren %50arekin funtzionatuko du ohiko egoeretan.  
Transformazio zentroa tunel barruan badago, ez da onartuko olio-transformaztaileerik.
- Etengabeko elikatze sistema (EES).—Larrialdietako argiek eta zerbitzuek ordubeteko autonomia izango dute; hala, EESko bateriek ziurtatu egingo dute elikatze elektrikoak generadoreak arrankatzeko edo lineak edo transformaztaileak konmutatzeko behar duen denboran, baita denbora horretan larrialdiko zerbitzuetan jo diren zerbitzuei beharrezko potentzia emateko ere.

Nolanahi ere, funtsezkoa da hornitutako bi lineek trazaketa ezberdinak izatea. Tunel barruko kableak gutxienez 0,8 m-ra sartuko dira lurpean (tunelaren diseinuak hala egiteko modua ematen badu), arearen gainean, kutxetarik edo hormigoian murgildutako hodi-azpikorik jarri gabe gutxi gorabehera 100 metroko tartean eta kutxeta aizunekin. Kableak lurpean sartu ondoren, babes pasiboarekin zigilatuko dira.

Tunela dagoen baldintzen arabera aukeratzeko da alternatiba horietako bat. Kontuan hartu behar dira zirkuituetan jarritako deskarga-lanparak pizteko eta berriz pizteko baldintzak; gainera, EESen menpekoak diren luminariak aparte, Cd Nikel-eko bateriak dituzten luminaria fluoreszenteak egongo dira tunelean hiruzuloka 25 m bakoitzean; luminaria horiek tunelaren bi horma pikoetan jarriko dira, 0,5 m-ko altueran gutxi gorabehera.

#### 4.6. EES ekipoek bete beharreko zerbitzuak

Segurtasuneko ekipoak hornitzeko modukoak izango dira EESak, ordubeteko autonomia izanik, betiere honako instalazio haue-tarako:

- Tunela ebakutzeko larrialdietako argiak.
- Balizajearen segurtasuneko argiak.
- Etengabeko argi batzuk edo gaueko argiztapen murriztua.
- Suaren kontrako sistemaren argiteria.
- Transformazio zentroetako argiteria.
- Segurtasuneko seinalaztapena.
- Poluzio-sentsoreak eta anemometroak.
- Datuak eskuratzeko eta toki mailan tratatzeko eta informazio transmititzeko sistemak.
- Komunikazio, nitxo eta SOS zutoinen elikatzea.
- Aginte-ekipoak kontroleko gelatik.
- Trafikoa kontrolatzeko eta kudeatzeko ekipoak.
- Trafikoko seinalaztapen-dispositiboak (semaforoak).
- CCTV, eta sua automatikoki detektatzea (SUD).
- Su automatikoki detektatzea.
- Megafonia.
- Transmisio eta irratikomunikazioko ekipoak.
- Tunela ixteko barrerak eta bidea ixtea.

EES ekipoekin lotutako baterien iraupena bermatzeko, tenperatura eta hezetasun baldintza batzuei eutsi behar zaie zenbait mugaren barruan; hortaz, ekipo horiek aire egokitua dagoen loka-lean kokatuko dira.

EESak erredundanteak izango dira transformazio zentro bakoitzean. Bi elikatze izango dira: bata A barretatik eta beste B barreratik, gutxienez 400V/231 potentziarekin.

blemas de conmutación o conexión, resulta siempre deseable alimentar parte de la instalación de iluminación desde una fuente de energía y el resto desde otra.

- Trazado redundante de canalizaciones.—Siempre que sea posible se independizarán los trazados de las canalizaciones de alimentación a aquellos servicios que presenten duplicidad o que puedan ser segregados para mantener operativo el 50% de los sistemas.
- Redundancia de transformadores.—El esquema eléctrico para baja tensión dispondrá de doble acometida con dos transformadores, funcionando en circunstancias normales con el 50% de la carga.  
Si el centro de transformación está dentro del túnel no se admitirán transformadores de aceite.
- Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).—Los servicios y alumbrado considerados de emergencia dispondrán de un SAI con una autonomía de una hora, de forma que las baterías del SAI aseguren la alimentación eléctrica durante el tiempo que necesite el generador para arrancar u operaciones de conmutación de líneas o transformadores y dar la potencia necesaria a los servicios que se hayan considerado de emergencia durante este período.

En todo caso, se considera esencial que las dos líneas suministradoras sigan trazados distintos. El tendido de los cables por el interior del túnel deberá ser enterrado a 0,8 m como mínimo de profundidad (si lo permite el diseño del túnel), sobre lecho de arena sin necesidad de arquetas o bajo tubo embebido en hormigón con falsas arquetas cada 100 metros aproximadamente, una vez tendido el cable estas arquetas serán selladas mediante protección pasiva.

La elección entre las distintas alternativas expuestas dependerá de las condiciones locales donde se encuentra el túnel. Resulta también necesario tener en cuenta las condiciones de encendido y reencendido de las lámparas de descarga instaladas en los distintos circuitos, además de las luminarias que dependen de SAI existirá a lo largo del túnel al tresbolillo cada 25 m luminarias fluorescentes con baterías de Cd Níquel, situadas en ambos hastiales del túnel y situadas a 0,5 m de altura aproximadamente.

#### 4.6. Servicios a cubrir por el SAI

El SAI se dimensionará para dar alimentación a todos los equipos de seguridad con una autonomía de una hora, para instalaciones tales como:

- Alumbrado de emergencia para la evacuación del túnel.
- Alumbrado de seguridad de balizamiento.
- Parte del alumbrado permanente o nocturno reducido.
- Alumbrado sistema contraincendios.
- Alumbrado Centros de Transformación.
- Señalética de seguridad.
- Sensores de polución y anemómetros.
- Sistemas de adquisición y tratamiento local de datos y transmisión de la información.
- Alimentación comunicaciones, nichos y postes SOS.
- Equipos de mando desde la sala de control.
- Equipos de control y gestión de tráfico.
- Dispositivos de señalización de tráfico (semáforos).
- CCTV, y detección automática de incidentes (DAI).
- Detección automática de incendios.
- Megafonía.
- Equipos de transmisión y radiocomunicación.
- Barreras de cierre de túnel y neutralización de vía.

Para garantizar la vida de las baterías asociadas a los equipos SAI, se requiere mantener unas condiciones de temperatura y humedad establecidas dentro de unos límites, por lo que la ubicación de los mismos se realizará en un local dotado de aire acondicionado.

Los SAI serán redundantes en cada centro de transformación con doble alimentación, una desde barras A y otra desde Barras B, a 400V/231 como mínimo.

#### 4.7. Talde elektrogenoak bete beharreko zerbitzuak

Baldin eta tunelak aterpeak baditu eta ez badago bertan potentzia-hornidura segururik, bi orduko (2) autonomia duen etengabeko iturriaren bidez hornitu beharko dira aterpeko edota ebaluazio galerietako argiak, aireztapena, sarbideak eta horien erabilerarekin lotutako ekipoak.

##### 4.7.1. Potentzia-hornidura segurua

Aireztapen-instalazioa dagoen tuneletan, hornidura-sistemari eutsi behar izango zaio ohiko hornidurak huts eginez gero; horretarako, iturri horretako hornidura duen elikatze bikoitza eta gutxienez lau orduko (4) autonomia duen azpiestazio ezberdina edo talde elektrogenoa izango dira talde elektrogenoaren kasuan, eta etengabeko hornidura izango da bi elikatze-sistema daudenean.

Lehenago aipaturiko zerbitzuak hornitu behar ditu iturri horrek, EESren bidez horniturikoak hain zuzen, baita aireztapen-erdiari dago-kiona ere.

Aterpeetako eta sarbideetako aireztapen-ekipoen potentzia osoan izango den hornidura bermatu beharko du, baita honako hauek ere: kea zulo bakarretik ateratzeko instalazioa (bi zulo baditu), uraren eraztuneko gainpresioari eusteko beharrezko ekipoak eta segurtasun-nitxoaren potentzia-hartuneen aldebereko potentzia-hornidura (2,5 kVA – 1P+T+N, 12 kVA – 3P+T+N).

Aireztapenik ez badago, lehenago aipaturiko ekipoei eutsi beharko zaie, bereziki oinarritzko argiak eta indartzekoak; argiztapen hori txikiagoa izan daiteke larrialdietan.

Ezinezkoa bada aipaturiko sistemetakoko hornidura elektrikoari eustea, itxi egingo da tunela.

#### 4.8. Babes eskakizunak

Eraikuntzako material guztiak M0 klasekoak izan behar dute (ez erregaiak), UNE 23 727 delako arauaren arabera, suaren kontrako jokabidearen aldetik. M1 (ez sukoiak) onartu egin daiteke kableen kanalizazioetan. Nolanahi ere, erabilitako materialek ez dute batere ke toxiko eta korrosiborik igorriko, eta keen igorpena oso txikia izango da. Ondoko taulan agertzen den klasekoak izango dira horiek guztiak, berriz, transformazio zentroak elikatze tentsio ertaineko kableak eta zentroen arteko eraztunak, tentsio baxukoak eta potentzia, kontrol eta segurtasunerakoak:

#### 4.7. Servicios a cubrir por el grupo electrógeno

Si el túnel está equipado con refugios y no dispone de una alimentación segura de potencia, la iluminación y ventilación del refugio y/o galerías de evacuación así como los caminos de acceso y equipos asociados para su uso deberán estar alimentados desde una fuente ininterrumpida con dos (2) horas de autonomía.

##### 4.7.1. Alimentación segura de potencia

En túneles dotados de ventilación, el sistema de alimentación deberá ser mantenido en caso de falta de alimentación normal, a través de una doble alimentación con suministro de distinta fuente, diferente subestación o grupo electrógeno con autonomía mínima de cuatro (4) horas, en el caso de grupo electrógeno y de forma permanente con dos alimentaciones.

Esta fuente deberá cubrir los servicios citados anteriormente, que son alimentados a través del SAI y al menos la mitad de la ventilación.

Deberá asegurar el suministro a plena potencia de los equipos de ventilación de los refugios y caminos de acceso así como la instalación de extracción de humos de un solo tubo (si cuenta con dos), los equipos necesarios para mantener la sobrepresión del anillo de agua y el suministro de potencia simultáneo a las tomas de fuerza de los nichos de seguridad (2,5 kVA – 1P+T+N, 12 kVA – 3P+T+N).

Si no hay ventilación deberán mantener los equipos citados anteriormente y en particular la iluminación base y la de refuerzo que podrá ser reducida para casos de emergencia.

En caso de ser imposible mantener la alimentación eléctrica a los sistemas citados, se procederá al cierre del túnel.

#### 4.8. Requisitos de protección

Todos los materiales de construcción deberán ser M0 (no combustibles) según UNE 23 727 desde el punto de vista de comportamiento ante el fuego. La clase M1 (no inflamables) es admisible para canalizaciones de cables, en cualquiera de los casos los materiales utilizados serán de nula emisión de humos tóxicos y corrosivos y de reducida emisión de humos. Los cables de Media Tensión para alimentación a los centros de transformación y anillos entre centros, los de Baja tensión, para fuerza, control y seguridad serán del tipo indicado en la siguiente tabla:

| POTENTZIA-KABLEAK                              |                                    |                                    |                                  |                         |                       |                   |
|--|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|
| ZERBITZUA                                      | 18/30 kV kableak                   | 12/20 kV kableak                   | BT kableak eta 0,6/1 kV kontrola |                         | KOMUNIKAZIOKO KABLEAK |                   |
| Izena  | DHZ1-H50                           | DHZ1-H16                           | Ohikoa                           | Emergentzia/aireztapena | F.O.                  | CCTV,Tfnia.,      |
| Eroalea  | Aluminioa                          | Aluminioa                          | Kobrea                           | Kobrea                  | Zuntz optikoa         | Kobrea            |
| Isolamendua                                    | EPR                                | EPR                                |                                  |                         |                       |                   |
| Pantaila                                       | Kobrezko hariak: 36mm <sup>2</sup> | Kobrezko hariak: 16mm <sup>2</sup> |                                  | Aluminiozko zinta       |                       |                   |
| Armadura                                       |                                    |                                    |                                  | Fe galbaniz. hariak     | Beirazko zuntza       | Kobrezko hariak   |
| Estalkia                                       | Vemex edo antzekoa                 | Vemex edo antzekoa                 | Exzhellent/Afumex                | Segurfoc/Afumex Firs    | LSZH                  | Exzhellent/Afumex |
| Arratoien kontrakoa                            |                                    |                                    |                                  | BAI                     | BAI                   | BAI               |
| SUAREN KONTRAKO JOKABIDEA                      |                                    |                                    |                                  |                         |                       |                   |
| Ez du garra hedatzen UNE-EN 50265-2-1          | BAI (estalia)                      | BAI (estalia)                      | BAI                              | BAI                     | BAI                   | BAI               |
| Ez du sua hedatzen UNE-EN 50266-2-4            | BAI (estalia)                      | BAI (estalia)                      | BAI                              | BAI                     | BAI                   | BAI               |
| Keen igorpen txikia, UNE-EN 50268              | BAI (estalia)                      | BAI (estalia)                      | BAI                              | BAI                     | BAI                   | BAI               |
| Halogenorik ez, UNE 50267-2-1                  | BAI (estalia)                      | BAI (estalia)                      | BAI                              | BAI                     | BAI                   | BAI               |
| Ke toxikoen igorpen txikia, NES 713, NFC 20454 | BAI (estalia)                      | BAI (estalia)                      | BAI                              | BAI                     | BAI                   | BAI               |
| Ke korrosiboak, UNE-EN 50267-2-3               | BAI (estalia)                      | BAI (estalia)                      | BAI                              | BAI                     | BAI                   | BAI               |
| Suaren kontrako erresistentea, UNE-EN 50200    |                                    |                                    |                                  | BAI                     | EZ                    | BAI               |

| CABLES DE POTENCIA                                      |                    |                    |                              |                      | CABLES DE COMUNICACIONES |                   |
|---|--------------------|--------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|
| SERVICIO  | Cables 18/30 kV    | Cables 12/20 kV    | Cables BT y control 0,6/1 kV |                      |                          |                   |
| Denominación  | DHZ1-H50           | DHZ1-H16           | Normal                       | Emergencia/ventila   | F.O.                     | CCTV,Tfnia.,      |
| Conductor   | Aluminio           | Aluminio           | Cobre                        | Cobre                | Fibra óptica             | Cobre             |
| Aislamiento   | EPR                | EPR                |                              |                      |                          |                   |
| Pantalla  | Hilos cobre 36mm2  | Hilos cobre 16mm2  |                              | Cinta aluminio       |                          |                   |
| Armadura  |                    |                    |                              | Hilos Fe galvaniz.   | Fibra de vidrio          | Hilos de cobre    |
| Cubierta  | Tipo vemex/similar | Tipo vemex/similar | Exzhellent/Afumex            | Segurfof/Afumex Firs | LSZH                     | Exzhellent/Afumex |
| Antirroedores   |                    |                    |                              | SI                   | SI                       | SI                |
| COMPORTAMIENTO ANTE FUEGO                               |                    |                    |                              |                      |                          |                   |
| No propag. de llama<br>s/UNE-EN 50265-2-1               | SI (cubierta)      | SI (cubierta)      | SI                           | SI                   | SI                       | SI                |
| No propagador<br>del incendio<br>s/UNE-EN 50266-2-4     | SI (cubierta)      | SI (cubierta)      | SI                           | SI                   | SI                       | SI                |
| Reducida emisión<br>de humos<br>s/UNE-EN 50268          | SI (cubierta)      | SI (cubierta)      | SI                           | SI                   | SI                       | SI                |
| Libre de halógenos<br>s/UNE 50267-2-1                   | SI (cubierta)      | SI (cubierta)      | SI                           | SI                   | SI                       | SI                |
| Reducida emisión<br>gases tóxicos<br>NES 713, NFC 20454 | SI (cubierta)      | SI (cubierta)      | SI                           | SI                   | SI                       | SI                |
| Corrosividad de humos<br>s/UNE-EN 50267-2-3             |                    | SI (cubierta)      | SI (cubierta)                | SI                   | SI                       | SI SI             |
| Resistente al fuego<br>s/UNE-EN 50200                   |                    |                    |                              | SI                   | NO                       | SI                |

Tentsio altuko pantailen sekzioa (H) proiektu bakoitzean definitu eta kalkulatu da, Konpainia Elektroko emandako lurreko hutsegitearen intentsitatea kontuan izanda.

Tentsio baxuko kabletarako gutxieneko isolamendu-maila 0,6/1 kV-koa izango da. Larrialdietako zirkuituetarako kable-moten aukera lez zeta segurtasunarekin lotuta, isolamendu minerala duten kableak aipa daitezke. Suaren kontrako erresistentzia dute eta ke eta gas igorpen txikioa da estaldura.

Tuneleko suak iraun bitartean elikatze elektrikoak eta komunikazioak ahalik eta denbora luzeenean mantentzeko, babes osagarria izan dezakete kableak, erretiluetako edo kanalizazioetako erretiluez gain. Hala, N3 mailaren baldintzetan funtzioa dezakete (CN 240 HCM 120, surik gogorrenak iraun bitartean hari kontrako erresistentzia duen instalazioetan aplikatzen da).

Segurtasunarekin lotutako kableak, tunelaren barruan jarriak, metalezko erretiluetan joango dira eta suaren kontra 120 minutuko erresistentzia duten panel erregaitzez osaturiko hodiekin babestuko dira. Kutxeten sarrerako azken tartetik haizegailuetaraino babestuko dira aipaturiko kanalizazio horiek.

Suaren kontrako zoladura eramango duten zigitatze-panelen bidez sartuko dira kableak hormetan; uraren eta olioaren kontrako zoladura iragazkaitza izango da. Hormetan sartzen diren bi aldean zoladura horrekin zigitatuko dira kableak, eta zigitatze-sistema hori kableak aginte tokien edo ekipo elektrikoaren sarreretan ere aplikatuko da.

Segurtasuneko argien elikatze-zirkuituak suaren kontrako zuzeneko eraginetik babestuko dira, bai erabili beharreko kable-motaren kategorian hobea goa jarriz, bai lehenago aipaturiko babesa emanaz, zeren eta suak eragiten dituen tenperaturek kableak duen erresistentzia-maila gaindi baitezakete.

Eskakizun horiek betetzeko beste metodo bat potentzia eta argien elikatze banatzean datza, kantonamenduen printzipioaren bidez. Kantoiaren luzera, gehienez, 600 m-koa izango da.

Balizajearen argietako kantoekin luzera, printzipio horren arabera, 100 m-koa izango da gehienez.

La sección de las pantallas (H) de los cables de alta tensión se definirá y calculará en cada proyecto en función de la intensidad de falta a tierra dada por la Compañía eléctrica.

El nivel de aislamiento mínimo para los cables de baja tensión será de 0,6/1 kV. Como opción de tipo de cable para los circuitos de emergencia y relacionados con la seguridad cabe mencionar los cables con aislamiento mineral. Estos cables son resistentes al fuego y su recubrimiento es de baja emisión de humos y gases.

Con objeto de mantener las alimentaciones eléctricas y comunicaciones durante el máximo tiempo en un incendio dentro del túnel los cables deberán llevar una protección suplementaria además de las bandejas en galerías o conduits de manera que puedan funcionar en las condiciones del nivel N3 (CN 240 HCM 120, se aplica a las instalaciones que deben resistir el incendio mas violento durante la duración máxima del mismo).

Los cables relacionados con la seguridad e instalados dentro del túnel se tenderán en bandejas metálicas protegidas mediante conductos formados por paneles incombustibles resistentes al fuego durante 120 min. Estas canalizaciones protegidas lo serán en el último tramo de salida de las arquetas hasta los ventiladores.

El paso entre paredes se realizará a través de paneles de sellado que llevarán un revestimiento resistente al fuego, impermeable al agua y al aceite. Los cables deberán quedar sellados con este revestimiento a ambos lados de la penetración. Este sistema de sellado será aplicable también a la entrada de cables a cuadros o equipos eléctricos.

Los circuitos de alimentación de alumbrado de seguridad deberán ser protegidos de los efectos directos del fuego, bien incrementando la categoría del tipo de cable a utilizar o mediante las protecciones antes citadas ya que las temperaturas que se originan en un incendio pueden superar las correspondientes al nivel de resistencia del cable.

Otro método para cubrir estos requisitos consiste en realizar la distribución de alimentaciones de fuerza y alumbrado mediante el principio de cantonamientos. La longitud de los cantones no excederá de 600 m.

La iluminación de balizamiento se realizará según este principio con longitudes de cantón no superiores a 100 m.

Konexio-borneak termoegonkorrek izateaz gain, beroaren, sutearen, hezetasunaren eta ondoen aurkako erresistentzia dute, latoizko eroale-zatiarekin, kobre nikelatua edo eztaiztatuta edo antzekoa.

Zikinaren aurka babestutako zenbatutako tresnak izango dituzte.

Borneek gutxienez konektatutako kableak duen edukiaren bikoitza izango dute.

Eratorpen-kutxek zirkuituan eskatzen den sutearen aurkako erresistentziaren ezaugarri berberak izan behar dute.

Kantonamenduen printzipioaren arabera egingo da komunikazioen transmisioa ere; kantoiaren luzera, gehienez, 500 m-koa izango da hiriko tuneletan eta 800 m-koa hirikoak ez diren tuneletan.

Erretiluak, ahal dela, ez dira erabiliko zeruaren aldetik; hobe da horma pikoetan finkatzea. Bereizgailuak izango dituzte erretiluek, kableak transmititu beharreko seinale-motaren arabera banatzeko; hala, banatu egiten da indarra.

Haizegailuak elikatzeke, lur azpiko hodien bidezko kanalizazioa gomendatzen da, tunelean gerta litezkeen suteek ukitu ez dezaten. Hezetasunaren eta karraskarien kontrako erresistentzia duten kableekin jarriko dira instalazio horiek.

Komunikazio-kutxak 0,6/1KV isolamenduzkoak ez badira, ontzietan hodien barruan edo bereizita eta isolatuta eraman beharko dira.

#### 4.9. Kableak eta ekipo elektrikoak identifikatzeko sistema

##### 4.9.1. Koadroen identifikazioa

Koadro guztietan hondo zuridun formikaren plaka ezarriko da, eta koadroaren identifikazioa letra beltzez agertuko da, koadroaren goiko aldean kokatuta, gune zentrolean. Koadro bakoitzaren identifikazioa proiektuan adierazi eta Bizkaiko Foru Aldundiak onetsi behar du.

##### 4.9.2. Ezarritako tresnen identifikazioa

Koadroetan ezarritako tresna guztiak (tresnak, eragingailuak, etab.), aluminiozko plaken edo Bizkaiko Foru Aldundiak onartutako bestelako materialen bidez identifikatuko dira. Hondo zuriz agertuko da eta identifikazio-zenbakiak nahiz -letrak beltzez grabatuta agertuko dira.

Identifikazioa bikoitza izango da; bata, koadroen barruko aldean, eta tresnei atxikita egongo da, kableatua erraztu eta beharrezkoak diren alderatzeak egiteko, instalazioa abian jarri ostean; bestea, aldiz, aurreko aldean. Kasu horretan, tresnaren identifikazioaz gain, identifikazio funtzionala adieraziko da (elikatzen duen zirkuituaren izena).

Plakak koadroari kalterik egin gabe desmuntaketa egitea ahalbidetzen duten baliabide egokien bidez ezarriko dira.

Proiektuaren eskemetan jasotako osagai ezberdinak izendatu eta horiek tentsio baxuko koadroetan identifikatzeko, erreferentzia gisa 1974ko urtarrileko DIN 40719 (2. orria) araua hartuko dugu, edo EN 61.346-2:2000 «Industria-sistemak, instalazioak eta industria-ekipoak eta -produktuak». Egituraketaren printzipioak eta erreferentzia-izendapenak, 2. zatia: motetarako objektuen eta kodeen sailkapena», koadrogele gehienek erabilitakoak.

##### 4.9.2.1. Zerbitzuaren osagai-motak izendatzeko adierazleak, DIN 40719 (2. orria) araua aintzat hartuta

| Adierazlea | Zerbitzuaren osagai-mota   | Adibideak   |
|------------|--|---|
| A          | Eraikuntza-ekipoak, -eraikuntza ekipoen zatiak   | Anplifikadoreak, anplifikadore magnetikoak, laserra, maserra, tresnen konbinazioak.   |
| B          | Magnitute ez-elektrikoak magnitute elektriko bihurtzeko tresnak (bihurgailuak) eta alderantziz | Neurketa-bihurgailuak, zunda termoelektrikoak, termozezulak, zelula fotoelektrikoak, dinamometroak, kuartzozko beirak, mikrofonoak, pic-up, bozgorailuak, eremu birakariko tresnak, posizionadote angularrak. |
| C          | Kondensadoreak   |   |
| D          | Atzerapen-tresnak, memoria-tresnak, osagai bitarrak  | Atzerapen-eroaleak, lotura-osagaiak, osagai biegonkorak, osagai monoegonkorak, nukleo-en memoriak, erregistradoreak, dis-koen memoriak, zinta magnetikoaren tresnak.  |

Las bornas de conexión serán de material termoestable, resistente al calor, al fuego, a la humedad y a los hongos, con la parte conductora de latón, cobre niquelado o estañados o similar.

Tendrán dispositivos de numeración protegidos contra la suciedad.

Las bornas se elegirán con una capacidad mínima del doble de la del cable que se conecta.

Las cajas de derivación deberán tener las mismas características de resistencia al fuego que se exige al circuito al que pertenecen.

La transmisión de comunicaciones se realizará también mediante el principio de cantonamientos, la longitud de los cantones no excederá de 500 m en túneles urbanos y 800 m para túneles no urbanos.

Se deberá evitar el recorrido de bandejas por la zona cenital, es preferible su fijación en los hastiales. Las bandejas estarán dotadas de separadores para independizar los cables en función del tipo de señal a transmitir separándose fuerza de instrumentación.

Para la alimentación a los ventiladores la canalización recomendada será enterrada en tubos, con objeto de no verse afectada por posibles incendios en el interior del túnel. Estas instalaciones serán realizadas con cables resistentes a la humedad y roedores.

Los cables de comunicaciones si no son de aislamiento 0,6/1KV deberán ir entubados en las mismas bandejas o en una separada y aislante.

#### 4.9. Sistema de identificación de cables y equipos eléctricos

##### 4.9.1. Identificación de cuadros

Todos los cuadros dispondrán de una placa de formica de fondo blanco y con la identificación del cuadro en letras negras, localizada en la zona superior del cuadro en la zona central. La identificación de cada cuadro deberá ser indicada en el proyecto y aprobada por la Diputación Foral de Bizkaia.

##### 4.9.2. Identificación de los aparatos instalados

Todos los aparatos instalados en los cuadros (instrumentos, dispositivos de accionamiento, etc.), estarán identificados por medio de placas de aluminio o de otro material aceptado por la Diputación Foral de Bizkaia. El fondo será blanco y las letras y números de identificación estarán grabados en color negro.

Esta identificación será doble una por la parte interior de los cuadros y fijada a los aparatos, dispositivos etc., de forma que facilite la realización del cableado y posibilite las comprobaciones necesarias una vez puesta en marcha la instalación y otra por la parte frontal en la que además de la identificación del aparato, se indique su identificación funcional (nombre del circuito que alimenta).

Las placas se fijarán por medios adecuados que permitan su desmontaje sin dañar el cuadro.

Para la designación de los diversos elementos que figuran en los esquemas de proyecto y su identificación en los cuadros de baja tensión tomaremos como referencia la norma DIN 40719 hoja 2 de enero de 1974 o EN 61.346-2:2000 «Sistemas industriales, instalaciones y equipos y productos industriales.» Principios de estructuración y designaciones de referencia Parte 2: Clasificación de objetos y códigos para las clases.», empleadas por la mayoría de cuadristas.

##### 4.9.2.1. Indicativos para las designaciones de clases de elementos de servicio según DIN 40719 hoja 2

| Indicativo | Clase de elemento de servicio  | Ejemplos  |
|------------|--|---|
| A          | Grupos constructivos, partes de Grupos constructivos                             | Amplificadores, amplificadores magnéticos, láser, máser, combinaciones de aparatos.   |
| B          | Convertidores de magnitudes no eléctricas a magnitudes eléctricas y al contrario | Convertidores de medida, sondas termoelectricas, termocélulas, células fotoeléctricas, dinamómetros, cristales de cuarzo, microfones, pic-up, altavoces, aparatos de campo giratorio, posicionadotes angulares. |
| C          | Condensadores  |   |
| D          | Dispositivos de retardo, dispositivos de memoria, elementos binarios             | Conductores de retardo, elementos de enlace, elementos biestables, elementos monoestables, memorias de núcleos, registradores, memorias de discos, aparatos de cintas magnéticas.                               |

| Adierazlea | Zerbitzuaren osagai-mota                                     | Adibideak  |
|------------|--|--|
| E          | Askotarikoak   | Argiztapen-instalazioak, berokuntza-instalazioak; Koadro honen beste alderdi batean adierazi gabeko instalazioak.  |
| F          | Babes-tresnak  | Fusibleak, gaintentsioko deskargagailua, hesiak, haustura-fusibleak, babes-sareak, kliskagailua.   |
| G          | Elikaduraren sorgailuak                                      | Sorgailu birakariak, frekuentziako transformadore birakariak, bateriak, elikadura-ekipoak, osziladoreak, faseen erreguladorea.   |
| H          | Seinaleztapen-ekipoak  | Ikusteko eta entzuteko seinaleztapen-tresnak.  |
| J          | --   | --   |
| K          | Erreleak, kontaktoreak                                       | Potentziaren kontaktoreak, kontaktore lagungarriak, errele lagungarriak, etenako erreleak, denborazko erreleak   |
| L          | Induktibitatea   | Akaberako bobinak  |
| M          | Eragileak  |  |
| N          | --   | --   |
| P          | Neurketa-tresnak, proba-ekipoak                              | Neurketa-ekipoak, adierazleak, erregistradoreak eta kontadoreak, pultsu-igorgailuak, erlojuak  |
| Q          | Korrante gogorreko tresnak                                   | Potentziaren etengailuak, aukeragailuak, babes-etengailua, motorra babesteko etengailuak, etengailu automatikoak, karga baxuko fusibleen etengailuak.                            |
| R          | Erresistentziak  | Doikuntzaren erresistentziak, potentziometroak, erreostatoak, shunt-ak, eratorpeneko erresistentziak, termisoreak.   |
| S          | Etengailuak, aukeragailuak                                   | Karrerako amaierako sakagailuak, agente etengailuak, konmutador-aukeragailua, aukeragailu birakariak, egokigailuak, aukeragailuak, seinaleen igorgailuak.                        |
| T          | Transformadoreak   | Tentsioaren transformadoreak, intentsitatearen transformadoreak, transmisoreak.  |
| U          | Moduladoreak, bihurtzailuak                                  | Selektoreak, frekuentziaren bihurtzailuak, frekuentzia estatikoaren bihurtzailuen demuladoreak, kodifikazio-ekipoak, bihurtzailuak, inbertsoreak, erregulagailuak, onduladoteak. |
| V          | Balbulak, erdieroaleak                                       | Huts-balbulak, gasa, diodoak, transistorak, tiristorak deskargatzeko balbulak.   |
| W          | Gidatze-eroanbideak, uhin-gidagailuak                        | Konexio-hariak, kableak, banaketa-borneak, uhin-gidagailua, uhin-gidagailuek zuzendutako aklopamenduak, dipoloak, antena paraboloak.   |
| X          | Borneak, kabilak, kutxak                                     | Entxufearen kabilak eta kutxak, proben kabilak, borneen erregletak, soldaduraren erregletak.   |
| Y          | Modu mekanikoan akzionatutako ekipo elektrikoak              | Balaztak, enbrageak, balbulak, klapetak, akoplamenduak.  |
| Z          | Obturadoreak, konpentsazio-ekipoak, iragazkiak, mugatzaileak | Kableen fikziozko lineak, erreguladore dinamikokoak, beirazko iragazkiak.  |

| Indicativo | Clase de elemento de servicio                              | Ejemplos   |
|------------|--|--|
| E          | Diversos   | Instalaciones de alumbrado, instalaciones de calefacción; instalaciones que no están indicadas en otro lugar de este cuadro.   |
| F          | Dispositivos de protección                                 | Fusibles, descargador de sobretensión, barras, fusibles de ruptura, relés de protección, disparador.   |
| G          | Generadores de alimentación                                | Generadores rotativos, transformadores de frecuencia rotativos, baterías, equipos de alimentación, osciladores, regulador de fases.  |
| H          | Equipos de señalización                                    | Aparatos de señalización ópticos y acústicos.  |
| J          | --   | --   |
| K          | Relés, contactores   | Contactores de potencia, contactores auxiliares, relés auxiliares, relés intermitentes, relés de tiempo.   |
| L          | Inductividad   | Bobinas de alisado.  |
| M          | Motores  |  |
| N          | --   | --   |
| P          | Aparatos de medida, equipos de pruebas                     | Equipos de medida indicadores, registradores y contadores, emisores de impulso, relojes.   |
| Q          | Aparatos de maniobra de corriente fuerte                   | Interruptores de potencia, seccionadores, interruptor de protección, interruptores de protección de motor, interruptores automáticos, interruptores fusibles bajo carga.     |
| R          | Resistencias   | Resistencias de ajuste, potenciómetros, reostatos, shunts, resistencias en derivación, termisores.   |
| S          | Interruptores, selectores                                  | Pulsadores finales de carrera, interruptores de mando, conmutador-selector, selectores rotativos, adaptadores selectores, emisores de señales.                               |
| T          | Transformadores  | Transformadores de tensión, transformadores de intensidad, transmisores.   |
| U          | Moduladores, convertidores                                 | Discriminadores, convertidores de frecuencia, demoduladores convertidores de frecuencia estático, equipos de codificación convertidores inversores, variadores, onduladotes. |
| V          | Válvulas, semiconductores                                  | Válvulas de vacío, válvulas de descarga en gases, diodos, transistores, tiristores.  |
| W          | Vías de conducción, guíaondas                              | Hilos de conexión, cables, bornas de distribución, guíaondas, acoplamientos dirigidos por guíaondas, dipolos, antenas parabólicas.   |
| X          | Bornas, clavijas, cajas                                    | Clavijas y cajas de enchufe, clavijas de pruebas, regletas de bornas, regletas de soldadura.   |
| Y          | Equipos eléctricos accionados mecánicamente                | Frenos, embragues, válvulas, clapietas, acoplamientos.   |
| Z          | Obturadores, equipos de compensación, filtros, limitadores | Líneas ficticias de cables, reguladores dinámicos, filtros de cristal.   |

#### 4.9.2.2. Bizkaiko Foru Aldundiaren onespena

Identifikazio-plaken egoera, ezarpen-mota eta identifikazio-plaken materiala Bizkaiko Foru Aldundiak onetsiko ditu. Horretarako, eredu-plaka bat eman beharko da, horiek bat egin aurretik.

#### 4.9.3. Koadroen barruko kableatuaren identifikazioa

Koadroaren osagaien arteko konexio-kable guztien (tresnak, seinaleztapen-osagaiak, lanabesak, akzionamendu-tresnak, e.a.) bi hertzetan euren identifikazioa agertuko da, seinaleztapen-osagai malguekin eta grabatu ezabaezinarekin, mahuka termoertraktilarekin, ferrule serigrafiatu edo grabatu ezabaezinekin edota kalitatearen eta prestazioen ikuspuntutik Bizkaiko Foru Aldundiak onetsitako baliabide baliokideekin.

Identifikazioa egiteko erabili beharreko sistema adierazitako bi moduetan egin ahal izango da, eta aukeraketa BFAK onetsi beharko du:

#### 4.9.2.2. Aprobación por parte de la Diputación Foral

La situación de las placas de identificación, el tipo de fijación y el material de las placas de identificación será aprobada por la Diputación Foral de Bizkaia, para lo que será precisa la entrega de una placa tipo, antes de proceder al acopio de las mismas.

#### 4.9.3. Identificación de cableado interior de los cuadros

Todos los cables de interconexión entre elementos de cuadro (aparellaje, elementos de señalización, instrumentos, dispositivos de accionamiento, etc.) irán identificados en ambos extremos con elementos de señalización flexibles y con grabado indeleble, con manguito termorretráctil, ferrules serigrafiados o grabados con indeleble u otro sistema equivalente en calidad y prestaciones aprobado por la Diputación Foral de Bizkaia.

El sistema a utilizar para la identificación se podrá realizar de las dos formas que se indican y la elección de uno u otro deberá ser aprobado por la DFB:

### 1. sistema

Kablearen hertz bakoitzean identifikazio bikoitza agertuko da:

- Lehenengo identifikazioa: lotutako osagaiaren bornearena.
- Bigarren identifikazioa: beste ertzari dagokion osagaiaren bornearena.

Identifikazio hori ezabaezina izango da eta zirkuitu elektrikoaren ezaugarria adieraziko da, 4.9-1 Taula. Koloreen arabera identifikazioaren irizpidea kontuan izanda.

### 2. sistema

Kontrol-kable bakoitza planoetan erreferentzia unibokoaren bidez identifikatuta egongo da (kablearen zk.).

- Kablearen ertz bakoitzean erreferentzia hori adieraziko da.
- Zubiak edo ekipo bat baino gehiago konektatzeaz gain, ikuspegi elektrikitik erkidetzat jo daitezkeen kableen kasuan, beti zenbaki berdina adieraziko da, baldin eta ikuspuntu fisikitik koadroan lotuta agertzen badira (mekanika eta ikuspegi elektrikitik lotuta).

Identifikazio hori ezabaezina izango da eta zirkuitu elektrikoaren ezaugarria adieraziko da, 4.9-1 Taula. Koloreen arabera identifikazioaren irizpidea kontuan izanda.

#### 4.9-1 Taula. – Koloreen arabera identifikazioaren irizpidea

| Zirkuitua   | Kolorea |
|---|---------|
| Etengabeko korrontea: Positiboa eta zuzenakoa           | Gorria  |
| Etengabeko korrontea: Negatiboa eta zuzenakoa           | Urdina  |
| Etengabeko korrontea: Positibo/negatiboa eta zeharkakoa | Berde   |
| Etengabeko korrontea: Bihurgailuen irteera              | Horia   |
| Korrante alternoa: Tentsioak                            | Beltza  |
| Korrante alternoa: Intentsitateak                       | Zuria   |

#### 4.9.4. Koadroaren barruko kableatuaren proiektua eta osagaien eskuragarritasunak

Kableatu horren proiektua koadroen fabrikatzaileak edo ekipoen hornitzaileak egingo du.

Hona hemen ekipo bakoitzarekin eman beharreko planoak:

- Koadroa jasotzen duen planoaren azala.
- Zenbakia, plano bakoitzaren izenburua eta berrikuspena jasotzen dituen planoen aurkibidea.
- Eskema hari-bakarrak.
- Hiru hariako eskemak eta kontrol-eskemak, erabilitako tresnak eta erreleak kontuan izanda.
- Tresnen eskuragarritasun fisikoa, zenbaki funtzionalak, marka, mota eta fabrikazioaren ezaugarriak eta kableatuaren izendapenak adierazita.
- Indar borneroa, identifikazioarekin batera.
- Kontrol borneroa, identifikazioarekin batera.
- Kableen zerrendak, konektatutako koadroen borneak aipatuta, bai eta horrek elikatzen dituen ekipoak aipatuta ere.
- Koadroen barruko kableatuaren orriak, sarrera bikoitzeko kableatu-sistemekin, kablearen bi alderdietan jatorrizko eta destinoko identifikazio gurutzatuaren, kablearen atalaren eta identifikazio-kolorearen eskakizunarekin batera.

### 5. ENERGIA ELETRIKOAREN KONTROLA

Bide osoan izan behar da energia eta kontroleko sistemaren pantailan ikusteko modua egongo da; energia beharrezkoa den toki guztietan eta beharrezkoa denean etengabe erabilgarri egongo dela ziurtatuko behar da. Energia hornidura segurua izan dadin, honako hauekin diseinatuko da hornidura: energiaren iturri nagusia, iturri erredundantea eta iturri bat beste batekin txandakatzea seguru egiten duten konmutazio sistema lehen energia iturriak huts egiten duen

### Sistema 1

Cada extremo del cable llevará doble identificación:

- Primera identificación: la de la borna del elemento a la cual está asociado.
- Segunda identificación: la de la borna del elemento correspondiente al otro extremo.

Esta identificación se realizará de forma indeleble y se marcará la característica del circuito eléctrico según el criterio de la Tabla 4.9-1 Criterio de identificación por colores.

### Sistema 2

Cada cable de control estará identificado por una referencia unívoca en los planos (número de cable).

- En cada extremo del cable se marcará con dicha referencia.
- En caso de cables que realicen puentes y/o conecten más de un equipo y se puedan considerar eléctricamente comunes se marcará con el mismo número siempre y cuando estén físicamente unidos en el cuadro (mecánica y eléctricamente unidos).

Esta identificación se realizará de forma indeleble y se marcará la característica del circuito eléctrico según criterio de la Tabla 4.9-1 Criterio de identificación por colores.

#### Tabla 4.9-1 – Criterio de identificación por colores

| Circuito   | Color    |
|--|----------|
| Corriente continua: Positivo directo             | Rojo     |
| Corriente continua: Negativo directo             | Azul     |
| Corriente continua: Positivo/negativo indirectos | Verde    |
| Corriente continua: Salida convertidores         | Amarillo |
| Corriente alterna: Tensiones                     | Negro    |
| Corriente alterna: Intensidades                  | Blanco   |

#### 4.9.4. Proyecto del cableado interno de los cuadros y disposiciones de elementos

El proyecto de este cableado será realizado por el fabricante de los cuadros o suministrador de los equipos.

Los planos a entregar con cada equipo serán:

- Portada de plano donde se indique el cuadro de que se trata.
- Índice de planos en el que figure su número, título de cada plano y revisión en el que se encuentra.
- Esquemas unifilares.
- Esquemas trifilares y del control en función del aparellaje y relés utilizados.
- Disposición física de aparatos, con indicación de números funcionales, marca, tipo y características de fabricación y denominaciones para cableado.
- Borneros de fuerza con su identificación.
- Borneros de control con su identificación.
- Listas de cables con referencia de las bornas de los cuadros a los que se conectan y referencia de los equipos a los que alimentan.
- Hojas de cableado del interior de los cuadros, con sistemas de cableado de doble entrada que requiere la identificación cruzada de origen y destino en ambos extremos del cable, sección de cable y color de identificación.

### 5. CONTROL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía debe estar disponible en todo el viario y ser monitorizada por el sistema de control, asegurando su disponibilidad continua en todos los puntos en que sea necesaria y en el momento en que sea preciso. Para hacer seguro el suministro de energía, éste está diseñado con una fuente principal de energía, una fuente redundante y un sistema de conmutación que hace seguro el relevo de una fuente por otra, en caso de fallo en el suministro de la pri-



kasuetan. Gainera, Etengabeko Elikatze Sistemak (EES) tentsioan eta maiztasunean egonkorturiko energia ematen du, eta erantzukizun handiena duten taldeen funtzionamendua ziurtatzen du konmutazioa gertatzean eta bi iturriek huts egiten dutenean; izan ere, konmutazioa hainbat minutuz luza daiteke.

Energia eta kontroleko sistemak halako moldez diseinatu behar dira non azken horretako pantailan energiaren instalazioak agertuko baitira; hala, operadoreak denbora errealean matxuraren kausei buruzko informazioa emango duela ziurtatuko da. Horretarako, sensorak jarriko dira, gutxienez honako seinale hauek izan ditzaten:

- Tentsio baxuko aginte toki orokorretan automatismo orokorrak.
- Aginte toki bakoitzeko magnetotermikoak eta diferentzialak.
- Neurketa-estazioa RS485 konexioarekin:
  - Sareko sarrerak.
  - Talde elektrogenoa edota iturri erredundantea.
  - EES.
- Transformazilearen alarmak:
  - Temperatura.
- Talde elektrogenoaren edota elikatze-iturriaren egoerak eta alarmak
  - Martxan egotea.
  - Olioaren alarma.
  - Gasolioaren alarma.
  - Tenperaturaren alarma.
- EESren egoerak eta alarmak:
  - Berehalako geldialdiaren alarma.
  - Gainkargaren alarma.
  - Sareko funtzionamendua.
  - Bateriako funtzionamendua.
  - Eskuzko by passeko funtzionamendua.
  - Bateriaren karga neurtzea.
- Sarea, taldea, EES konmutatzeko alarma. EESk komunikazioa izango du RS485 delakoaren bidez.

### 5.1. Mantentzea

Argien instalazioetako mantentze-lan espezifikoak edozein direla-eta, akats elektrikoak aztertu behar dira; izan ere, akatsak gertatzen dira hodiak eta sare elektrikoak zaharrak direlako, kontaktu elektrikoak herdoilduta eta loka daudelako, lurrerako sistemak eta dispositiboak akatsak dituztelako, lanen ondorioz hodiak hautsi direlako, lurra mugitu delako, etab.

Honako hauek direla-eta, instalazioen funtzionamendu egoia ezarri beharra dago: era horretako instalazioak aire zabalean jartzea, zenbait elementu erraz eskuratzeko modukoak izateak dakarren arriskua eta instalazio horiek bide-segurtasunean eta pertsonen eta ondasunen segurtasunean duten eginkizun garrantzitsua.

Hortaz, denboraren joan-etorriarekin instalazio elektrikoak hondatu ez daitezten, mantentze bikoitza egingo da modu egokian; mantentze pribatiboa deritzona, denboraren programazioa eginda jarduketa sistematiko jakin batzuk burutzean datzana eta bestetik mantentze zuzentzailea, matxuratutako instalazioak konpontzeko edo kalteturiko instalazioak funtzionamendu egoera egokira itzultzeko beharrezko eragiketak biltzen dituena. Mantentze prebentzioa behar bezala eta lantzean behin egiten bada, mantentze zuzentzaileko eragiketak ez dira hain handiak izango eta ez dira hain maiz burutuko.

Honako hauek bilduko dituzte mantentze prebentiboko lanek:

- Armairuak egiaztatzea, artatzea eta garbitzea.
- Tokiko edota urrutiko funtzionamendua egiaztatzea.
- Automatismoak egiaztatzea.
- Kanalizazio elektrikoak egiaztatzea eta artatzea.

mera. Además, un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) proporciona energía estabilizada en tensión y frecuencia y asegura el funcionamiento de los equipos de mayor responsabilidad en el momento de la conmutación, que puede llevar algunos minutos, y en caso de eventual fallo de las dos fuentes.

Se debe diseñar los sistemas de energía y de control para que este último monitorice las instalaciones de energía, asegurando de esa forma una información al operador en tiempo real de las causas de una eventual avería. Para ello se instalarán sensores para que al menos se dispongan de las siguientes señales:

- Automáticos generales en los cuadros Generales de Baja Tensión.
- Magnetotérmicos y diferenciales de cada cuadro.
- Estación de medida con conexión RS485:
  - Entradas de la red.
  - Grupo electrógeno/fuente redundante.
  - SAI.
- Alarmas del transformador:
  - Temperatura.
- Estados y alarmas del grupo electrógeno/fuente de alimentación:
  - Estado en marcha.
  - Alarma aceite.
  - Alarma gasóleo.
  - Alarma temperatura.
- Estados y alarmas del SAI:
  - Alarma parada inminente.
  - Alarma sobrecarga.
  - Funcionamiento en red.
  - Funcionamiento en batería.
  - Funcionamiento en by pass manual.
  - Medida de la carga de las baterías.
- Alarma de conmutación red, grupo, SAI. El SAI dispondrá de comunicación vía RS485.

### 5.1. Mantenimiento

Independientemente de las labores de mantenimiento específicas de la instalación de alumbrado se deben contemplar los fallos eléctricos cuyas causas más frecuentes hay que encontrarlas en el envejecimiento de los conductores y redes eléctricas, en la oxidación y aflojamiento de los contactos eléctricos, defectos en los dispositivos y sistemas de puesta a tierra, a las roturas de conductores debidas a trabajos, deslizamientos de terreno, etc.

La peculiar implantación de este tipo de instalaciones a la intemperie, el riesgo que implica que parte de sus elementos sean fácilmente accesibles, así como la función importante que dichas instalaciones desempeñan en materia de seguridad vial, así como de las personas y los bienes, obligan a establecer un correcto mantenimiento de las mismas.

Por tanto, al objeto de evitar la degradación de las instalaciones eléctricas en el transcurso del tiempo, se realizará un adecuado doble mantenimiento, el denominado preventivo que establecerá una programación en el tiempo consistente en efectuar sobre las instalaciones un cierto número de intervenciones sistemáticas, y el mantenimiento correctivo, que comprenderá una serie de operaciones necesarias para reponer las instalaciones averiadas o que han sufrido deterioro a un correcto estado de funcionamiento. Cuando se lleve a cabo correctamente y de forma regular el mantenimiento preventivo, las operaciones de mantenimiento correctivo serán menos importantes y frecuentes.

Los trabajos de mantenimiento preventivo comprenderán los siguientes:

- Verificación, conservación y limpieza de armarios.
- Verificación de funcionamiento local/remoto.
- Verificación y comprobación de automatismos.
- Verificación y conservación de las canalizaciones eléctricas.

- Tentsio altuko eta baxuko lineen isolamendu elektrikoa neur-tzea.
- Tentsio baxuko instalazioetan elektrizitatea banatzeko zen-troen eta transformazio zentroen lurreko sareak neurtzea (urtero).
- Pasoko tentsioak neurtzea, kontaktukoak eta transferituri-koak, instalazioa abiarazi baino lehen eta gutxienez hiru urte-rik behin egin beharrekoa.

Mantentze zuzentzaileko eragiketetan, trafiko istripuaren, ekintza bandalikoaren, eta abarren ondorioz akatsak dituen edozein material aldatuko da eta instalazio elektrikoak osatzen dituzten ele-mentuen akats elektrikoak edo mekanikoak eragindako matxurak konponduko dira gehienez 24 orduko epearen barruan.

### 5.1.1. *Mantentze prebentiborako programazioa*

Ondoko programazioa izango du mantentze prebentiboak, jarraian agertzen diren eragiketen aldizkakotasuna izanik:

1. Aginte eta neurketa zentroak:
  - Armairua urtean behin berrikustea.
  - Babesak urtean behin egiaztatzea (etengailuak eta fusibleak).
  - Instalazioa lurrean ezartzeko sistema egiaztatzea urtean behin.
  - Instalazioa pizteko eta itzaltzeko dispositiboa kontrolatzea 6 hilean behin.
2. Instalazio elektrikoa:
  - Elikatze-tentsioa erregistratzea 6 hilean behin, 24 orduz.
  - Potentzia-faktorea erregistratzea 6 hilean behin, 24 orduz.
  - Lurreko hartuneak urtean behin berrikustea.
  - Lurrekiko loturako linearen jarraitortasuna urtean behin egia-ztatzea.
  - Instalazioa lurrean ezartzeko sistema urtean behin kon-trolatzea.
  - Potentzia eta kontroleko konexioak egiaztatzea.
  - Eroaleen isolamendua urtean behin egiaztatzea.
  - Sei hilean behin garbitzea.

Mantentze prebentiboaren programazioan ezarritako ekintzei kalterik egin gabe, horniduraren tentsioak, intentsitateak, potentzia-faktorea, etab. neurtuko dira aldiari-aldiari.

### 5.1.2. *Mantentze zuzentzailea*

Instalazio elektrikoetako matxurak antzemateko eta konpon-tzeko beharrezko eragiketak biltzen ditu, eta haren helburuak matxu-rak arin antzematea eta kostu txikiko jarduketak burutzea izango dira, betiere era horretako instalazioen segurtasuna hobetuko duen konponketaren kalitate ona izanik; gainera, kudeaketa zentraliza-tuko sistemak jar daitezke. Matxuraturiko elementuak aldatzeaz edo konpontzeaz gain, matxura eragileak kentzen direla egiaztatu beharko da konponketa lanetan, berriz ere gerta ez daitezten.

## 5.2. *Energi eraginkortasunari buruzko irizpideak*

Hauexek izango dira errepideak argitzeko eta tunelen argiz-tapenerako instalazioetan kontuan izan beharreko energi eragin-kortasunari buruzko irizpideak:

- Ibilgailuentzako abiadura handiko bideetarako ezarritakoak izango dira argiztapen-mailak, proiektuko egoerari dagozkionak, eta ahal dela ez dira aipaturiko maila horiek gaindituko.
- Argi eraginkortasun handiena ematen duten lanpara-motak erabili beharko dira kolore-errendimenduaren, batezbesteko iraupenaren, eta abarren mugen barruan.
- Lanparek emandako argi-fluxua behar bezala aprobetxa-tzea ahalbidetuko dute herri argien instalazioen diseinuak eta luminarien errendimenduak; horretarako, proiektuko kal-

- Medida de aislamiento eléctrico de líneas de Alta y Baja Ten-sión.
- Medida de redes de tierras en centros de transformación y centros de reparto a instalaciones de Baja Tensión (todos los años).
- Medida de tensiones de paso, contacto y transferidas, a rea-lizar antes de la puesta en marcha y al menos cada tres años.

Las operaciones de mantenimiento correctivo consistirán en reemplazar cualquier material defectuoso como consecuencia de un accidente de tráfico, actos de vandalismo, etc. y en reparar las averías ocasionadas por fallos eléctricos o mecánicos de los elementos que componen las instalaciones eléctricas, en un plazo no superior a las 24 horas.

### 5.1.1. *Programación del mantenimiento preventivo*

El mantenimiento preventivo comprenderá la siguiente pro-gramación con la periodicidad en las operaciones que se indican:

1. Centros de Mando y Medida:
  - Revisión del armario 1 vez al año.
  - Verificación de protecciones (interruptores y fusibles) 1 vez al año.
  - Comprobación de la puesta a tierra 1 vez al año.
  - Control dispositivo encendido /apagado instalación una vez cada 6 meses.
2. Instalación Eléctrica:
  - Registro de tensión de alimentación una vez cada 6 meses, durante 24 horas.
  - Registro del factor de potencia una vez cada 6 meses, durante 24 horas.
  - Revisión de las tomas de tierra 1 vez al año.
  - Verificación de la continuidad de la línea de enlace con tie-rra 1 vez al año.
  - Control del sistema global de puesta a tierra de la instala-ción 1 vez al año.
  - Verificaciones de las conexiones de potencia y control.
  - Comprobación del aislamiento de los conductores 1 vez al año.
  - Limpieza cada seis meses.

Sin perjuicio de las acciones establecidas en la programación del mantenimiento preventivo, periódicamente se medirán las ten-siones de suministro, intensidades, factor de potencia, etc.

### 5.1.2. *Mantenimiento correctivo*

Comprenderá las operaciones necesarias para la detección y reparación de las averías en las instalaciones eléctricas, y sus objetivos serán la rapidez en la detección y actuación a un coste bajo, con una buena calidad en la reparación que mejore la segu-ridad de este tipo de instalaciones, pudiendo implantarse sistemas de gestión centralizada. La reparación incluirá además de la sus-titución o arreglo de los elementos averiados, la comprobación de la eliminación de las causas de la avería, evitando su repetición.

## 5.2. *Criterios de eficiencia energética*

Los criterios de eficiencia energética a tener en cuenta en las instalaciones de iluminación de carreteras y alumbrado de túne-les serán los siguientes:

- Los niveles de iluminación serán los establecidos para las vías de tráfico rodado de alta velocidad correspondientes a situaciones de proyecto y se evitará superar los mismos.
- Deberán utilizarse, dentro de los límites de rendimiento de color, vida media, etc., los tipos de lámparas de mayor efi-cacia luminosa.
- El diseño de la instalación de alumbrado público y el ren-dimiento de las luminarias permitirán el óptimo aprove-chamiento del flujo luminoso emitido por las lámparas, para

kuluak eta abiarazi baino lehen egin beharreko neurketei buruzko dossierrak hartuko dira oinarritzat; gutxienez urtean behin egin beharreko neurketak gehituko zaizkio dossierrari. Izan ere, urteko neurketa horiek instalazioak dituen beharrak utziko ditu agerian beiren garbiketari, itxierari, eta abarri dagokionez.

- Argien maila erregulatzeko sistemak aurreikusiko dira, kontsumo-ekonomiarako komenigarriak izan daitezkeenak.
- Ahal denean, halako moldez eraikiko dira galtzadetako zoladurak non luminantzia-koefiziente altua edo Qo argitasun-gradu ertaina ahalbidetuko baitute, baita S1 espekulazio-faktore baxua ere. Hortaz, energia aurrezteari dagokion portzentajea eskuratuko da.
- Instalazioari berari dagozkion galerak mugatuko dira, bereziki horniduraren tentsio handiegia dela-eta elikatze lineetan eta kontsumoetan Joule efektuak eragindakoak.
- Instalazioko osagarrien kalitateak eta egokitzapenak ez ditu disfuncziorik eragin behar, kontsumoa igoaraz dezaketen disfunczioak hain zuzen ere.
- Hilero zainduko da faktura elektrikoa, pizteko eta itzaltzeko sistemen eraginkortasuna kontrolatuz egun eguzkitsuen, egun lainotuen, egunsentiaren edo iluntzearen eta gidatuko argiteria modernoko fluxuaren erregulazioaren arabera.
- Lineen banaketa eta maniobrako dispositiboak lagungarriak izango dira aldi batez argirik behar ez den aldeetan ez jarzeko.
- Itzaltze eta pizte sistemek ez dute instalazioek funtzionatzeko beharrezkoa ez den denboran luzatu behar.
- Energiaren potentzia kontrolatzeko eta neurtzeko dispositiboak instalazioaren ezaugarrietarako eta aurreikusitako kontratazio-motarako egokienak direnak izango dira betiere.
- Ahal dela ez da energia errektiboa kontsumituko.
- Instalazio bakoitzerako kontratazio tarifarik egokiena aukeratu behar da eta hilero kontrolatu behar da faktura elektrikoa egokia den ala ez.

Hasiera-hasieratik, instalazioen artapena eta mantentzea hartuko dira aintzat eta programatuko dira.

ello se tomará base los cálculos de proyecto y los dossier de mediciones a realizar antes de la puesta en marcha, que se compararán con mediciones a realizar cuando menos una vez al año. Estas mediciones anuales marcarán las necesidades de la instalación en cuanto a limpieza de vidrios, cierre, etc.

- Se preverán los sistemas de regulación del nivel de iluminación que puedan ser convenientes a la economía de consumo.
- Cuando sea posible, sería recomendable la construcción de los pavimentos de las calzadas que permitan un elevado coeficiente de luminancia medio o grado de luminosidad Qo y un factor especular S1 bajo y, por tanto, un porcentaje de ahorro energético.
- Se limitarán las pérdidas propias de la instalación, especialmente las debidas al efecto Joule en líneas de alimentación y los consumos por sobretensión de suministro.
- La calidad y adecuación de los componentes de la instalación evitarán disfuncionalidades que puedan repercutir en incrementos de consumo.
- Se vigilará mes a mes la factura eléctrica controlando la eficaz actuación de los sistemas de encendidos y apagados en función de días soleados, nublados, crepúsculo o nocturno y la regulación del flujo en alumbrado moderno de guiado.
- La distribución espacial de líneas y dispositivos de maniobra facilitarán la exclusión de zonas donde el alumbrado no sea necesario temporalmente.
- Los sistemas de encendido y apagado deberán evitar la prolongación innecesaria de los períodos de funcionamiento de las instalaciones.
- Los dispositivos de control de potencia y medición de energía serán los adecuados a las características de la instalación y a la modalidad de contratación prevista.
- Se evitará el consumo de energía reactiva.
- Deberá seleccionarse la tarifa de contratación más adecuada a cada instalación y controlar mes a mes la idoneidad de la factura eléctrica.

Desde el instante inicial, se considerarán y programarán la conservación y mantenimiento de las instalaciones.

## DISEINU SEGURURAKO JARRAIBIDE TEKNIKOAK

### (III) ARGITERIA

#### 1. XEDEA

Jarraibide Tekniko honen xedea Bizkaiko Foru Aldundiaren eremu geografikokoak diren tunelen ustiapenean, zerbitzuan jarztean, eraikuntzan, proiektuan eta plangintzan energia elektrikoa-ren horniduraren eta argiztapen instalazioak betetzeko xedapen eta zehaztapen teknikoak betetzea da.

Bizkaiko Foru Aldundiak ezarritako helburuak betetzea da honako dokumentu honen xedea:

Tuneletako plangintza-egileari, proiektu-egileari, eraikitzaileari edo ustiatzaileari lagungarri izango zaien gida bat eman nahi da, nork bere etapan segurtasunaren eskakizunei buruzko diseinuaren, eraikuntzaren, prestaketaren eta ustiapenaren gaineko jarraibide teknikoak izan dezaten; hala, horien guztien jarraibidearen edukia landu ahal izango dute.

Herri administrazioaren eskakizunak teknikoki zehaztea, eskatzekoa den lege markoaren eginkizuna bete dezaten.

Errepideetako tunelen ustiapenean zerbitzu-maila altuari eustea, tunelen barruan dauden pertsonen segurtasuna eta ongizatea hobetuz, baita tunelen kudeaketa ekonomikoa hobetzen laguntzea ere.

## INSTRUCCIONES TÉCNICAS PARA DISEÑO SEGURO DE TÚNELES

### (III) ALUMBRADO

#### 1. OBJETO

La presente Instrucción Técnica tiene por objeto definir las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones de alumbrado y suministro de energía eléctrica en los túneles en explotación, puesta en servicio, construcción, proyecto, y planeamiento pertenecientes al ámbito geográfico de la Diputación Foral de Bizkaia.

Este documento persigue los siguientes objetivos establecidos por la Diputación Foral de Bizkaia. A saber:

Disponer de una guía que sirva de ayuda al planificador, proyectista, constructor o explotador de túneles en carretera para que, cada uno en las etapas de su incumbencia, tenga una instrucción técnica clara de diseño, construcción, puesta en servicio y explotación sobre los requerimientos de seguridad que le permita desarrollar sus cometidos.

Concretar técnicamente las exigencias de la Administración Pública, de forma que sirvan de marco legal exigible.

Mantener un elevado nivel de servicio en la explotación de túneles viarios, incrementando la seguridad y bienestar de las personas en su interior, así como contribuir a la mejor gestión económica de los túneles.

## 2. NORAINOKOA

Jarraibide tekniko hau zerbitzuan dauden tuneletan eta oraindik ustiatu gabe, zerbitzuan jartzeko prozesuan, eraikuntza-fasean, proiektu-fasean edo plangintza-fasean aurkitzen diren tuneletan aplikatuko da, betiere Bizkaiko Lurralde Historikoko errepideen sarearen barnean badaude, Bizkaiko Errepideei buruzko otsailaren 18ko 2/1993 Foru Araua eta tunelen errepideetako segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuaren 2. artikuluan ezarritakoa aintzat hartuta.

Jarraibide teknikoaren bidez nahitaez bete beharreko segurtasun-betekizunak definitzen dira.

Jarraibide hau argitaratzen den unean zerbitzuan jartzeko prozesuan edo eraikuntza-fasean aurkitzen diren tunelak, jarraibidean jasotako betekizun zehatz batzuk praktikan bete ezin diren edo proportziorik gabeko kostua duten konponbide teknikoen gauzatu beharreko kasuetan, Administrazio Agintariak arriskua murrizteko bestelako neurriak aplikatzeko baimena emango du, baldin eta arriskua murrizteko neurri horiek segurtasun maila bera edo handiagoa eskaintzen badute. Tunelaren kudeatzaileak, neurri horiek proposatu dituenak, horien eraginkortasuna egiaztatu beharko du, Arrisku Azterketaz baliatuta.

Txosten hori Ikuskapen Erakundeak auditatuko du, eta horrek Administrazio Agintariari Segurtasun Irizpidea igorriko dio. Hain zuzen ere, beharrezkoa izango da horren aldeko balorazioa Administrazio Agintariaren baimena eskuratzeko.

Tunelaren kudeatzaileak, zuzenean edo kontratista edo ustiatzen duen enpresaren bidez (kudeatzaile ordezkariak), errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 5. artikulua betetzen dela bermatzeko beharrezko giza baliabideak eta baliabide materialak jarriko ditu, eta bereziki, ikuskapen organoaren ikuskapenetan, probetan, entseguetan, ikuskapen, gainbegiratze- eta ebaluazio-zereginetan, jardute-protokoloen simulakro edo simulazioetan, bai eta lanetan segurtasunerako baldintzak bermatzeko ere (adibidez: erriak ixtea, seinaleak jartzea).

## 3. KODEAK, ARAUAK ETA ARAUDIAK

Jarraian, agiri honetan aplikatzen diren arauak eta araudiak aipatuko dira:

- Zentral elektrikoaren, azpiestazioen eta transformazio zentroen baldintza teknikoei eta segurtasun bermei buruzko araudia. (Industria eta Energia Ministerioa).
- Tentsio Baxurako Araudi Elektroteknikoa. Jarraibide tekniko osagarriak. (Zientzia eta Teknologia Ministerioa). Abuztuaren 2ko 842/2002 Dekretua, 2002ko irailaren 18ko 224 zk.ko EAOren gehigarria.
- Errepideak eta tunelak argitzatzeko gomendioak (Sustapen Ministerioa – 1999).
- Guide for the lighting of road tunnels and underpasses. (Argitalpena CIE 88 – 2004).
- Road lighting – Part 1: Selection of lighting classes. (DRAFT prEN 13201-1 – 1998).
- Road lighting – Part 2: Performance requirements. (DRAFT prEN 13201-2 – 2003).
- Road lighting – Part 3: Calculation of performance. (DRAFT prEN 13201-3 – 2003 + EN 13201-3/AC:2005).
- Road lighting – Part 4: Method of measuring the light performance of installations. (DRAFT prEN 13201-4 – 2003).
- DIN 67524 standard alemana (1972ko edizioa).
- CIEren argitalpena, 33/AB-1977. Herri Argiterien instalazioen balio galera eta mantentzea.
- CIEren argitalpena, 34-1977. Argiteriaren instalazioetarako luminariak. Datu fotometrikoak, sailkapena eta jokabidea.
- CIEren argitalpena, 61-1984. Tunelen sarreratako argiztapena.
- CIEren argitalpena, 88-2004. Errepideko tunelak eta lur azpiko pasabideak argitzatzeko gida.
- UNE Arauak.

## 2. ALCANCE

La presente Instrucción técnica se aplicará a los túneles en servicio y a los túneles que aún no estando en explotación, se encuentran en fase de puesta en servicio, en fase de construcción, en fase de proyecto o en fase de planeamiento, de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según Norma Foral 2/1993, del 18 de febrero de Carreteras de Bizkaia y según la definición de túnel establecida en el artículo 2 del Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

La Instrucción técnica define los requisitos de seguridad que serán de obligado cumplimiento.

Para túneles en servicio o en construcción en el momento de publicación de la presente Instrucción, en el caso de que determinados requisitos indicados en la instrucción solo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas de imposible ejecución en la práctica o que tengan un coste desproporcionado, la Autoridad Administrativa podrá autorizar que se apliquen otras medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando estas medidas de reducción del riesgo den lugar a un nivel equivalente o mayor de seguridad. El Gestor del Túnel, proponente de estas medidas, deberá justificar la eficacia de las mismas mediante un Análisis de riesgo.

Este informe será auditado por el Organismo de Inspección, quien remitirá a la Autoridad Administrativa un Dictamen de Seguridad, cuya valoración favorable será necesaria para obtener la autorización de la Autoridad Administrativa.

El gestor del Túnel, directamente o a través del contratista o empresa explotadora (gestores delegados), deberá poner los recursos materiales y humanos necesarios para garantizar el cumplimiento del DFST (DF 135/2006, de 23 de agosto, artículo 5), y particularmente en la ejecución de las inspecciones del Organismo de Inspección, pruebas, ensayos, tareas de inspección, supervisión y evaluación así como la realización de simulacros o simulaciones de protocolos de actuación, y para garantizar las condiciones de seguridad en los trabajos (ej. Cortes de carril, señalización).

## 3. CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

A continuación se citan Normas y Reglamentos de referencia aplicables en este documento:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. (Ministerio de Industria y Energía).
- Reglamento electrotécnico para Baja Tensión. Instrucciones Técnicas complementarias. (Ministerio de Ciencia y Tecnología). Decreto 842/2002 de 2 de agosto, «B.O.E.» suplemento del número 224 de 18 de septiembre de 2002.
- Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles (Ministerio de Fomento – 1999).
- Guide for the lighting of road tunnels and underpasses. (Publicación CIE 88 – 2004).
- Road lighting – Part 1: Selection of lighting classes. (DRAFT prEN 13201-1 – 1998).
- Road lighting – Part 2: Performance requirements. (DRAFT prEN 13201-2 – 2003).
- Road lighting – Part 3: Calculation of performance. (DRAFT prEN 13201-3 – 2003 + EN 13201-3/AC:2005).
- Road lighting – Part 4: Methods of measuring the light performance of installations. (DRAFT prEN 13201-4 – 2003).
- Standard Alemán DIN 67524 (edición 1972).
- Publicación CIE número 33/AB-1977. Depreciación y mantenimiento de Instalaciones de Alumbrado Público.
- Publicación CIE número 34-1977. Luminarias para instalaciones de Alumbrado. Datos fotométricos, clasificación y comportamiento.
- Publicación CIE número 61-1984. Iluminación en la entrada a túneles.
- Publicación CIE número 88-2004. Guía para la iluminación de túneles de carretera y pasos subterráneos.
- Normas UNE.

- Europako Parlamentuak eta Kontseiluaren 2004ko apirilaren 29ko 2004/54/CE Zuzentaraua, Europaz gaindiko Sareko Tuneletako segurtasunaren gutxieneko eskakizunei buruzkoa. 500 metro baino gehiagoko tuneletan aplikatu daiteke.
- Maiatzaren 26ko 635/2006 Errege Dekretua, Estatuaren errepideetako tuneletan izan beharreko segurtasunaren betekizunei buruzkoa.
- 635/2006 Errege Dekretuaren okerren zuzenketa.
- Abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretua, errepideetako tunelen segurtasunari buruzkoa.

#### 4. TUNELETAKO ARGIAK

##### 4.1. Argiztapen-motak

Hiru argiztapen-mota daude: normala, segurtasuneko eta larrialdietarakoa.

- Argiztapen normala eskainiko da gidariek egunez nahiz gauetzunelaren sarreran ikusmen egokia izan dezaten, bai eta iragandibideetan eta alderdi zentrallean.
- Segurtasuneko argiztapena eskainiko da tuneleko erabiltzaileek energia elektrikoaren hornidura matxuratuz gero euren ibilgailueta kanporatu ahal izateko gutxieneko argia izan dezaten.
- Larrialdietarako argiztapena, 1,5 metrotik behera egongo da, eta tunelaren erabiltzaileak zutik kanporatzeko beharrezkoa dena eskainiko da, gutxienez, 10 lux y 0,2 cd/m<sup>2</sup>.

I eta II. Motako tuneletan hiru argiztapen-mota ezarriko dira, eta gainerakoan argiztapena ezartzeko beharrezana aztertuko da, jarraibide honetan ezarritakoa kontuan izanda.

##### 4.2. Sarrera

Tunelera hurbildu, tunelean sartu eta bertatik irteteko beharra da tunelean argiztapen sistema bat jartzeko arrazoi nagusia, betiere eguneko eta gaueko baldintza onetan eta abiadura jakin batean; hala ere, segurtasun eta erosotasun maila aire zabaleko errepidekoari dagokiona bezain handia izango da.

Egun argiz tunelean ibilgailua gidatzeak dakartzan arazoak eta gauetzunelaren sarreran argiztapen sistema bat jartzeko arrazoi nagusia, betiere eguneko eta gaueko baldintza onetan eta abiadura jakin batean; hala ere, segurtasun eta erosotasun maila aire zabaleko errepidekoari dagokiona bezain handia izango da.

Egun argiz tunelean ibilgailua gidatzeak dakartzan arazoak eta gauetzunelaren sarreran argiztapen sistema bat jartzeko arrazoi nagusia, betiere eguneko eta gaueko baldintza onetan eta abiadura jakin batean; hala ere, segurtasun eta erosotasun maila aire zabaleko errepidekoari dagokiona bezain handia izango da.

Luminantziari dagokionez, berriz, hiru alde bereizten dira tuneletan: sarrerakoa, barruko atalaseko aldeak eta trantsizioko aldeak eta, azkenik, irteerako aldea. Arrazoi ekonomikoak tartean direla, ezinezkoa da tuneleko sarreretan kanpoko aldean egunez dauden antzeko egoera ezartzea (sarrerakoa); izan ere, 100.000 lux-erainoko balioak izan daitezke bertan.

Tuneleko sarreraren ondoan dagoen atalaseko aldean, gutxi gorabehera segurtasun distantziaren luzera berdina izanik, halako moldez diseinatuko da argiztapena non galtzadako balizko ozto-poak nahikoa ondo ikusteko modua ziurtatuko baita, nahiz eta hasieran kanpoko aldean (sarreran) dauden argiztapen-mailak bat-batean murriztu; maila hori, dena dela, onargarria da. Atalaseko bigarren zatian murriztu egiten dira argiztapen-mailak pixkanaka.

Hurrengo aldearen edo trantsizioko aldearen luzera aldatu egiten da zirkulazio abiaduraren arabera, eta bertan jarri beharreko argiteria honako egokitzapen-efektu hau arintzeko modukoa izango da: oso argiztapen-maila altutik, bat-batean, nahikoa maila baxu-gora igarotzea, baina argiztapen-mailak pixkanaka txikituz joango dira harik eta begia egokitzekeko prozesua osatu arte barruko

- Directiva 2004/54/CE del parlamento Europeo y del consejo, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras. Aplicable a túneles de más de 500 m.
- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- Corrección de errores del Real Decreto 635/2006.
- Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

#### 4. ALUMBRADO DE TÚNELES

##### 4.1. Tipos de Iluminación

Se distinguen tres tipos de iluminación: normal, seguridad y de emergencia.

- La iluminación normal se proporcionará de modo que asegure a los conductores una visibilidad adecuada de día y de noche en la entrada del túnel, en las zonas de transición y en la parte central.
- La iluminación de seguridad se proporcionará de modo que permita una visibilidad mínima para que los usuarios del túnel puedan evacuarlo en sus vehículos en caso de avería del suministro de energía eléctrica.
- La iluminación de emergencia, estará a una altura no superior a 1,5 metros y deberá proyectarse de modo que permita guiar a los usuarios del túnel para evacuarlo a pie con un mínimo de 10 lux y 0,2 cd/m<sup>2</sup>.

En los túneles de Tipo I y II se dispondrán de los tres tipos de iluminación. En los túneles de tipo III en zona urbana se instalarán los tres tipos de iluminación, en el resto se estudiará la necesidad de dotarlos de iluminación, según lo indicado en la presente instrucción.

##### 4.2. Introducción

La razón principal por la que un túnel debe ser dotado de un sistema de iluminación se debe a la necesidad de poder aproximarse, atravesar y salir del túnel en condiciones diurnas y nocturnas a una velocidad determinada con una grado de seguridad y confort no inferior a las condiciones en carretera abierta.

La conducción de vehículos a través de los túneles durante las horas diurnas plantea una problemática totalmente diferente a la conducción al aire libre por la noche, que se concreta fundamentalmente en la adaptación del ojo humano a las diferencias existentes entre los elevados niveles de luminancia exteriores y los bajos niveles de luminancia en el interior de los túneles. Todo lo cual da lugar al denominado «efecto agujero negro» que impide, durante el día, que los conductores vean el interior del túnel cuando se encuentran a una cierta distancia de la boca del mismo.

Desde el punto de vista luminotécnico en los túneles se diferencian las siguientes zonas: de acceso, de entrada constituida por las zonas de umbral y de transición, del interior y, finalmente, de salida. Por razones económicas, no es posible reestablecer en la zona de entrada de los túneles condiciones de iluminación idénticas a las existentes durante el día en el exterior (zona de acceso), que pueden alcanzar valores de hasta 100.000 lux.

En la zona de umbral situada justo a la entrada del túnel, con una longitud aproximadamente igual a la distancia de seguridad, el alumbrado durante el día debe dimensionarse de forma que asegure una visión suficiente de eventuales obstáculos sobre la calzada, aunque se produzca una primera reducción brusca de los niveles de iluminación existentes en el exterior (zona de acceso), pero que resulta aceptable. En la segunda parte de la zona de umbral se disminuyen progresivamente los niveles de iluminación.

En la zona inmediata siguiente o zona de transición, de longitud variable en función de la velocidad de circulación, la instalación de alumbrado debe concebirse para paliar el efecto de adaptación por el paso súbito de un nivel de iluminación muy elevado a un nivel bastante bajo continuando con la disminución paulatina de los niveles de iluminación hasta haber completado el proceso

aldera iristean; bertan jarriko da nahikoa argiztapen-maila konstantea duen argiteria.

Gutxi gorabehera segurtasun distantziaren luzera berdina duen irteerako aldean, era berean, argiteria indartu behar da pixkanaka argiztapen-mailak handituz, halako moldez non gidariak hobeto egokitu ahal izango baitira kanpoko argiaren egoerara. Bi norabideko tuneletako irteerako argiteriak sarrerakoaren antzekoa izan behar du.

#### 4.3. Ikuspen-arazoak tuneletan

Ikuspenaren inguruko arazoaren barruan, indukzio-efektuak eta egokitzapen-efektuak eta errezel-luminantziaren eragina ere sarzzen dira. Horren guztiaren ondorioz, segurtasun distantzia hartu behar da kontuan tuneleko trafikoaren abiaduraren arabera.

##### 4.3.1. Indukzio-efektua

Tunel batera eguneko kanpoko luminantzia altuekin hurbiltzen den gidariaren begiek egokitu beharra dutela-eta, gidariak tuneleko ahoa edo sarrera ikusten duenean, kanpoko irudia jasotzen duen erretinaren zatiak indukzio-efektua eragiten dio tuneleko ahoko irudia jasotzen duen beste zatiari, halako moldez non tuneleko sarrera «zulo beltz» lez agertzen baita; halakoetan, ezin da xehetasunik bat ere ikusi.

##### 4.3.2. Egokitzapen-efektua

Egokitzapen-efektua deritzonari esker, gizakiaren begiaren sentsibilitatea ikuspen-eremuko luminantzia aldaketari egokitu ahal zaio. Halaber, begiaren sentsibilitateak ikuspen-eremuko luminantzia aldaketari egokitzeko behar duen denborari egokitzapen denbora deritzo.

Begiaren sentsibilitatea ez zaie berehala egokitzen ikuspen-eremuko luminantziaren banaketaren aldaketa bizkorrei; hori dela-eta, ikusmena txikitu egiten da denbora batez, eta uneko itsualdia gertatzen da luminantziaren banaketa bat-batean gertatzen bada.

##### 4.3.3. Errezel-luminantziaren eragina

Ondoren aipatuko ditugunak konbinatuz, tuneleko sarrerako oztopoak ikusteko ahalmena murrizten duen argi-errezela sortzen da: gidariaren begietan dagoen argi parasitua (foveal errezel luminantzia edo Fry luminantzia), atmosferaren egoera Atmosferaren luminantzia) eta ibilgailuko haizetako islapenak (haizetako luminantzia).

Tuneleko argiztapenaren eginkizun nagusia uneoro oztopoak ikusteko modua ematea da, eta horretarako, oztopoaren luminantziaren eta tunelaren atzealdeko edo galtzadako luminantziaren arteko diferentzia antzeman behar da.

Definizioz, honelaxe adierazten da kontrastea:

$$C = \frac{L_o - L_f}{L_f}$$

non:

—  $L_o$  = Oztopoaren luminantzia.

—  $L_f$  = Atzeko aldeko luminantzia.

—  $C$  kontrastea positiboa edo negatiboa izan daiteke:

- $L_o > L_f$   $C > 0$  bada, kontraste positiboa (oztopoa atzeko alde baina argiagoa).
- $L_o < L_f$   $C < 0$  bada, kontraste negatiboa (oztopoa atzeko alde baina ilunagoa).

Tunelen kasuan, bi kontraste-mota bereizi behar dira: berezkoa edo fisikoa deritzona,  $C_{int}$ , oztopoaren ondoan neurtuta, eta erretinako kontrastea,  $CR$ , ibilgailuko gidariaren begitik neurtua. Bi kontraste horien artean errezel-luminantziaren multzoa sartzen da; izan ere, atmosferaren luminantzia ( $L_{atm}$ ), haizetako luminantzia ( $L_{pb}$ ) eta foveal edo Fry luminantzia ( $L_v$ ) deritze, gidariaren ikusmena eteten duen errezel-itsualdia eragiten dutenak gidariaren begietan (Ikusi 4.3.3 irudia).

Eguzki argiarekin argiztaturiko partikulak dakartzan atmosferako aire-geruzek atmosferaren  $L_{atm}$  eragiten dute, atmosferako aire-geruza horietako argien errefrakzioa dela-eta. Atmosferaren egoeraren eta eguzkiaren kokalekuaren arabera da aipaturiko luminantzia.

de adaptación del ojo al llegar a la zona del interior, donde se instala un alumbrado con un nivel constante de iluminación.

En la zona de salida, con una longitud aproximadamente igual a la distancia de seguridad, debe reforzarse de forma asimétrica progresiva el alumbrado elevando los niveles de iluminación, de manera que se facilite a los conductores la adaptación a las condiciones luminosas exteriores. En los túneles bidireccionales el alumbrado en la zona de salida será idéntico al de la zona de entrada.

#### 4.3. Problemática visual en los túneles

La problemática visual en los túneles comprende los efectos de inducción y adaptación, así como la influencia de las luminancias de velo. Todo lo cual exige tener en cuenta la distancia de seguridad en función de la velocidad del tráfico del túnel.

##### 4.3.1. Efecto de inducción

Debido a la adaptación de los ojos del conductor que se aproxima a un túnel a las altas luminancias exteriores diurnas, cuando éste observa la boca o entrada del mismo, la parte de la retina que recibe la imagen del exterior ejerce sobre la otra parte que recibe la imagen de la boca del túnel un efecto de inducción, de forma que la entrada del túnel aparece como un «agujero negro» en el que no se ve ni un solo detalle.

##### 4.3.2. Efecto de adaptación

Es el que permite el ajuste de la sensibilidad del ojo humano a un cambio en la distribución de luminancias en el campo de visión. El tiempo que tarda en producirse la adaptación de la sensibilidad del ojo al cambio en la distribución de luminancias, se denomina tiempo de adaptación.

La adaptación de la sensibilidad del ojo a los cambios rápidos de la distribución de luminancias en el campo de visión no es instantánea, por lo que durante un determinado tiempo la capacidad de visión disminuye, llegando a producirse una ceguera momentánea en el caso de un cambio brusco de la distribución de luminancias.

##### 4.3.3. Influencia de las luminancias de velo

La luz parásita presente sobre el ojo de los conductores (luminancia de velo foveal o de Fry), el estado de la atmósfera (luminancia atmosférica) y los reflejos del parabrisas del vehículo (luminancia del parabrisas), se combinan para formar un velo luminoso que reduce la visibilidad de los obstáculos a la entrada de los túneles.

La razón principal de la iluminación de un túnel es asegurar en todo momento la visibilidad de los obstáculos, lo que exige percibir una diferencia entre la luminancia del obstáculo y la luminancia de fondo o de la calzada y paredes del túnel.

Por definición, el contraste se expresa de la forma siguiente:

$$C = \frac{L_o - L_f}{L_f}$$

donde:

—  $L_o$  = Luminancia del obstáculo.

—  $L_f$  = Luminancia de fondo.

— El contraste  $C$  puede ser positivo o negativo:

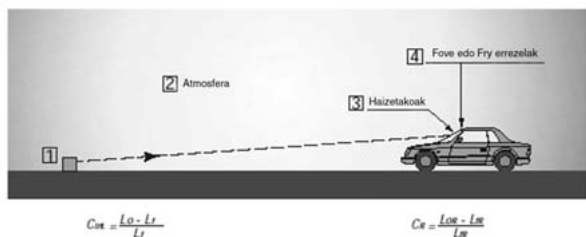
- Sí  $L_o > L_f$   $C > 0$  Contraste positivo (obstáculo más claro que el fondo).
- Sí  $L_o < L_f$   $C < 0$  Contraste negativo (obstáculo más oscuro que el fondo).

En el caso de túneles se deben diferenciar dos tipos de contraste: el denominado intrínseco o físico  $C_{int}$  medido junto al obstáculo y el contraste de retina  $CR$  medido desde el ojo del conductor del vehículo, interponiéndose entre ambos contrastes un conjunto de luminancias de velo denominadas atmosféricas  $L_{atm}$ , de parabrisas  $L_{pb}$  y foveal o de Fry,  $L_v$ , que dan origen en el ojo del conductor a un deslumbramiento de velo que perturba la visión. (Ver figura 4.3.3).

Las capas de aire de la atmósfera conteniendo partículas iluminadas por la luz solar dan lugar a la luminancia atmosférica  $L_{atm}$  debido a la refracción de la luz en dichas capas de aire de la atmósfera. Depende de las condiciones atmosféricas y de la posición del sol.

Haizetako Lpb luminantzia ibigailuetako haizetakoak eragiten du, difrakzio edo erreflexio efektuak sorrarazten dituen eguzkiak ikuspen-eremuan duen kokalekuaren eta haizetakoaren beraren egoeraren, kurbaturaren eta makurduraren arabera.

4.3.3. irudia. – Atmosferako errezel parasitoak, haizetako errezelak eta fove errezelak



Fove errezel-luminantzia edo Fry luminantzia, L<sub>v</sub>, ikuspena etetean gertatzen da, noiz-eta ikusi beharrekoarekin zerikusirik ez duen luminantzia batek eragiten duenean eta irudiak antzematea zailtzen denean, begi-globoko ur-humorean argiaren difrakzioak gidariaren begian eragindako argi-errezela dela-eta.

Oztopoaren eta gidariaren artean sartzen diren atmosferako errezel-luminantziak, haizetako luminantziak edo fove edo fry luminantziak oztopoaren C<sub>int</sub> berezko kontrastea murrizten dute (CR < C<sub>int</sub>) kontrastearen zeinua aldatu barik betiere, eta oztopoak ikusteko ahalmena txikitzen dute tuneleko sarreretan.

Berezko kontraste horren murrizketa dela-eta, gerta liteke tuneletako sarreren ikuspena ziurtatzeko modurik ez izatea, eta horren ondorioz, tuneleko atalaseko aldean lortu beharreko luminantzia-balioak nahitaez bikoiztu beharra gerta liteke tunelean argi artifizialak jarrita.

Tunelaren inguruko efektuen ezaugarri nagusiak diren errezel parasitoak edo luminantziak, haizetako luminantziak eta atmosferaren luminantziak, gidariaren ikuspena eteten dutenak, aldatu egin dira tunela dagoen aldearen arabera, baita orientazioaren, urtaroren, klimatologiaren, eguneko orduaren eta abarren arabera ere.

4.3.4. Segurtasun distantzia

Abiadura jakin batean doan ibilgailu batek galtzadako oztopo batekin talka egin baino lehen gelditzeko behar duen distantziari deritzo segurtasun distantzia. Bi batugai ditu distantzia horrek: gidariak oztopoa ikusten duen unetik aurrera ibilgailuak eginiko distantzia eta balaztatzeko distantzia bera.

Ibilgailu bat tunel batera hurbiltzen denean, indukzio-efektuek eta egokitzapen-efektuek eta errezel-luminantzien eraginak lotura estua dute ibilgailuko gidaria tuneleko ahotik dagoen distantziarekin, hain zuzen ere gutxi gorabehera segurtasun distantziaren (SD) distantzia berdineko luzera duen sarrerako aldean.

4.3.4. irudia. – Segurtasun distantziak



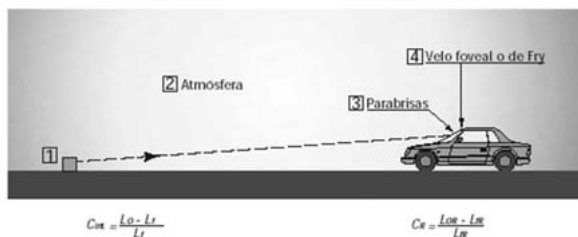
Bi faktoreen arabera izango da, funtsean, segurtasun distantzia: ibilgailuaren abiadura eta galtzadaren malda.

Ibilgailuak daraman abiadura zenbat eta handiagoa izan, orduan eta segurtasun distantzia handiagoa izango da (SD), eta horrexegatik hartu behar dira kontuan ondorengo alderdi hauek:

- Oztopo baten pertzepzioa segurtasun distantziaren karratuaren alderantzizkoaren proportzionala izango da (SD-2), kontrastea konstantea dela suposatuz.

La luminancia de parabrisas Lpb se produce como consecuencia de la existencia en los vehículos de los parabrisas, que provoca efectos de difracción o reflexión según la posición del sol en el campo visual y el estado, curvatura e inclinación del propio parabrisas.

Figura 4.3.3. – Velos parásitos atmosféricos, de parabrisas y de velo foveal



La luminancia de velo foveal o de Fry, L<sub>v</sub> está causada por la perturbación en la visión que induce una luminancia ajena a la tarea visual a realizar, y que dificulta la percepción de las imágenes, debido al velo luminoso producido en el ojo del conductor a causa de la difracción de la luz en el humor acuoso del globo ocular.

Las luminancias de velo atmosférico, de parabrisas y foveal, o de Fry que, se interponen entre el obstáculo y el conductor, reducen el contraste intrínseco C<sub>int</sub> del obstáculo (CR < C<sub>int</sub>) sin cambiar el signo del contraste, disminuyendo la visibilidad de los obstáculos a la entrada de los túneles.

Dicha reducción del contraste intrínseco podría ocasionar que no se llegara a asegurar la visibilidad de los obstáculos a la entrada de los túneles, sobre todo en el caso de luminancias de velo fuertes, que podrían obligar a duplicar los valores de luminancia a alcanzar en la zona de umbral del túnel mediante el alumbrado artificial.

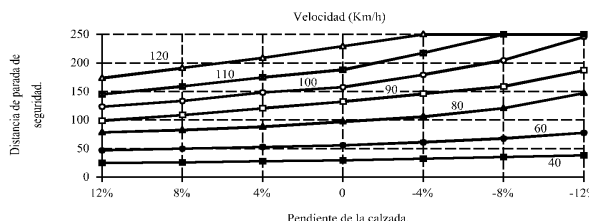
Las luminancias o velos parásitos que caracterizan los efectos del entorno del túnel, del parabrisas y de la atmósfera y que perturban la visión del conductor, son variables según la región y zona donde se encuentra el túnel, así como su orientación, la estación del año, climatología, la hora de la jornada, etc.

4.3.4. Distancia de seguridad

Distancia de seguridad (DS) es la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo que circula a determinada velocidad, pueda detenerse antes de alcanzar a un obstáculo situado en la calzada. Dicha distancia consta de dos sumandos: el recorrido del vehículo desde el instante que el conductor divisa el obstáculo hasta que aplica los frenos y la distancia de frenado propiamente dicha.

Quando se aproxima un vehículo a un túnel los efectos de inducción, adaptación y la influencia de las luminancias de velo están íntimamente relacionadas con la distancia a la que el conductor del vehículo se encuentra de la boca de dicho túnel, en la denominada zona de acceso con una longitud aproximadamente igual a la distancia de seguridad (DS).

Figura 4.3.4. – Distancias de seguridad



La Distancia de Seguridad depende fundamentalmente de dos factores: velocidad de circulación del vehículo y pendiente de la calzada.

Cuanto mayor es la velocidad de un vehículo, mayor resulta la distancia de seguridad (DS) y por ello deben tenerse en cuenta algunas consideraciones:

- La percepción de un obstáculo es proporcional a la inversa del cuadrado de la distancia de seguridad (DS-2), suponiendo que el contraste es constante.

- Errezel atmosferikoaren luminantzia,  $Latm$ , segurtasun distantziaren proportzionala da (SD). Transmisio atmosferikoa  $Tatm = 10 \cdot kSD$  da.
- Ikusizko egokitzapen-abiadura ibilgailuaren hurbiltze-abiadurarekin dago lotuta betiere.

Ibilgailuaren abiadura zenbat eta handiagoa izan orduan eta luzeagoa izango da segurtasun distantzia tuneleko ahotik tunelaren barruko alderantz, hain zuzen ere gidariak tunelaren barruan ikusi behar duen tokitik; argiztatu beharreko atalaseko aldea luzeagoa izatea dakar horrek.

Halaber, zenbat eta distantzia handiagoak izan, orduan eta txikiagoa izango da tunelaren barruko oztopo batek duen angelua eta, beraz, zailagoa izango da oztopoa ikustea. Gainera, sarreran dagoen gidariaren eta tuneleko sarreraren arteko aire-geruza handiagoa da eta, beraz, horrek esan nahi du  $Latm$  atmosferaren luminantzia handiagoa izango dela,  $Cint$  berezko kontrastea murriztuko da eta, ondorioz, oztopoa ikusteko ahalmena txikiagoa izango da. Horrek guztiak argiztapen-maila handiagoak eskatzen ditu tunelaren atalaseko aldean.

#### 4.4. Argiztapen-sistemak

Bi multzotan bana daitezke tuneleko argiztapen-sistemak: simetrikoa eta asimetrikoa; aldi berean, beste azpisailkapen bat egin daiteke: ibilgailuaren zirkulazioko norabidearen kontrako fluxuko argiztapen-sistema, «kontrafluxua» izenekoa, eta norabidearen aldeko fluxuko argiztapen sistema. Azken hori, praktikan baliagarria ez dela eta, ez da kontsideratzen.

Tuneleko argiteriaren ezaugarri nagusia kontraste kalitatearen  $P$  parametroa da,  $qc$  kontraste koefiziente deritzona, eta honelaxe adierazten da:

non hauexek baititugu:

$$P = qc = \frac{L}{E_v}$$

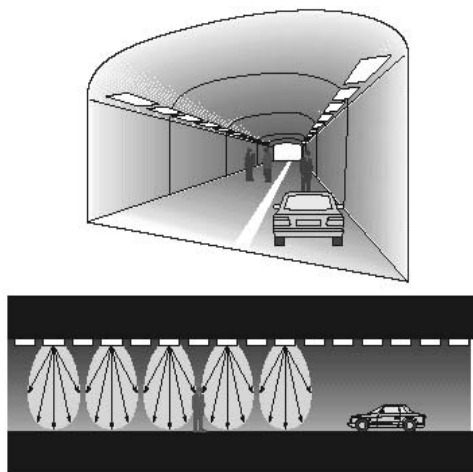
—  $L$  = Galtzadaren luminantzia  $cd/m^2$ -tan.

$E_v$  = Oztopoaren luminantzia bertikala galtzadaren mailako luxetan, ibilgailuaren zirkulazioaren noranzkoan, hots, tunelaren ardatzaren azalera bertikal perpendikularren gainean neurturiko luminantzia, sarrerarantz bideratuta.

##### 4.4.1. Argiztapen simetriko sistema

Argiztapen simetriko sistema dituen luminariak argi intentsitatearen banaketa jakin bat dute; izan ere, aipaturiko banaketa hori simetrikoa da tuneleko ardatzaren perpendikularrean.

4.3.1. irudia. – Argiztapen simetriko sistema



Oztopoen kontrasteak negatiboak edo positiboak izan daitezke, horien azalaren erreflexio-propietateen arabera. Aitzitik, sistema honekin kontraste positiboko ikuspena ziurtatu nahi da, hots, oztopoen kontraste argia izatea galtzadako eta tuneleko hormetako atzealde ilunean.

- La luminancia de velo atmosférico  $Latm$  es proporcional a la distancia de seguridad (DS). La transmisión atmosférica es  $Tatm = 10 \cdot kDS$ .
- La velocidad de adaptación visual está relacionada con la velocidad de aproximación del vehículo.

Para un conductor en la zona de acceso, cuanto mayor es la velocidad de su vehículo más larga es la distancia desde la boca del túnel hacia el interior en la que el conductor tiene que ver dentro del túnel, lo que supone mayor longitud de la zona umbral a iluminar.

Asimismo, a mayores distancias un obstáculo situado en el interior del túnel subtiende un ángulo más pequeño en el ojo del conductor y, por tanto, es menos visible. Además, la capa de aire entre el conductor situado en la zona de acceso y la entrada del túnel es mayor, lo que significa mayor luminancia atmosférica  $Latm$ , reducción del contraste intrínseco  $Cint$  y, consecuentemente, disminución de la visibilidad de los obstáculos. Todo ello exige mayores niveles de iluminación en la zona de umbral del túnel.

#### 4.4. Sistemas de alumbrado

Los sistemas de alumbrado de túneles pueden dividirse en dos familias: simétrico y asimétrico que a su vez comprende el sistema de alumbrado de flujo contrario al sentido de circulación de vehículos, también denominado a «contraflujo» y el sistema de alumbrado a favor de flujo que carece de utilidad práctica y, por tanto, no se considera.

El alumbrado de los túneles se caracteriza por el parámetro de calidad de contraste  $P$ , también conocido como coeficiente de revelado de contraste  $qc$  cuya expresión es la siguiente:

donde:

$$P = qc = \frac{L}{E_v}$$

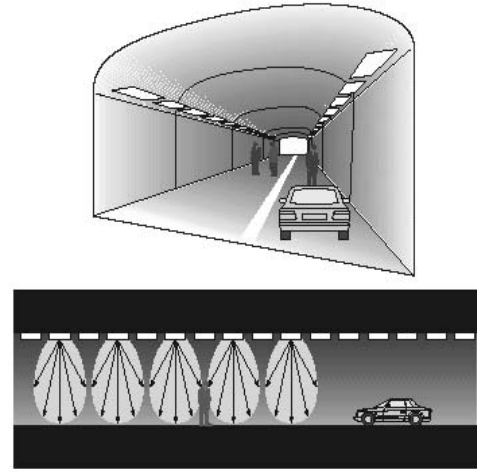
—  $L$  = Luminancia de la calzada en  $cd/m^2$ .

$E_v$  = Iluminancia vertical del obstáculo en lux a nivel de la calzada en la dirección de la circulación de vehículos, es decir, iluminancia medida sobre una superficie vertical perpendicular al eje del túnel y, orientada hacia la entrada.

##### 4.4.1. Sistema de alumbrado simétrico

El sistema de alumbrado simétrico es un sistema en el que las luminarias tienen una distribución de la intensidad luminosa que es simétrica en relación a un plano perpendicular al eje del túnel.

Figura 4.4.1. – Sistema de alumbrado simétrico



Los contrastes de los obstáculos pueden ser negativos o positivos; dependiendo de las propiedades de reflexión de la superficie de los mismos. No obstante, con este sistema se pretende asegurar una visión en contraste positivo, es decir, que los obstáculos se destaquen claros sobre el fondo oscuro de la calzada y paredes del túnel.



Lanpara fluoreszente konbentzionalak eta trinkoak dituzten luminariak –presio altuko eta baxuko sodio-lurrineko lanparak edo indukzio bidezko deskargako lanparak– dauden tuneletako barruko aldean erabiltzen da, kasu guztietan, argiztapen simetrikoko sistema, eta sistema hori ezar daiteke sarreretan ibilgailuak hurbiltzeko muga baxua ezarrita duten tuneletan.

Honelaxe laburbil daitezke argiteria-sistemaren ezaugarri nagusiak:

- Oztopoen kontraste positiboa ematen du.
- Nahikoa itsualdi txikiko irtenbidea dauka.
- Trafikoko dentsitate altua dagoen egoeretara ondo egokitua.
- Luminarien kokapen ezberdinak ahalbidetzen ditu tunelaren sekzioan.
- Horman argiteria ona izatea errazagoa da.

Sistema horri esker, tunelean dauden oztopoak ondo ikus daitezke eta ez dago itsualdirik, eta gomendagarria da fotometriaren aldetik galtzadako zoladurak eta tuneleko hormak azalera difusorak (S1 faktore espekular txikia) eta argiak izatea (batezbesteko luminantziaren  $Q_0$  koefiziente altua). Hortaz, zoladura R1, R2 edo C1 klasekoa izatea gomendatzen da, CIEren gomendioen arabera, argiztapen-maila altuarekin (ahalik eta  $Q_0$  altuena).

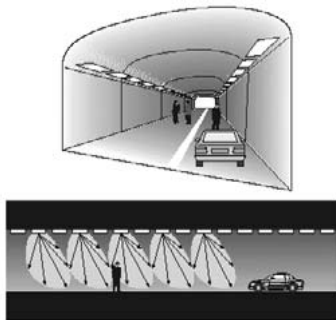
Baldin eta tuneletako argiteriaren tamaina sarrerako sistema metriko baten bidez finkatzen bada, lortzen zailak izango diren argiztapen-mailak edukiko ditugu ibilgailuen 90 km/h-tik gorako hurbiltze-abiaduretan, errezel-luminantziekin edo sarreran neurturiko luminantziekin, edo 70 km/h-tik gorako hurbiltze-abiaduretan errezel gogorrekin. 200 cd/m<sup>2</sup>-tik gorako balioak lortu nahi direnean (lortzen oso zailak direnak, praktikan, sistema simetrikorekin) beharrezkoa da halakoetan bestelako alternatibak bilatzea, bai ibilgailuen abiaduran mugak jarritz, bai kontrafluxuko argiztapen-sistema ezarritz sarreran.

#### 4.4.2. Kontrafluxuko argiztapen-sistema

Kontrafluxuko argiztapen-sisteman, argiaren intentsitatea modu asimetricoa banatzen da, hain zuzen ere ibilgailuen trafiko zirkulazioaren norabidearen kontra, 4.4.2. irudian agertzen denez.

Argiztapen-sistema honi esker, errazagoa da oztopoa ikustea kontraste negatiboaren bidez, hots, oztopoak nabarmen geldituko dira galtzadako eta tuneleko hormetako atzealde argian. Kontraste negatiboko ikuspen hori oztupoaren luminantzia murriztuz ( $L_0$ ), horren luminantzia bertikala nabarmen murriztuz ( $E_v$ ) eta galtzadaren luminantzia handituz lortzen da.

4.4.2. irudia. – Kontrafluxuko argiztapen-sistema



Hauexek dira sistema honen ezaugarriak:

- Atalasean eta trantsizioko aldean baino ez da baliagarria,
- Eraginkorrak dira zoladura espekularrekin.
- Erabilitako luminaria-kopuru txikiagoa, inbertsio kostu txikiagoa.
- Kontu handiz jarriko dira itsualdirik ez eragiteko.
- Luminariak sabai pean jarri behar dira nahitaez.
- Ez da hain eroso; ez da gomendatzen trafiko handia dagoenean.

El sistema de alumbrado simétrico se utiliza en todos los casos en la zona del interior de los túneles con luminarias dotadas de lámparas fluorescentes convencionales y compactas, de vapor de sodio a alta y baja presión o de descarga por inducción, pudiéndose utilizar la implantación de dicho sistema en la zona de entrada de aquellos túneles que tengan establecida una limitación de la velocidad de aproximación de los vehículos baja.

Las características principales de este sistema de alumbrado se resumen en:

- Proporciona un contraste positivo de los obstáculos.
- Solución con deslumbramiento relativamente bajo.
- Bien adaptado a situaciones con densidad de tráfico alta.
- Permite diferentes ubicaciones de las luminarias en la sección del túnel.
- Hace más fácil un buen alumbrado en la pared.

Este sistema permite una buena visibilidad de los obstáculos y ausencia de deslumbramiento, siendo aconsejable fotométricamente que el pavimento de la calzada y las paredes del sean superficies difusoras (factor especular S1 pequeño) y claras (coeficiente de luminancia medio  $Q_0$  alto). Por tanto, el pavimento conviene que sea de la Clase R1, R2 o C1, según Recomendaciones de la CIE, con alto grado de claridad o luminosidad ( $Q_0$  lo más elevado posible).

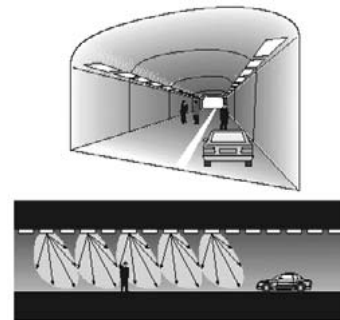
El dimensionamiento del alumbrado de los túneles, mediante sistema simétrico en la zona de entrada, conduce a niveles de iluminación difíciles de conseguir para velocidades de aproximación de los vehículos superiores a 90 km/h con luminancias de velo débiles o medias en la zona de acceso, o mayores de 70 km/h con luminancias de velo fuertes. Cuando se pretenda alcanzar niveles superiores a 200 cd/m<sup>2</sup>, muy complicados de lograr en la práctica con el sistema simétrico, resulta necesario en dichos casos buscar otras alternativas, bien de limitación en la velocidad de los vehículos o de implantación del sistema de alumbrado a contraflujo, en la zona de entrada.

#### 4.4.2. Sistema de alumbrado a contraflujo

El sistema de alumbrado a contraflujo es un sistema en el que las luminarias tienen una distribución de la intensidad luminosa asimétrica, que está dirigida contra el sentido de circulación del tráfico de vehículos, tal y como se representa la figura 4.4.2.

Este sistema de alumbrado favorece la visión de obstáculos por contraste negativo, es decir, que los obstáculos se destaquen oscuros sobre el fondo claro de calzada y paredes del túnel. Esta visión en contraste negativo se logra reduciendo la luminancia del obstáculo ( $L_0$ ), limitando sensiblemente la luminancia vertical del mismo ( $E_v$ ), y aumentando la luminancia de la calzada.

Figura 4.4.2. – Sistema de alumbrado a contraflujo



Las características de este sistema se resumen en:

- Sólo es válido en zona umbral y de transición.
- Más eficiente con pavimentos especulares.
- Menor número de luminarias utilizadas, menor coste de inversión.
- Instalación muy cuidadosa y crítica para evitar deslumbramientos.
- Las luminarias deben ir colocadas forzosamente bajo techo.
- Menos confortable, no recomendado en situaciones con tráfico denso.

Kontrafluxuko argiztapen-sistema soilik tunelen sarreretan erabiltzen da (ez barruko aldean). Alde horretan erabiltzea gomendatzen da, zeren eta kasu horietan abantaila ekonomikoak baitaude; izan ere, ibilgailuen abiaduraren muga altua da, hots, gutxi gorabehera 90 km orduko abiaduratik hasita. Luminariak, ezinbestean, trafikoko erreien gainean jarri behar dira eta presio altuko sodio-lurrineko lanpaz daude hornituta normalean.

Sistema ulertzeko modua bera dela-eta, ahal dela ez da bi norabideko tuneletan erabiliko da, zeren eta kasu horretan zirkulazioaren norabide jakin baterako kontrafluxua izango litzatekeen fluxuaren aldekoa izango bailitzateke kontrako norabiderako; hortaz, gidarien ikuspen-baldintzak aldatuko litzuzke.

Kontrafluxuko argiztapen-sistemak kontraste handiagoa eragin ohi du oztopoaren eta atzeko aldearen artean, baina nolabait «zulo beltza» efektua handitu dezake eta, ondorioz, gidariaren ikuspen-erosotasuna murriztuko litzateke. Halaber, kontrafluxuko sistema hori baliteke egokia ez izatea eguneko argitasun handia sartzen den tuneleko sarreretan, eta ez da hain eraginkorra trafiko intentsitateak oso altuak direnean edo trafikoan aurreikusten diren ibilgailu astunen ehuneko oso altua denean.

Argiztapen-sistema honek oztopoak ondo ikusteko modua ematen du, baina, hala ere, itsualdiak mugatu behar dira luminarietako ematen duten argi-intentsitatea kontrolatuz. Hala, bada, gomendagarria da fotometriaren aldetik zoladura espekularrak (S1 faktore espekular altua) eta argiak erabiltzea, hots, batezbesteko  $Q_0$  luminantzia altua, R3, R4 ed C2 klaseko zoladurak, CIEren gomendioen arabera, argiztapen-maila altuarekin betiere (ahalik eta  $Q_0$ , altuena). Gainera, tuneleko hormetan luminantzia handia mugatu beharra dago, gutxienez metro bateko mailaraino, oztopoen iluminantzia bertikala murrizteko asmoz (Ev).

#### 4.4.3. Kontrastearen errebelatze-koefizientea

Hartutako argiteriaren sistema simetrikoaren edo kontrafluxuko sistemaren ezaugarri nagusia kontrastea errebelatzeko zenbait koefiziente dira,  $q_c$ , eta horien balioak ondoko taulan agertzen dira:

4.4.3. taula. – Kontrastearen errebelatze-koefizientea

| Argiztapen-Sistema | Errebelatze-Koefizientea $q_c=L/Ev$ |
|--------------------|-------------------------------------|
| Simetrikoa         | $\leq 0,2$                          |
| Kontrafluxua       | $\geq 0,6$                          |

$q_c = L/Ev$  kontrastearen errebelatze-koefizientearen balioak oso lotura estua du tuneleko argiztapen-sistemari datxezkion ezaugarriekin, luminarietako ezaugarriekin, zoladuraren ezaugarriekin eta tuneletako hormen ezaugarriekin. Taulako balio horiek tuneletako argiztapen-sistemaren ezaugarri nagusia dira, baina soilik gaez egiten diren neurketetan.

#### 4.4.4. Argiztapen-sistema naturala eguneko argiarekin

Argiztapen artifizial simetriko eta kontrafluxuko argiztapen sistemaz gain, bada beste alternatiba bat tuneleko sarrerak argiztatze, eta horretarako, paralumenek edo pantailak emandako pantaila-itxurako eguneko argi egokia erabili behar da. Argiztapen natural mota horrek bete egin behar ditu argiztapen artifizialak emandako argiztapen-maila berak, eta ka faktorearen balioak dira (koefiziente horrekin biderkatu behar da tuneleko sarrerako  $L_{20}$  luminantzia tuneleko atalaseko aldeko  $L_{th}$  luminantzia lortzeko, hots,  $L_{th} = k L_{20}$ ) argiztapen simetrikoaren sistemaren antzekoak izango dira. Halaber, argiztapen artifizialean bezala finkatuko da kontrastea  $q_c$  errebelatze-koefizientea argiztapen naturalean, eta kalkulu horretan, gainera, bitartean islatutako argiaren ekarpena ere sartzen da.

#### 4.5. Tunelen sailkapena

Tunelaren baldintza geometrikoei dagokien parametroari esker egin daiteke tunelen gaineko sailkapena eta, bereziki, tunel luzea edo laburra dela finkatzeko luzera (I, II edo III. motako tunelak). Hurreratzeko den ibilgailuko gidariak tunelean zehar izan dezakeen ikuspen-mailaren arabera izango dira tuneletarako argiteriaren eskakizunak. Tunelean ikusteko gaitasuna, funtsean, tunelaren luzeraren arabera da, baina bestelako diseinu-parametroek ere badute zeri-kusirik (zabalera, altuera, kurbatura horizontala eta bertikala, etab.).

El sistema de alumbrado a contraflujo únicamente se utiliza en la zona de entrada de los túneles (no en la zona interior). Se recomienda en esta zona cuya limitación de la velocidad de los vehículos es elevada, es decir, a partir aproximadamente de 90 km/h, dadas las ventajas económicas que en dichos casos representa. Las luminarias se instalan necesariamente encima de los carriles de tráfico y están equipadas normalmente con lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Por la propia concepción de este sistema, debe evitarse su utilización en túnel de doble sentido de circulación (bidireccionales), dado que en dicho caso, lo que sería contraflujo para un sentido de circulación determinado, resultaría a favor de flujo para el sentido contrario, con lo que se modificarían las condiciones de visión de los conductores.

El sistema de alumbrado a contraflujo crea habitualmente mayor contraste entre obstáculo y el fondo, pero puede producir un cierto aumento del efecto «agujero negro» reduciendo el confort visual del conductor. Así mismo, este sistema a contraflujo puede no ser apropiado en la entrada de túneles con penetración muy alta de luz diurna, y resulta menos efectivo cuando las intensidades de tráfico sean muy elevadas o se prevea en el tráfico un elevado porcentaje de vehículos pesados.

En este sistema de alumbrado, que proporciona una buena visibilidad de los obstáculos, debe limitarse el deslumbramiento controlando la intensidad luminosa emitida por las luminarias, siendo aconsejable fotométricamente la utilización de pavimentos especulares (factor especular S1 elevado) y claros, es decir, con coeficiente de luminancia medio  $Q_0$  alto, pavimentos clase R3, R4 ó C2, según Recomendaciones de la CIE, con alto grado de claridad o luminosidad ( $Q_0$ , lo más elevado posible). Además debe limitarse en las paredes del túnel, al menos hasta el nivel de 1 m, una elevada luminancia, con el fin de reducir la iluminancia vertical de los obstáculos (Ev).

#### 4.4.3. Coeficiente de revelado de contraste

El sistema de alumbrado adoptado bien simétrico o a contraflujo se caracteriza por unos determinados coeficientes de revelado de contraste  $q_c$  cuyos valores se incluyen en la tabla adjunta:

Tabla 4.4.3. – Coeficiente de revelado de contraste

| Sistema de alumbrado | Coeficiente de revelado $q_c=L/Ev$ |
|----------------------|------------------------------------|
| Simétrico            | $\leq 0,2$                         |
| Contraflujo          | $\geq 0,6$                         |

El valor del coeficiente de revelado de contraste  $q_c = L/Ev$  está estrechamente ligado a las características intrínsecas del sistema de alumbrado del túnel, a la implantación de las luminarias y a las características reflexivas del pavimento, así como a la contribución fotométrica de las paredes del túnel. Estos valores de la tabla caracterizan el sistema de alumbrado de los túneles únicamente en mediciones nocturnas.

#### 4.4.4. Sistema de iluminación natural con luz diurna

Además de los sistemas de alumbrado artificial simétrico y a contraflujo, existe otra alternativa para la iluminación de la entrada de los túneles mediante la adecuada utilización de la luz diurna apantallada proporcionada por paralúmenes o pantallas. Este tipo de iluminación natural debe satisfacer los mismos niveles luminosos que los del alumbrado artificial, siendo los valores del factor  $k$  (coeficiente por el que se debe multiplicar la luminancia de la zona de acceso del túnel  $L_{20}$ , para obtener la luminancia de la zona de umbral de túnel  $L_{th}$ , es decir,  $L_{th} = k L_{20}$ ), idénticas a las del sistema de alumbrado simétrico. Así mismo, el coeficiente de revelado de contraste  $q_c$  se determinará en la iluminación natural del mismo modo que para el alumbrado artificial, incluyéndose también en el cálculo la contribución de la luz interreflejada.

#### 4.5. Clasificación de túneles

El parámetro que permite una clasificación de los túneles es el de sus condiciones geométricas y, en particular, su longitud para determinar si es tipo I, II o III. Las exigencias de alumbrado para túneles difieren de acuerdo con el grado en el que el conductor de un vehículo que se aproxima puede ver a través del túnel. La capacidad de ver a través del túnel depende fundamentalmente de la longitud del mismo, pero también de otros parámetros de diseño (anchura, altura, curvaturas horizontal y vertical, etc.).

Argiteriari dagokionez, I eta II. Motako trafikoak duen intentsitatearen, trafikoaren abiaduraren eta osaeraren, ikusizko gidaketaren eta gidatzeko erosotasunaren arabera sailkatzen da tuneleko argiteria.

#### 4.5.1. **Haztapan-faktoreak trafikoaren dentsitatearen arabera**

Nolabaiteko erlazioa dago, baina ez lineala, trafikoaren intentsitatearen eta tuneleko argiztapen-maila hobetuz murriztu daitekeen —zati batez bai, behintzat— istripua izateko arriskuaren artean. Era berean, abiadura handiagoetan ikuspen hobeagoa behar da; eta horregatik behar da, funtsean, luminantzia-maila handiagoa galtzadan.

Tunel bat argitzen denean, trafikoaren intentsitatea ordu-intentsitatea bezala definitzen da, hots, ordu betean trafikoko bide bateko errei batetik dabiltzan ibilgailuen kopuruari deritzo; ondoko taulan zehazten dira haztapan-faktoreak:

4.5.1. taula. – *Haztapan-faktoreak trafikoaren dentsitatearen arabera*

| Trafikoaren Dentsitatea<br>(Errei bakoitzeko ibilgailuak orduko) |                | Haztapan<br>faktorea |
|--|----------------|----------------------|
| Norabide bakar.  | Bi norabidekoa |                      |
| < 60   | < 30           | 0                    |
| 60-100   | 30-60          | 1                    |
| 100-180  | 60-100         | 2                    |
| 180-350  | 100-180        | 3                    |
| 350-650  | 180-350        | 4                    |
| 650-1.200  | 350-650        | 5                    |
| >1.200   | 650-1.200      | 6                    |
|  | > 1.200        | 7                    |

#### 4.5.2. **Haztapan-faktoreak trafikoaren osaeraren arabera**

Trafikoaren osaerak tuneletako argien diseinuan ere badu eragina, alde hauei dagokienez hain zuzen:

- Kamioien portzentajea.
- Motozikletak edota ziklistak izatea edo ez.
- Merkantzia arriskutsuak zirkulatzeko muga izatea edo ez.

Tuneleko argien diseinua aurreko inguruabarrei egokituko zaie, eta hormetako edo galtzadako argiztapen-maila handiagoa edo argiztapen hobe behar da baldintza zailagoak edo arriskutsuagoak direnean. Hauexek dira haztapan-faktoreak, trafikoaren osaeraren arabera:

4.5.2. taula. – *Haztapan-faktoreak trafikoaren osaeraren arabera*

| Trafikoaren osaera                                | Haztapan-faktorea |
|---|-------------------|
| Motordunen trafikoa                               | 0                 |
| Motordunen trafikoa (kamioien portzentajea > %15) | 1                 |
| Trafiko mistoa                                    | 2                 |

#### 4.5.3. **Haztapan-faktoreak ikusizko gidaketaren arabera**

Ibilgailuetako gidariak informazio egokia izan behar dute tuneletik doazenean. Hori lortu ahal izateko, hainbat kontraste-azaleratan bana daiteke tunelaren azalera longitudinala, adibidez horma argia eta sabai iluna erabiliz. Izan ere, ikusizko gidaketak berebiziko garrantzia du erabiltzaile tunelera hurreratzan denean eta bereziki tunelaren sarrerako kota txikia denean. Honako hauek dira haztapan-faktoreak ikusizko gidaketaren arabera:

4.5.3. taula. – *Haztapan-faktoreak ikusizko gidaketaren arabera*

| Ikusizko gidaketa        | Haztapan-faktorea |
|--------------------------|-------------------|
| Ikusizko gidaketa ona    | 0                 |
| Ikusizko gidaketa eskasa | 2                 |

Tuneleko argiztapenak emandako ikusizko gidaketari esker, galtzadako eta seinaleztapen bertikaleko eta horizontaleko ikuspena are-

En lo referente al alumbrado, los túneles de tipo I y II se clasifican en función de la intensidad de tráfico, la velocidad y composición del tráfico, el guiado visual y la comodidad en la conducción.

#### 4.5.1. **Factores de ponderación en función de la intensidad de tráfico**

Existe cierta relación, pero no lineal, entre la intensidad de tráfico y el riesgo de accidentes que puede ser contrarrestado, al menos en parte, aumentando el nivel de iluminación del túnel. Igualmente las velocidades elevadas requieren mejor visibilidad y, por ello fundamentalmente, se precisa un nivel de luminancia mayor en la calzada.

Considerando que cuando se va a iluminar un túnel, la intensidad de tráfico se define como intensidad horaria, es decir, número de vehículos que circulan por un carril de una vía de tráfico en una hora, los factores de ponderación se detallan en la tabla siguiente:

Tabla 4.5.1. – *Factores de ponderación en función de la intensidad de tráfico*

| Intensidad de Tráfico<br>(Vehículos/hora por carril) |               | Factor de<br>ponderación |
|--|---------------|--------------------------|
| Unidireccional                                       | Bidireccional |                          |
| < 60   | < 30          | 0                        |
| 60-100   | 30-60         | 1                        |
| 100-180  | 60-100        | 2                        |
| 180-350  | 100-180       | 3                        |
| 350-650  | 180-350       | 4                        |
| 650-1.200  | 350-650       | 5                        |
| >1.200   | 650-1.200     | 6                        |
|  | > 1.200       | 7                        |

#### 4.5.2. **Factores de ponderación en función de la composición del tráfico**

La composición del tráfico también influye en el diseño del alumbrado de los túneles en varios aspectos:

- Porcentaje de camiones.
- Presencia/ausencia de motocicletas y/o ciclistas.
- Presencia/ausencia de limitación para permitir el tránsito de mercancías peligrosas.

El diseño de alumbrado en los túneles ha de ser adaptado a las circunstancias anteriores, requiriéndose mayores niveles luminosos o mejor alumbrado de las paredes o la calzada, cuando las condiciones son más difíciles o más peligrosas. Los factores de ponderación en función de la composición del tráfico son los siguientes:

Tabla 4.5.2. – *Factores de ponderación en función de la composición del tráfico*

| Composición del tráfico                           | Factor de ponderación |
|---|-----------------------|
| Tráfico motorizado                                | 0                     |
| Tráfico motorizado (porcentaje de camiones > 15%) | 1                     |
| Tráfico mixto                                     | 2                     |

#### 4.5.3. **Factores de ponderación en función del guiado visual**

El conductor de un vehículo debe poseer la información adecuada al circular por el interior del túnel. Esto puede conseguirse dividiendo la superficie longitudinal del túnel en varias superficies de contraste, como por ejemplo utilizando una pared clara y un techo oscuro. El guiado visual es de especial importancia, cuando se aproxima el usuario al túnel y especialmente si la cota de la entrada del túnel es baja. Los factores de ponderación en función del guiado visual son los siguientes:

Tabla 4.5.3. – *Factores de ponderación en función del guiado visual*

| Guiado visual       | Factor de ponderación |
|---------------------|-----------------------|
| Guiado visual bueno | 0                     |
| Guiado visual pobre | 2                     |

El guiado visual proporcionado por el alumbrado del túnel debe permitir incrementar la visibilidad de la calzada y de la señaliza-

agotu behar da, bereziki ikuspen horizontalari dagokiona. Halaber, balizamenduak jarriko dira (kaptafaroak, zedarriak, etab.) tuneleko hormetan zein galtzadan, ikusizko gidaketa hobetzeko asmoz.

Ildo horretan, ikusizko gidaketaren araberako haztapen-faktoreak ezartzerako orduan (4.5.3. taulan ageri denez), galtzadan eta hormetan dispositibo islatzaileak osagarri gisa jartzea izango da kontuan, 5, 6 eta 7. argiztapen-motei dagozkien tuneletan bereziki (4.5.5. taula).

#### 4.5.4. Haztapen-faktoreak gidatzeko erosotasunaren arabera

Ibilgailuak tuneletan gidatzeko erosotasuna kontuan izan behar da tuneletako argiztapenari dagokionez. Erabiltzaileek ibilgailuak erraztasun osoz eta ahalik eta esfortzurik txikiena eginez gidatzeari deritzo gidatzeko erosotasuna; izan ere, informazio egokia jasotzen dute eta ez dute konplexutasunik ikusizko eremuan. Hona hemen ibilgailuak gidatzeko erosotasunaren arabera haztapen-faktoreak:

4.5.4. taula. – Haztapen-faktoreak gidatzeko erosotasunaren arabera

| Gidatzeko erosotasuna       | Haztapen-faktorea |
|-----------------------------|-------------------|
| Erosotasun txikia behar da  | 0                 |
| Erosotasun ertaina behar da | 2                 |
| Erosotasun handia behar da  | 4                 |

#### 4.5.5. I eta II. Motako tunelen argiztapen-motak

Haztapen-faktoreak ezarri ondoren, trafikoaren intentsitatearen eta osaeraren arabera (4.5.1 eta 4.5.2. taulak) eta ikusizko gidaketaren eta ibilgailuak gidatzeko erosotasunaren arabera (4.5.3 eta 4.5.4. taulak), I eta II. Motako tuneletarako argiztapen-motak zehazten dira:

4.5.5. taulak I eta II. – Motako tuneletarako argiztapen-motak

| Faktoreak bat. | Argiztapen-mota |
|----------------|-----------------|
| 0 - 3          | 1               |
| 4 - 5          | 2               |
| 6 - 7          | 3               |
| 8 - 9          | 4               |
| 10 - 11        | 5               |
| 12 - 13        | 6               |
| 14 - 15        | 7               |

### 5. I ETA II. MOTAKO TUNELEN ARGITERIA NORMALA

Hona hemen tuneleko argiztapenaren kalitatea ezartzeko beharrezko ezaugarri fotometriko nagusiak:

- Galtzadaren luminantzia-maila.
- Hormen luminantzia-maila, bereziki gehienez 2 m-erainoko altueran.
- Luminantziaren banaketa-uniformetasuna galtzadetan eta hormetan.
- Itsualdia mugatzea.
- Flicker-efektua kontrolatzea.

5. irudian hiri arteko norabide bakarreko I edo II. Motako tunel baten sekzio longitudinala agertzen da, tuneleko alde desberdinen luzerak eta iluminantzia-mailak zehaztuz. Ondoren zehaztuko dira argiztapen-mailen nomenklatura eta definizioa:

- L20 = Sarreraren inguruko luminantzia.
- Lth = Atalaseen inguruko luminantzia.
- Ltr = Trantsizioko aldearen inguruko luminantzia.
- Ln = Barruko aldearen luminantzia.
- Lex = Irteeraren inguruko luminantzia.

Jarraian, berriz, eskematikoki agertzen eta identifikatzen dira hainbat aldetako argiztapen-mailak.

ción vertical horizontal, especialmente esta última, instalando asimismo balizamiento (captafaros, hitos, etc.) tanto en la calzada como en las paredes del túnel al objeto de mejorar el guiado visual.

En este sentido a la hora de establecer los factores de ponderación en función del guiado visual (tabla 4.5.3), se tendrá en cuenta la instalación adicional de dispositivos retrorreflectantes en las paredes y en la superficie de la calzada, especialmente para los túneles que corresponden a las clases de alumbrado 5, 6 y 7 (tabla 4.5.5).

#### 4.5.4. Factores de ponderación en función de la comodidad en la conducción

La comodidad en la conducción de vehículos en los túneles debe tenerse en cuenta en el alumbrado de los mismos, entendiéndose como tal la facilidad y mínimo esfuerzo que deben realizar los usuarios en la conducción de vehículos, debido a la completa información recibida y a la carencia de complejidad en el campo visual. Los factores de ponderación en función de la comodidad en la conducción de vehículos son los siguientes:

Tabla 4.5.4. – Factores de ponderación en función de la comodidad en la conducción

| Comodidad en la conducción        | Factor de ponderación |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Se requiere una baja comodidad    | 0                     |
| Se requiere una comodidad media   | 2                     |
| Se requiere una comodidad elevada | 4                     |

#### 4.5.5. Clases de alumbrado para túneles tipo I y II

Una vez establecidos los factores de ponderación en función de la intensidad y composición del tráfico (tablas 4.5.1 y 4.5.2), así como los correspondientes factores en función del guiado visual y de la comodidad en la conducción de vehículos (tablas 4.5.3 y 4.5.4), se definen las clases de alumbrado para túneles tipo I y II:

Tabla 4.5.5. – Clases de alumbrado para túneles tipo I y II

| Suma de factores | Clase de alumbrado |
|------------------|--------------------|
| 0 - 3            | 1                  |
| 4 - 5            | 2                  |
| 6 - 7            | 3                  |
| 8 - 9            | 4                  |
| 10 - 11          | 5                  |
| 12 - 13          | 6                  |
| 14 - 15          | 7                  |

### 5. ALUMBRADO NORMAL DE TÚNELES TIPO I Y II

Las principales características fotométricas necesarias para establecer la calidad del alumbrado de un túnel son las siguientes:

- Nivel de luminancia de la calzada.
- Nivel de luminancia de las paredes, en particular hasta una altura de 2 metros.
- Uniformidad de distribución de luminancia en calzada y paredes.
- Limitación del deslumbramiento.
- Control del efecto flicker.

En la figura 5 se ha representado una sección longitudinal de un túnel tipo I o II unidireccional interurbano, detallando las longitudes y niveles de iluminancia de las diferentes zonas del mismo. La nomenclatura y correspondiente definición de dichos niveles lumimétricos se concreta a continuación:

- L20 = Luminancia en la zona de acceso.
- Lth = Luminancia en la zona de umbral.
- Ltr = Luminancia en la zona de transición.
- Ln = Luminancia en la zona del interior.
- Lex = Luminancia en la zona de salida.

A continuación se identifican y representan de forma esquemática los niveles de iluminación en las distintas zonas.

Non hauexek ditugun:

$$L_{tr} = L_{th} (1,9+t)^{-1,428}$$

Eta  $L_{th} = \% 100$  eta  $t =$  denbora segundotan

Segurtasun distantziak lortzen dira 4.3.4 irudia oinarritzat hartuta zirkulatzeke gehieneko abiaduraren eta galtzadaren maldaren datuekin.

5. irudia. I eta II. – Motako tunel luzeraren sekzio longitudinala, bertako alde ezberdinen luzerak eta luminantziak zehaztuta. %100eko balioa atalase aldeko lehen zatia dagokio

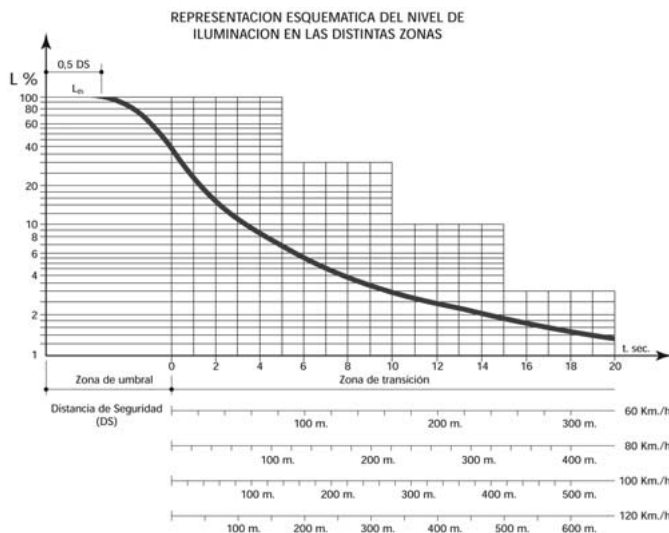
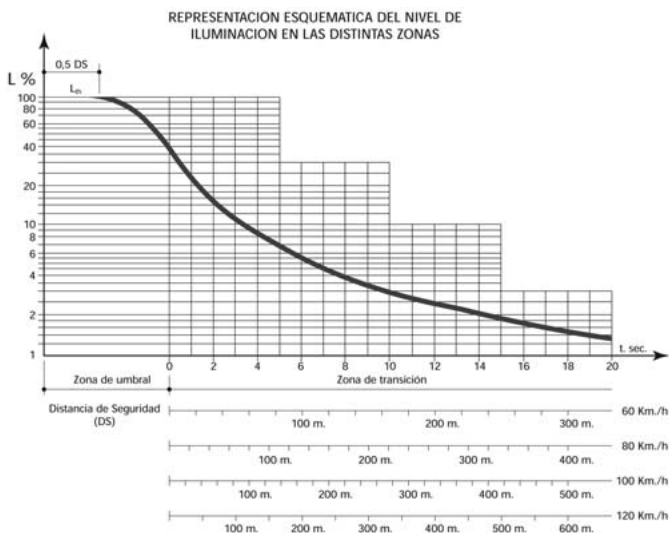
Donde:

$$L_{tr} = L_{th} (1,9+t)^{-1,428}$$

Con  $L_{th} = 100\%$  y  $t =$  tiempo en segundos

Las Distancias de Seguridad se obtienen a partir de la Figura 4.3.4 con los datos de la velocidad máxima permitida de circulación y de la pendiente de la calzada.

Figura 5. – Sección longitudinal de un túnel tipo I o II, con especificación de las luminancias y longitudes de las diferentes zonas del mismo. El valor de 100% corresponde a la primera mitad de la zona de umbral



5.1. Sarrerako aldeko luminantzia

Sarrera aire zabalean dagoen errepideko zatia da, tuneleko sarreraren edo atariaren aurretik dagoena eta tunelera hurbiltzen den gidariak tuneleko sarrera ikusteko modua izan behar duen distantzia betetzen duena. Sarrerako aldearen luzera segurtasun distantziaren berdina da (SD), eta ahoa baino 20 edo 30 metro lehenago bukatzen da, 5. irudian agertzen den moduan.

Sarrerako aldeko L20 luminantzia 20º-ko angelua duen ikuspen-eremuko batezbesteko luminantzia da, erpina gidariaren begiaren posizioan duena eta tunelaren aurreko distantzia gelditzeko distantziaren berdineren kokatuta eta tunelaren atarirantz bideratuta tunelaren ahoaren 1/4ko altueran.

Sarrerako aldeko L20 luminantzia finkatzeak berebiziko garrantzia du, atalaseko aldeko argiztapenaren bidez lortu beharreko maila aurrez finkatzen baitu. Sarrerako aldeko luminantzia hori inguruko atmosferaren egoeraren eta tunelaren kokalekuaren araberakoa izango da (orografia, inguruak, etab.).

5.1.1. Luminantzia finkatzea tuneleko sarreraren aldean

Atalaseko aldearen hasieran behar den luminantziaren balioaren oinarriak sarrerako L20 luminantziaren balioa izan behar du, tunelaren aurreko tarte jakin batean: tarte horrek segurtasun distantziaren berdina izan behar du nolana ere. Eguneko argiaren antzeko baldintzetan, hurbiltzeko alde eta inguru ezberdinak dituzten tunelek (orografia ezberdina, ingurunea, eta abar) nahikoa luminantzia balio ezberdinak izango dituzte L20 sarrerako aldean.

Tunel bateko argiztapenaren instalazioaren diseinua eta proiektua egiteko, urte osoan nahikoa maiz gertatzen den L20 horren gehieneko balioa ezagutu beharra dago. Kasurik gehienetan L20 balio hori urtaroen baldintzen eta eguraldiaren araberakoa denez gero, ondoren zehaztuko diren bi metodo enpiriko erraztu erabiltzen dira L20 ebaluatu ahal izateko.

5.1. Luminancia en la zona de acceso

La zona de acceso es la parte de la carretera a cielo abierto, situada inmediatamente anterior a la entrada o portal del túnel, que cubre la distancia a la que un conductor que se aproxima debe ser capaz de ver en el interior del túnel. La longitud de la zona de acceso es igual a la distancia de seguridad (DS), y termina 20 o 30 m antes del emboquille tal y como se ha indicado en la figura 5.

La luminancia de la zona de acceso L20 es la luminancia media contenida en un campo cónico de visión que subtende un ángulo de 20º, con el vértice en la posición del ojo del conductor, situado a una distancia anterior al túnel igual a la distancia de parada, y orientado el cono hacia el portal de túnel sobre un punto situado a una altura de 1/4 de la boca del túnel.

La determinación de la luminancia de la zona de acceso L20 tiene una gran trascendencia, ya que es la que predetermina el nivel a obtener mediante el alumbrado en la zona de umbral. Dicha luminancia de la zona de acceso depende de las condiciones atmosféricas de la zona y del emplazamiento del túnel (orografía, alrededores, etc.).

5.1.1. Determinación de la luminancia en la zona de acceso del túnel

El valor de luminancia necesaria al comienzo de la zona de umbral debe basarse en el valor de la luminancia en la zona de acceso L20 a una separación delante del túnel igual a la distancia de seguridad «DS». Bajo idénticas condiciones de luz diurnas, los túneles con distintas zonas de aproximación y alrededores (distinta orografía, entorno etc.) tendrán valores considerablemente diferentes de luminancia en la zona de acceso L20.

Para diseñar y proyectar la instalación de alumbrado de un túnel se necesita conocer el valor máximo de L20 que tiene lugar con una frecuencia suficiente durante todo el año. Como en la mayoría de los casos este valor L20 depende de las condiciones estacionales y del tiempo meteorológico, se utilizan dos métodos empíricos simplificados para la evaluación de L20 que a continuación se especifican.

5.1.1.1. *Hurbiltze-metodoa*

Izenak berak adierazten duenez, metodo honek gutxi gora-beherako balioak ematen ditu, eta soilik tuneleko sarreraren inguruei buruzko nahikoa informazio zehatzik ez dagoenean erabiliko da. Sarrerako L20 luminantzia aukeratzean datza metodo hau, 5.1.1.1. taularen bidez eta kcd/m<sup>2</sup>-tan adierazia (103 cd/m<sup>2</sup>):

5.1.1.1. – Taula Sarreraren aldeko batezbesteko luminantzia L20 (Kcd/m<sup>2</sup>)

| Segurtasun distantzia eta egoera         | Zeruko portzentajeak (%) 20º-ko ikuspen-eremu konikoan |     |        |     |       |     |        |     |       |     |        |     |       |     |        |   |
|--|--|-----|--------|-----|-------|-----|--------|-----|-------|-----|--------|-----|-------|-----|--------|---|
|  | %35  |     |        |     | %25   |     |        |     | %10   |     |        |     | %0    |     |        |   |
|  | Ohik.  |     | Elurra |     | Ohik. |     | Elurra |     | Ohik. |     | Elurra |     | Ohik. |     | Elurra |   |
|  | B  | A   | B      | A   | B     | A   | B      | A   | B     | A   | B      | A   | B     | A   | B      | A |
| Ikuspen-eremuko distira                  | (1)  | (1) | (1)    | (1) | (1)   | (1) | (1)    | (2) | (3)   | (2) | (3)    | (2) | (3)   | (2) | (3)    |   |
| 60 m-ko segurtasun distantzia (60 km/h)  | (4)  | (4) | (4)    | (4) | 4     | 5   | 4      | 5   | 2,5   | 3,5 | 3      | 3,5 | 1,5   | 3   | 1,5    | 4 |
| 100 m-ko segurtasun distantzia (80 km/h) | 4  | 6   | 4      | 6   | 4     | 6   | 4      | 6   | 3     | 4,5 | 3      | 5   | 2,5   | 5   | 2,5    | 5 |

Tabla 5.1.1.1. – Luminancia media de la zona de acceso L20 (Kcd/m<sup>2</sup>)

| Situación y distancia de seguridad     | Porcentaje de cielo (%) en los campos de visión cónicos A 20º |     |       |     |        |     |       |     |        |     |       |     |        |     |       |   |
|--|---|-----|-------|-----|--------|-----|-------|-----|--------|-----|-------|-----|--------|-----|-------|---|
|  | 35%   |     |       |     | 25%    |     |       |     | 10%    |     |       |     | 0%     |     |       |   |
|  | Normal  |     | Nieve |     | Normal |     | Nieve |     | Normal |     | Nieve |     | Normal |     | Nieve |   |
|  | B   | A   | B     | A   | B      | A   | B     | A   | B      | A   | B     | A   | B      | A   | B     | A |
| Situación de brillo en campo de visión | (1)   | (1) | (1)   | (1) | (1)    | (1) | (1)   | (2) | (3)    | (2) | (3)   | (2) | (3)    | (2) | (3)   |   |
| Distancia seguridad 60 m (60 km/h)     | (4)   | (4) | (4)   | (4) | 4      | 5   | 4     | 5   | 2,5    | 3,5 | 3     | 3,5 | 1,5    | 3   | 1,5   | 4 |
| Distancia seguridad 100 m (80 km/h)    | 4   | 6   | 4     | 6   | 4      | 6   | 4     | 6   | 3      | 4,5 | 3     | 5   | 2,5    | 5   | 2,5   | 5 |

Non hauexek baititugu:

1. Efectu hori, funtsean, mailaren orientazioaren arabera-koa da:

- «B»: Baxua; iparraldeko hemisferioan: «hegoaldeko sarrera».
- «A»: Altua; iparraldeko hemisferioan: «iparraldeko sarrera».

Ekialdeko eta mendebaldeko sarreretan, maila baxuaren eta altuaren bitarteko balioak hautatu behar dira.

2. Efectu hori, funtsean, inguruko distiraren arabera-koa da:

- «B»: Baxua; inguruetako islapen baxuak.
- «A»: Altua; inguruetako islapen altuak.

3. Efectu hori, funtsean, tunelaren orientazioaren arabera-koa da:

- «B»: Baxua; iparraldeko hemisferioan: «hegoaldeko sarrera».
- «A»: Altua; iparraldeko hemisferioan: «iparraldeko sarrera».

Ekialdeko eta mendebaldeko sarreretan, maila baxuaren eta altuaren bitarteko balioak hautatu behar dira.

4. 60 metroko gelditzeko distantzian ez dago, praktikan, %35eko zeruko portzentajerik.

Oharrak: «Iparraldeko sarrerak» esan nahi du hegoalderantz doazen ibilgailuetako gidarientzako sarrera dela. «Hegoaldeko sarrerak» iparralderantz doazen ibilgailuetako gidarientzako sarrera adierazten du.

5.1.1.2. *Metodo zehatza*

Bigarrena metodoa, zehatzagoa dena, tunelaren ahoaren hiru dimentsioko bista dagoenean erabili behar da. Sarrerako batezbesteko L20 luminantzia ebaluatzeke metodo hori lortzeko abiapuntua tuneleko sarreraren inguruetako krokis bat da, eta ondoko formularen bidez kalkulatzen da:

$$L_{20} = aL_c + bL_R + cL_E + dL_{th}$$

Non hauexek baititugu:

- $L_c$  = Zeruko luminantzia
- a = zeruaren %.

5.1.1.1. *Método de aproximación*

Como su propio nombre indica este método da solamente una indicación aproximada, y únicamente debe utilizarse cuando no exista información suficientemente detallada acerca de los alrededores inmediatos de la boca de entrada del túnel. Este método consiste en la elección de la luminancia de la zona de acceso L20 mediante la Tabla 5.1.1.1 expresada en kcd/m<sup>2</sup> (103 cd/m<sup>2</sup>):

Siendo:

1. Efecto dependiente fundamentalmente de la orientación del túnel:

- «B»: Bajo; En el hemisferio norte: «entrada sur».
- «A»: Alto; En el hemisferio norte: «entrada norte».

Para entradas este y oeste deben elegirse valores intermedios entre bajo y alto.

2. Efecto dependiente fundamentalmente del brillo de los alrededores:

- «B»: Bajo; Reflectancias de los alrededores bajas.
- «A»: Alto; Reflectancias de los alrededores altas.

3. Efecto dependiente fundamentalmente de la orientación del túnel:

- «B»: Bajo; En el hemisferio norte: «entrada sur».
- «A»: Alto; En el hemisferio norte: «entrada norte».

Para entradas este y oeste deben elegirse valores intermedios entre bajo y alto.

4. Para una distancia de parada de 60 m no se encuentran en la práctica porcentajes de cielo del 35%.

Notas: La «entrada norte» significa la entrada para conductores de vehículos viajando hacia el sur. La «entrada sur» expresa la entrada para conductores de vehículos viajando hacia el norte.

5.1.1.2. *Método exacto*

El segundo método, más exacto, debe utilizarse cuando exista disponible una vista en tres dimensiones de la boca del túnel. En este método la evaluación de la luminancia media de la zona de acceso L20 se obtiene a partir de un croquis de los alrededores de la entrada del túnel y se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$L_{20} = aL_c + bL_R + cL_E + dL_{th}$$

Donde:

- $L_c$  = Luminancia del cielo
- a = % de cielo.

- $L_R$  = Errepideko luminantzia  
b = errepidearen %.
- $L_E$  = Inguruetakoko luminantzia  
c = inguruaren %.
- $L_{th}$  = Tuneleko atalasearen inguruko luminantzia  
d = tuneleko sarreraren %.

Eta hauxe egiaztatzen da:

$$a + b + c + d = 1$$

100 m-tik gorako segurtasun distantzietan (SD), (d)-ren balioa txikia da ( $d < 10\%$ ) eta atalaseko aldearen  $L_{th}$  luminantzia txikia denez aire zabaleko beste luminantzia-balio batzuekiko, balioa gal dezake  $L_{th}$ -ren ekarpenak.

60 m-ko segurtasun-distantzia batean, honako adierazpen hau ezar daiteke:

$$L_{20} = \frac{aL_C + bL_R + cL_E}{1+k}$$

Non hauexek baititugu:

$$k = L_{th}/L_{20}$$

k faktorearen balioak 5.2.1. taulan ezarri dira, eta faktore horrek 0,1eko balioa inoiz gainditzen ez duenez, honelaxe gelditzen da formula:

$$L_{20} = aL_C + bL_R + cL_E$$

Ondokoa kontuan izanik:

$$a + b + c < 1$$

a, b eta c finkatzea egingarria ez denean, 5.1.1.3 irudian jasotako tuneletan sartzeko 8 diseinuren bildumarekin konparatuta egin daiteke ebaluazioa; izan ere, irudi horietan gidariak tunelaren sarreraren duen ikuspeneko zeru-portzentajeak agertzen dira.

$L_C$ ,  $L_R$  eta  $L_E$ -ren tokiko balio zehatzik egon ezik, ondoko taularen bidez lor daitezke, non balio horiek  $Kcd/m^2$ -tan adierazten diren ( $103 cd/m^2$ ).

5.1.1.2. taula. – Zeruko, errepideko eta inguruetakoko luminantzien balioak ( $Kcd/m^2$ )

| Tunel zuloaren norabidea | Zerua $L_C$ | Errepidea $L_R$ | LE (inguruak) |           |              |         |
|--------------------------|-------------|-----------------|---------------|-----------|--------------|---------|
|                          |             |                 | Harkaitzak    | Eraikinak | Elurra       | Zelaiak |
| I                        | 8           | 3               | 3             | 8         | 15 (V)/15(H) | 2       |
| E-M                      | 12          | 4               | 2             | 6         | 10 (V)/15(H) | 2       |
| H                        | 16          | 5               | 1             | 4         | 5(V)/15(H)   | 2       |

Oharra: (V) Azalera bertikalak; (H) Azalera horizontalak.

### 5.1.1.3. Metodoen erabilera

Hurbiltze-metodoaren 5.1.1.1. taularen erabilera errazteko, tuneleko sarreraren zortzi ereduak bilduma bat erantsi da (5.1.1.3. irudia). Diseinu horien oinarriak argazkiak dira, eta marrazki bakoitzaren gainetik jarriko dira  $20^\circ$ -ko ikuspen-eremu konikoan, sarrerako  $L_{20}$  luminantzia definituz. Diseinu bakoitzean, zeruko portzentajea agertzen da  $20^\circ$ -ko eremuaren barruan tuneleko sarrerako segurtasun distantziarekin batera; izan ere, sarreratik hartu zen hasieraren argazkia.

Edozein tuneletako sarrerako  $L_{20}$  luminantziaren balioa izateko ekarpena egiten duen zeruko portzentajearen balioa zein den jakiteko, argazki bat atera beharko litzateke segurtasun distantzia hasten den puntutik, eta horren gaineko benetako neurriren bat ezagutzeko, adibidez tunelaren altuera,  $20^\circ$ -ko konoaren diametroa finka liteke argazkian.

Tunela egiteko badago oraindik, zeruaren lerroan ateratako argazkia edo eskalara eginiko marrazkia erabil daiteke, baina ez litzateke aldatu behar tunelaren eraikuntzak iraun bitartean. Argazkia edo marrazkia, orduan, bereziki beharizko zeruko portzentajearen balioetatik hurbilen duen diseinuarekin konpara daiteke (1 - 8. taulak).

Zeruko portzentajea 5.1.1.1. taulan agertzen diren balioen artean badago, orduan beharrezkoa da interpolatzea sarrerako  $L_{20}$  luminantziaren balioa lortzeko. Aipaturiko taula hori erabiliz lortu diren

- $L_R$  = Luminancia de la carretera  
b = % de la carretera.
- $L_E$  = Luminancia de los alrededores  
c = % de los alrededores.
- $L_{th}$  = Luminancia de la zona de umbral del túnel  
d = % de la entrada del túnel.

Verificándose que:

$$a + b + c + d = 1$$

Para distancias de seguridad (DS) superiores a 100 m, el valor de (d) es pequeño ( $d < 10\%$ ) y como la luminancia de la zona de umbral  $L_{th}$  es baja respecto a otros valores de luminancia a cielo abierto, puede despreciarse la contribución de  $L_{th}$ .

Para una distancia de seguridad (DS) de 60 m se puede establecer la siguiente expresión:

$$L_{20} = \frac{aL_C + bL_R + cL_E}{1+k}$$

siendo:

$$k = L_{th}/L_{20}$$

Como el factor k, cuyos valores se establecen en la tabla 5.2.1, nunca excede de 0,1 la fórmula anterior queda de la siguiente forma:

$$L_{20} = aL_C + bL_R + cL_E$$

teniendo en cuenta que:

$$a + b + c < 1$$

Cuando la determinación de a, b y c no resulta factible, pueden evaluarse por comparación con la colección de 8 diseños de entrada de túneles de la figura 5.1.1.3, que muestran los porcentajes de cielo en la visión del conductor para la zona de acceso.

En el caso de no disponer de valores locales exactos de  $L_C$ ,  $L_R$  y  $L_E$ , pueden obtenerse mediante la Tabla siguiente, en la que dichos valores se expresan en  $Kcd/m^2$  ( $103 cd/m^2$ ).

Tabla 5.1.1.2. – Valores de las luminancias de cielo, carretera y alrededores ( $Kcd/m^2$ )

| Dirección de conducción | Cielo $L_C$ | Carretera $L_R$ | $L_E$ (alrededores) |           |              |          |
|-------------------------|-------------|-----------------|---------------------|-----------|--------------|----------|
|                         |             |                 | Rocas               | Edificios | Nieve        | Praderas |
| N                       | 8           | 3               | 3                   | 8         | 15 (V)/15(H) | 2        |
| E-O                     | 12          | 4               | 2                   | 6         | 10 (V)/15(H) | 2        |
| S                       | 16          | 5               | 1                   | 4         | 5(V)/15(H)   | 2        |

Nota: (V) Superficies verticales; (H) Superficies horizontales.

### 5.1.1.3. Uso de dos métodos

Para facilitar el uso de la tabla 5.1.1.1 del método de aproximación se incluye una colección de ocho diseños de entradas de túneles (figura 5.1.1.3). Estos diseños se basan en fotografías y se superponen a cada dibujo en el campo de vista cónico de  $20^\circ$ , definiendo la luminancia de la zona de acceso  $L_{20}$ . Bajo cada diseño aparece el porcentaje de cielo dentro del campo de  $20^\circ$ , junto con la distancia de seguridad a la entrada del túnel, desde la cual se tomó originariamente cada fotografía.

Para estimar el valor de porcentaje de cielo que contribuye al valor de la luminancia de la zona de acceso  $L_{20}$  en la entrada de cualquier túnel, debería sacarse una fotografía desde el punto donde se inicia la distancia de seguridad y conociendo alguna dimensión real de la misma, por ejemplo, la altura del túnel, podría determinarse el diámetro del cono de  $20^\circ$  en la fotografía.

Si el túnel no está todavía construido, entonces podría utilizarse una fotografía sacada a lo largo de la línea del cielo, o un dibujo a escala, que debería no alterarse durante la construcción del túnel. La fotografía o el dibujo puede entonces compararse con el diseño (figuras 1 a 8) que se parezca más a los valores del porcentaje de cielo observados particularmente.

Cuando el porcentaje de cielo se sitúa entre los valores de la Tabla 5.1.1.1, entonces es necesario interpolar para obtener el valor de la luminancia de la zona de acceso  $L_{20}$ . Los valores  $L_{20}$  obte-

L20. balioak gutxi gorabeherakoak dira, eta tuneleko sarrerari buruzko informazioa oso mugatua denean gomendatzen da balio horiek erabiltzea.

Tunelean sartzeko nahikoa informazioa dagoenean erabili behar da L20 finkatzeko metodo zehatza. Tunel bateko argiztapenaren gaineko proiektua egiteko modurik hobereana, praktikan, sarrerako L20 luminantziaren balioaren hasierako kalkulua egitea da hurbiltze-metodoaren 5.1.1.1. taula erabiliz, baina argiteriaren azken diseinua metodo zehatzaren bidez egin beharko da.

Komenigarria da nahikoa segurtasuna dakarren maila definitzea, betiere kostuaren benetako beharretara egokituta. Tunelaren barruko argiztapen-maila definitzeko soilik ikuspen irizpide zorrotzak erabiliko balira, nahikoak ez diren balioak izango genituzke; segurtasun neurriak dira, hain zuzen, lehenago aipaturikoak baino maila handiagoak dakartzatenak. Argiztapen atalaseen maila horiek handiagoak dira trafiko dentsitate handiagoak dauden hiriko tuneletan.

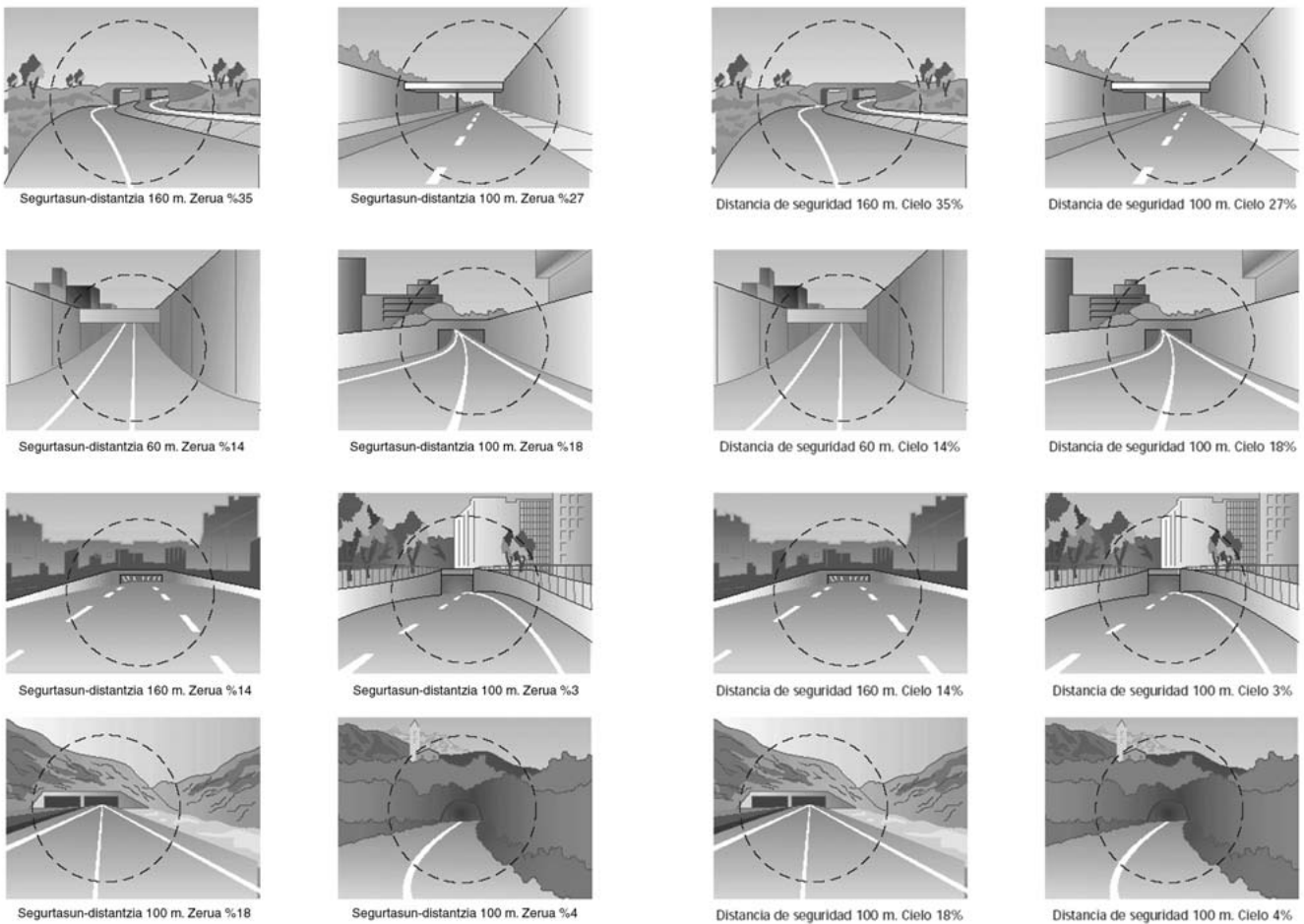
nidos utilizando dicha tabla son muy aproximados y se recomienda su uso cuando la disponibilidad de información de la entrada del túnel sea muy limitada.

El método exacto para determinar L20 debe utilizarse cuando se dispone de suficiente información de la entrada del túnel. En la práctica, el mejor sistema de operar, a la hora de proyectar la iluminación de un túnel, es realizar una estimación inicial del valor de la luminancia de la zona de acceso L20 utilizando la Tabla 5.1.1.1 del Método aproximado, pero el diseño final del alumbrado debe realizarse mediante el Método exacto.

Es conveniente definir el nivel adecuado que, ajustándose a las necesidades reales de costo, suponga tener la suficiente seguridad. Si se utilizan solamente estrictos criterios de visibilidad para la definición del nivel de iluminación en el interior del túnel, se llegaría a valores insuficientes; son las medidas de seguridad, las que imponen unos niveles superiores a los antes mencionados. Hay que señalar que estos niveles de umbral de iluminación son mayores en los túneles urbanos donde las densidades de tráfico son más elevadas.

5.1.1.3. Irudia. – Zeruko portzentajeak gidariaren ikuspenean

Figura 5.1.1.3. – Porcentajes de cielo en la visual del conductor



Honako hauen arabera aldatzen dira egokitzapen-luminantziako balioak tuneleko ardatzean zentratutako 20º-ko eremuan, sarrerako ahoetan erreferentziatuz jotzen direnak: gelditzeko distantziaren, ikuspen-eremuko luminantziaren intentsitatearen eta 20º-ko ikuspen-eremuko zeruko portzentajearen arabera; gutxieneko balioak 1500 cd/m<sup>2</sup>-koak eta gehienekoak, berriz, 7500 cd/m<sup>2</sup>-koak dira. 5.1.1.3. taulak ikusizko inguruaren baldintzen arabera balioak ematen ditu.

Los valores de luminancia de adaptación en el campo de 20º centrado en el eje del túnel, que se toman de referencia en las bocas de entrada varían con la distancia de parada, con la intensidad de iluminación en el campo de visión y con el porcentaje de cielo en el campo de visión de 20º, con valores mínimos de 1500 cd/m<sup>2</sup> y máximos de 7500 cd/m<sup>2</sup>. La tabla 5.1.1.3 indica unos valores en función de las condiciones del entorno visual.

5.1.1.3. taulak. – Egokitzapen-luminantziak, ikuspen-eremuaren baldintzen arabera

Tabla 5.1.1.3. – Luminancias de adaptación según las condiciones del entorno visual

| Ikuspen-eremuaren baldintzak  | Luminantzia (cd/m <sup>2</sup> ) |
|---|----------------------------------|
| Zeruak edo luminantzia altuko eremuak hartzen dute ikuspen-aldaren %60 baino gehiago..... | 7.000                            |

| Condiciones del entorno visual  | Luminancia (cd/m <sup>2</sup> ) |
|---|---------------------------------|
| Más del 60% del área de visión está ocupada por el cielo o superficies con alta luminancia..... | 7.000                           |



|   |       |
|---|-------|
| Tunelaren ahoa eta ingurua gune irekietan daude kokatuta, hegoalderantz.<br>Ikuspen-eremuaren %50 baino gehiago hartzen du zeruak edo azalera argiak .....  | 6.000 |
| Sarrerako aldea garbi dago eta ahokaduran obra-azalera argia du, baita zoladura ere.<br>Ikuspen-eremuaren %40 baino gehiago hartzen du zeruak edo azalera argiak .....  | 5.000 |
| Ikuspen-eremuaren %25 baino gehiago hartzen du zeruak edo luminantzia altuko azalerek.<br>Tunelaren ahokadura eta inguruak nahikoa toki irekian daude kokatuta, hego-sortaldera edo hego-sartaldera bideratuta gutxienez 25º-tan.<br>Hiri guneetako tunelak oro har.....  | 4.000 |
| Ez dago ikuspen-eremuan oso azalera argitsurik –zerua, adibidez– proportzio txikian ez bada.<br>Tunelaren ahokadura malda handiko magalekin edo alde bietan basoekin inguratuta.<br>Hiri guneetako tunelak, ahokaduretan eraikin altuekin inguratuta.<br>Tunelaren ahokaduretan eguzki argiak zuzenean eragiten ez duenez inoiz, edozein urtaro izanda ere. | 3.000 |
| Mendiko tuneleko ahokadura, iparraldera bideratuta eta alboetan landarez beteriko magalekin; ikuspen-eremu horretan luminantzia baxuko azalera daude soilik .....   | 2.000 |

|   |       |
|---|-------|
| La embocadura del túnel y su entorno están localizados en un entorno abierto y orientados hacia el Sur.....<br>Más del 50% del campo de visión está ocupada por el cielo o superficies con alta luminancia.....   | 6.000 |
| La zona de entrada se encuentra despejada y en la embocadura presenta una gran superficie de obra clara, así como el pavimento. Más del 40% del área de visión está ocupada por el cielo o superficie clara.....  | 5.000 |
| Más del 25% del área de visión está ocupada por el cielo o superficies con alta luminancia.<br>La embocadura del túnel y su entorno están localizados en una zona bastante abierta y orientada al sudeste o sudoeste por lo menos 25º.<br>Túneles en áreas urbanas en general .....   | 4.000 |
| No existen en el campo de visión superficies muy luminosas como cielo, mas que en muy pequeña proporción.<br>La embocadura del túnel se encuentra flanqueada por laderas de pendiente acentuada o bosque a ambos lados.<br>Túneles en áreas urbanas con la embocadura rodeada de altos edificios.<br>Túneles localizados de tal manera que sobre su embocadura no pueden incidir directamente la luz solar en ningún momento ni época del año ..... | 3.000 |
| Embocadura del túnel de montaña orientada hacia el Norte y flanqueada por laderas cubiertas de vegetación, en cuyo campo de visión solo existen superficies de baja luminancia. ....  | 2.000 |

## 5.2. Sarrerako aldeko argiak

5. irudian agertzen denez, tuneleko sarrerak ondoz ondoko bitarte ditu: atalaseko aldea, tuneleko ahotik hurbilen dagoena, eta trantsizioko aldea.

### 5.2.1. Atalasearen aldeko argiztapen-mailak

Atalaseko aldea atariaren ondoren zuzenean kokaturik dagoen tuneleko lehen zatia da; hortaz, tunelaren ahotik hasten da. Argiteriak atalaseko aldearen hasieran egunez eman behar duen luminantzia-maila,  $L_{th}$  (galtzadako azalaren batezbesteko luminantzia, zerbitzuan dagoen eta instalazioaren mantentzea duena), sarrerako aldeko L20 luminantziaren ehuneko bat da, halako moldez non hauxe egiaztatzen baita:

$$L_{th} = k L_{20}$$

5.2.1. atalean ezarri da  $k$  faktorea harturiko argiztapen-sistema (kontrafluxua edo simetrikoa), segurtasun distantzia (SD) eta 4.5.5 taulan definituriko argiztapen-mota kontuan izanik, haztapen-faktoreen arabera (trafikoaren intentsitatea eta osaera, ikusizko gidaketa eta ibilgailuak gidatzeko erosotasuna).

5.2.1. taula. –  $k10^3$  balioak atalasearen alderako

| Argiztapen-Sistema<br>Argiztapen<br>mota | Kontrafluxua<br>Segurtasun distantzia |       |       | Simetrikoa<br>Segurtasun distantzia |       |       |
|--|---------------------------------------|-------|-------|-------------------------------------|-------|-------|
|  | 60 m                                  | 100 m | 160 m | 60 m                                | 100 m | 160 m |
| 1  | 10                                    | 15    | 30    | 15                                  | 20    | 35    |
| 2  | 15                                    | 20    | 40    | 20                                  | 25    | 40    |
| 3  | 20                                    | 30    | 45    | 25                                  | 35    | 45    |
| 4  | 25                                    | 35    | 50    | 30                                  | 40    | 50    |
| 5  | 30                                    | 40    | 55    | 35                                  | 50    | 65    |
| 6  | 35                                    | 45    | 60    | 40                                  | 55    | 80    |
| 7  | 40                                    | 50    | 70    | 50                                  | 60    | 100   |

Aipaturikoen artean (60-100 eta 160 m) dauden segurtasun distantzietan (SD), taulan ezarritako zifren artean eginko interpolazio linealaren bidez lortuko dira  $k$  faktorearen balioak.

### 5.2.2. Atalasearen aldeko luzera

Atalaseko aldearen luzerak, gutxienez, segurtasun distantziaren berdina izan behar du (SD). Distantzia horren lehen zatian (SD), galtzadako luminantzia  $L_{th}$ -ren berdina izango da, hots, atalaseko aldearen hasieran duen balioa.

## 5.2. Alumbrado de la zona de entrada

Tal y como se representa en la figura 5, la entrada del túnel consta de dos tramos consecutivos: la zona de umbral, que es la más próxima a la boca del mismo y la zona de transición.

### 5.2.1. Niveles de iluminación de la zona de umbral

La zona de umbral es la primera parte del túnel ubicada directamente después del portal, comenzando, por tanto, en la boca del mismo. El nivel de luminancia  $L_{th}$  (luminancia media en servicio de la superficie de la calzada con mantenimiento de la instalación), que debe ser proporcionado por el alumbrado durante el día al comienzo de la zona de umbral, es un porcentaje de la luminancia de la zona de acceso L20, de forma que se verifica:

$$L_{th} = k L_{20}$$

El factor  $k$  se establece en la tabla 5.2.1 teniendo en cuenta el sistema de alumbrado adoptado (contraflujo o simétrico), la distancia de seguridad (DS) y la clase de alumbrado definido en la tabla 4.5.5 en función de los factores de ponderación (intensidad y composición del tráfico, guiado visual y confort en la conducción de vehículos).

Tabla 5.2.1. – Valores de  $k10^3$  para la zona de umbral

| Sistema de alumbrado<br>Clase de<br>alumbrado | Contraflujo<br>Distancia de Seguridad (DS) |       |       | Simétrico<br>Distancia de Seguridad (DS) |       |       |
|---|--|-------|-------|--|-------|-------|
|   | 60 m                                       | 100 m | 160 m | 60 m                                     | 100 m | 160 m |
| 1   | 10   | 15    | 30    | 15                                       | 20    | 35    |
| 2   | 15   | 20    | 40    | 20                                       | 25    | 40    |
| 3   | 20   | 30    | 45    | 25                                       | 35    | 45    |
| 4   | 25   | 35    | 50    | 30                                       | 40    | 50    |
| 5   | 30   | 40    | 55    | 35                                       | 50    | 65    |
| 6   | 35   | 45    | 60    | 40                                       | 55    | 80    |
| 7   | 40   | 50    | 70    | 50                                       | 60    | 100   |

Para distancias de seguridad o de parada (DS) comprendidas entre las señaladas (60-100 y 160 m), los valores del factor ( $k$ ) se obtienen por interpolación lineal entre las cifras establecidas en la tabla.

### 5.2.2. Longitud de la zona de umbral

La longitud de la zona de umbral debe ser como mínimo igual a la distancia de seguridad (DS). En la primera mitad de dicha distancia (DS), la luminancia en la calzada será igual a  $L_{th}$ , es decir, el valor al comienzo de la zona de umbral.

Segurtasun distantziaren lehen zatitik aurrera (SD), 0,4 Lth-ren berdina izango den baliora txikitu daiteke pixkanaka eta linealki atalaseko aldearen amaieran (5. irudia). Mailaz maila egin daiteke murrizketa graduala atalaseko aldearen bigarren zatian, halako moldez non mailen arteko erlazioak ez baitu gaintutiko 3:1 balioa eta luminantzia ez baita jaitsiko murrizketa gradual linealari dagozkion balioetatik.

### 5.2.3. Hormetako luminantzia

Atalaseko aldeko hormen batezbesteko luminantziak, 2 m-ko altueraraino, galtzadako azaleraren batezbesteko luminantziaren antzekoa izan behar du. Batezbesteko luminantziaren balioaren % 60ko balioa onartzen da galtzadako hormetan.

### 5.2.4. Trantsizioko aldearen luzera eta luminantzia

Atalaseko aldearen ondotik dagoen tuneleko zatia da trantsizioko aldea, 5. irudian agertzen denez. Hortaz, atalaseko aldearen amaieran hasi eta barruko aldearen hasieran bukatzen da alde hori.

5. irudiarekin bat etorritz, trantsizioko aldearen luzera ibilgai-luak egin behar duen distantzia da, hain zuzen ere atalaseko aldeko luminantzia-mailatik tunelaren barruko aldean hasten deneko luminantzia balioraino igarotzeko behar den distantzia, betiere ikusizko egokitzapena eginez. Horren ondorioz, ibilgailuaren abiadura bakoitzean, trantsizioko aldearen luminantziaren murrizketa onargarria, Ltr, alde horretan eginiko distantziaren funtzioa da.

Pixkanaka jaisten da trantsizioko aldeko instalazioan mantentzea duen eta zerbitzuan den galtzadako batezbesteko Ltr luminantzia, atalaseko luminantziatik barruko aldeko luminantziaraino.

Proba experimental ugari egin izanaren ondorioz daukagu 5. irudiko kurba, betiere begiaren egokitzapenaren arabera, luminantzia maila altuetatik oso maila baxuetara, eta honako adierazpen hau duen hurbiltze matematikoa sortu da aipaturiko proba horien ondorioz:

$$L_{tr} = L_{th} (1,9 + t)^{-1,428}$$

non hauxe baitugu: t = s denbora segundotan.

Trantsizioko aldeko luminantziaren jaitsiera, praktikan, zenbait mailaren bidez egin daiteke, baina maila horiek 3:1eko erlazioa baino txikiagoak izan behar dute eta luminantziak ezin izan ditzake 5. irudiko kurbakoak baino balio txikiagoak, eta trantsizioko aldearen amaierara iritsiko gara luminantzia tuneleko barruko aldeko mailaren hiru halakoa denean.

Gainera, tuneleko hormetako batezbesteko luminantzia, 2 m-raino trantsizioko aldeko edozein kokapen espezifikoetatik, ez da toki horretan bertan neurturiko batezbesteko luminantzia baino txikiagoa izango.

### 5.3. Barne aldeko argiak

Barruko aldea trantsizioko aldearen ondoren dago. Trantsizioko aldearen amaieraren eta irteerako aldearen arteko distantziak emango du aipaturiko alde horren luzera. Tunelaren barruko Lin luminantzia-mailak konstanteak dira alde horretan, zeren eta amaitu egin baita begiaren egokitzapena kanpoko argiztapen-maila altuetatik. Maila horiek 5.3. taulan ezarri dira segurtasun distantziaren arabera, eta definituriko argiztapen-motaren arabera 4.5.5. taulan.

5.3. taula. – Kanpoko aldeko luminantziak (cd/m<sup>2</sup>)

| Argiztapen Mota | Segurtasun distantzia |       |       |
|-----------------|-----------------------|-------|-------|
|                 | 60 m                  | 100 m | 160 m |
| 1               | 0,5                   | 2     | 3     |
| 2               | 1                     | 2     | 4     |
| 3               | 2                     | 3     | 5     |
| 4               | 2                     | 3     | 6     |
| 5               | 2                     | 4     | 6     |
| 6               | 3                     | 5     | 8     |
| 7               | 3                     | 6     | 10    |

A partir de la mitad de la distancia de seguridad (DS), la luminancia de la calzada puede disminuir gradual y linealmente hasta un valor, al final de la zona de umbral, igual a 0,4 Lth (figura 5). La reducción gradual en la segunda mitad de la zona de umbral puede realizarse de forma escalonada, de manera que la relación entre escalones no exceda de la relación 3:1 y la luminancia no caiga por debajo de los valores correspondientes a la disminución gradual lineal.

### 5.2.3. Luminancia de las paredes

La luminancia media de las paredes en la zona de umbral, hasta una altura de 2 m, debe ser similar a la luminancia media de la superficie de la calzada, admitiéndose un valor del 60% del valor de la luminancia media en la calzada para las paredes

### 5.2.4. Luminancia y longitud de la zona de transición

La zona de transición es la parte del túnel que sigue a la zona de umbral, tal como se indica en la figura 5. Por tanto, comienza al final de la zona de umbral y termina al inicio de la zona del interior.

De conformidad con la figura 5, la longitud de la zona de transición es la distancia que debe recorrer un vehículo para pasar, adaptándose visualmente, desde el nivel de luminancia del final de la zona de umbral, hasta el valor de la luminancia en el comienzo de la zona del interior. En consecuencia, para cada velocidad del vehículo la reducción permisible de la luminancia en la zona de transición Ltr, es función de la distancia recorrida en la mencionada zona.

La luminancia media en servicio de la calzada con mantenimiento de la instalación de la zona de transición Ltr disminuye gradualmente, desde la luminancia de la zona de umbral hasta la luminancia de la zona del interior.

La curva de la figura 5 es el resultado de numerosas pruebas experimentales en función de la adaptación del ojo desde altos niveles de luminancia a valores muy bajos, que han dado lugar a una aproximación matemática que responde a la siguiente expresión:

$$L_{tr} = L_{th} (1,9 + t)^{-1,428}$$

siendo: t = tiempo en segundos.

En la práctica, el descenso de la luminancia en la zona de transición puede llevarse a cabo mediante una serie de escalones que deben ser menores que la relación 3:1 y la luminancia no puede alcanzar valores inferiores a los de la curva de la figura 5, alcanzándose el final de la zona de transición cuando su luminancia es igual a tres veces el nivel de la zona del interior del túnel.

Se deberá cumplir además que la luminancia media de las paredes del túnel hasta una altura de 2 m, en cualquier posición específica de la zona de transición, no debe ser menor que la luminancia media de la calzada en dicho lugar.

### 5.3. Alumbrado de la zona interior

La zona del interior es la parte del túnel que sigue directamente a la zona de transición. Su longitud viene dada por la distancia existente entre el final de la zona de transición y el comienzo de la zona de salida. Los niveles de luminancia Lin de la zona del interior del túnel, que son constantes a lo largo de dicha zona, puesto que ha finalizado la adaptación del ojo desde los altos valores luminosos del exterior, se establecen en la tabla 5.3 en función de la distancia de seguridad (DS) y de la clase de alumbrado definido en la tabla 4.5.5.

Tabla 5.3. – Luminancias en cd/m<sup>2</sup> en la zona del interior

| Clase de alumbrado | Distancia de seguridad (DS) |       |       |
|--------------------|-----------------------------|-------|-------|
|                    | 60 m                        | 100 m | 160 m |
| 1                  | 0,5                         | 2     | 3     |
| 2                  | 1                           | 2     | 4     |
| 3                  | 2                           | 3     | 5     |
| 4                  | 2                           | 3     | 6     |
| 5                  | 2                           | 4     | 6     |
| 6                  | 3                           | 5     | 8     |
| 7                  | 3                           | 6     | 10    |

Seinaleen arteko segurtasun distantzietan edo gelditzeko distantzietan (600-100 eta 160 m), taulan ezarritako zifren arteko interpretazio linealaren bidez lortzen dira  $k$  faktorearen balioak.

2 m-ko altueraraino, instalazioko mantentzea duen galtzadan zerbitzuan den batezbesteko Lin luminantziaren antzeko luminantzia izan behar dute tuneleko hormek.

Honako helburu hauek lortzea ahalbidetu behar du tunelaren barruko aldeko luminantzia-mailak:

- Galtzadan balizko edozein oztopo ikustea gutxienez segurtasun distantziaren distantzia berdiner, baina kontuan hartu behar da tunelaren atmosferaren opakotasuna, ibilgailuen ihes-gasak direla-eta.
- Ibilgailuak zalantzarik gabe gidatzea.
- Argiaren kalitate ona; horren ondorio psikologikoa garrantzitsua da batez ere oso tunel luzeetan.

Bestalde, esan behar da tunel osoan lortzen direla barruko aldeko argiztapen-mailak, baita argiztapena indartzeko aldeak ere (sarrerako aldea eta, hala denean, irteerako aldea), non oinarritzko argiztapena deritzen argiztapen horiei.

Luminantzia-maila baxuetan, oso garrantzitsua da uniformetasun longitudinal osoa izatea betiere.

#### 5.4. Irteeren aldeetako argiak

Irteerako aldean, egunez, tunelaren kanpoko aldeko luminantzia altuaren eragina izaten du gidariaren ikuspenak. Irteerako aldea tunelaren barruko aldearen amaieran hasi eta irteerako ahoan bukatzen da.

Tuneleko irteerako aldean Lex luminantzia-maila bat ezarri behar da galtzadan, ibilgailuak zuzenean argiztatzeko, halako moldez non txikiak ikusiko baitira tuneleko irteerako aldean, zeren eta, barruko aldeko argiztapen-mailatik gorako Lin argiztapena indartu barik, ez bailirateke ikusiko ibilgailu handien atzetik tuneleko irteerako eguneko argiak, eragindako itsualdia dela-eta.

Hala ere, kontuan hartu behar da ezen, barruko Lin luminantzia ahuletik tuneleko kanpoko aldeko luminantzia altura igarotzeko, gidariaren begiaren egokitzapena oso bizkorra dela eta, oro har, erabiltzaileari arazorik ez dakarkiola.

Aitzitik, norabide bakarreko I eta II. motako tuneletan (6. eta 7. argiztapen-motakoak, 4.5.5 taulan xedatu denarekin bat etorritik), irteerako aldeko Lex luminantzia linealki handitu behar da gutxienez segurtasun distantziaren luzera berdinean, barruko aldeko luminantziatik hasita, barruko aldean baino 5 aldiz handiagoan (Lex = 5 Lin) tuneleko atarira edo ahora iritsi baino 20 m-ra. Luminantzia-maila pixkanaka handitu daiteke, halako moldez non mailen arteko erlazioak ez baitu gaudituko 3:1 balioa eta luminantzia ez baita jaitisiko murrizketa gradual linealari dagozkion balioetatik.

Norabide bakarreko tunelen kasuan, 1-5. argiztapen-motak (biak barne) dituzten horietan, irteerako aldeak tuneleko barruko aldearen luminantzia bera izango du (Lex = Lin), baina ez da tunelaren barruko aldean aurreikusitakoaz gain argiztapen osagarri behar. Hala eta guztiz ere, tunelari dagokion argiztapen-mota edozein delarik ere, norabide bakarreko tunelen kasu berezietan, non irteeran itsualdiak eta eragozpen arrisku handiak dauden (adibidez, tunelaren orientazioa edo ilusentziak eta ilunabarrak eragindako eragozpenak direla-eta) indartu egin beharko da tuneleko irteerako argiztapena 6. eta 7. argiztapen-motetarako ezarritako baldintzetan.

#### 5.5. Galtzadako iluminantziaren uniformitatea

Tuneletako galtzadak eta hormak ibilgailuen grafikoko mugatzaile edo ikusizko gidatzat har daitezke; horrexegatik uniformitate ona lortu behar da tuneleko hormetan eta galtzadan, 2 m-ko altueraraino.

5.5. taulan ezarri dira tuneleko galtzadetako luminantzien uniformitate orokorreko eta longitudinaleko zerbitzuan den instalazioaren gutxienezko balioak, alde guztietan, hots, tunel osoan eta galtzadaren zabalera osoan, betiere argiteria-motaren arabera.

Para distancias de seguridad o de parada (DS) comprendidas entre las señaladas (60-100 y 160 m) los valores del factor (K) se obtienen por interpolación lineal entre las cifras establecidas en la tabla.

Hasta una altura de 2 m, las paredes del túnel deben tener una luminancia media similar a la luminancia media en servicio de la calzada con mantenimiento de la instalación Lin.

El nivel de luminancia en la zona del interior del túnel debe permitir alcanzar los siguientes objetivos:

- Visibilidad de cualquier obstáculo eventual sobre la calzada a una distancia como mínimo igual a la distancia de seguridad, teniendo en cuenta la opacidad de la atmósfera del túnel debido a los gases de escape de los vehículos.
- Guiado sin ambigüedades de los vehículos.
- Buena calidad del ambiente luminoso, cuyo efecto psicológico es importante sobre todo en los túneles muy largos.

Se debe señalar que los niveles de la zona del interior se consiguen en toda la longitud del túnel, igualmente en las denominadas zonas de refuerzo de alumbrado (zona de entrada y, en su caso, de salida), donde a esta iluminación se le denomina alumbrado base.

Para los niveles de luminancia más bajos, es muy importante tener una buena uniformidad longitudinal.

#### 5.4. Alumbrado de la zona de salida

La zona de salida es la parte del túnel en la que, durante el día, la visión del conductor está influida predominantemente por la elevada luminancia exterior del túnel. La zona de salida comienza al final de la zona del interior y termina en la boca de salida del túnel.

En la zona de salida del túnel debe establecerse un nivel de luminancia Lex en la calzada, para iluminar directamente los vehículos, de forma que los más pequeños resulten visibles en la zona de salida del túnel, dado que sin reforzamiento del alumbrado por encima de los niveles de la zona del interior Lin, permanecerían ocultos detrás de los vehículos grandes, debido al deslumbramiento originado por la luz diurna de la salida del túnel.

Todo ello, aun teniendo en cuenta que pasar de una luminancia interior Lin débil a una luminancia en el exterior del túnel elevada, la adaptación del ojo del conductor es muy rápida y en general no plantea problemas para el usuario.

Sin embargo, en los túneles tipo I y II unidireccionales, cuya clase de alumbrado sea 6 y 7, de acuerdo con lo dispuesto en la tabla 4.5.5, la luminancia en la zona de salida Lex deberá aumentar linealmente a lo largo de una longitud como mínimo igual a la distancia de seguridad (DS), a partir de la luminancia de la zona del interior, a un nivel 5 veces superior al de la zona del interior (Lex = 5 Lin) a una distancia de 20 m, antes de llegar a la boca o portal de salida del túnel. El aumento lineal de la luminancia podrá realizarse escalonadamente de forma que la relación entre escalones no exceda de la relación 3:1 en una longitud, como mínimo, igual a la distancia de seguridad (DS).

En los casos de túneles unidireccionales cuyas clases de alumbrado sean 1 a 5 ambas inclusive, la zona de salida tendrá la misma luminancia que la zona del interior del túnel (Lex = Lin), no requiriéndose alumbrado adicional sobre el previsto en la zona del interior. No obstante, con independencia de la clase de alumbrado que corresponda al túnel, en ciertos casos particulares de túneles unidireccionales, donde existan serios riesgos de molestia y deslumbramiento a la salida, debido por ejemplo a la orientación del túnel o a las incomodidades ocasionadas por la salida y ocaso del sol, deberá reforzarse el alumbrado de la zona de salida del túnel en las condiciones establecidas para los de clase de alumbrado 6 y 7.

#### 5.5. Uniformidad de la iluminancia de la calzada

En los túneles, la calzada y las paredes actúan como delimitadores o guías visuales para el tráfico de vehículos, de ahí que deba alcanzarse una buena uniformidad en la calzada y en las paredes de los túneles hasta una altura de 2 m.

En la tabla 5.5 se establecen los valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación, de la uniformidad global y longitudinal de luminancias en las calzadas de los túneles, en todas sus zonas, es decir, en la longitud total de los mismos y la anchura completa de la calzada, en función de la clase de alumbrado.

5.5. taula. – Galtzadaren azaleraren luminantzia-uniformitateak

| Argiztapen Mota | Uniformitateak     |           |
|-----------------|--------------------|-----------|
|                 | Erabilera orokorra | Luzera UI |
| 1-2-3           | 0,3                | 0,5       |
| 4-5-6-7         | 0,4                | 0,6       |

Tabla 5.5. – Uniformidades de luminancia de la superficie de la calzada

| Clase de alumbrado | Uniformidades |                 |
|--------------------|---------------|-----------------|
|                    | Global Uo     | Longitudinal UI |
| 1-2-3              | 0,3           | 0,5             |
| 4-5-6-7            | 0,4           | 0,6             |

### 5.6. Itsualdiaren muga

Itsualdiak ikuspene murrizten duenez gero, oso garrantzitsua da berau ahalik eta txikiena izatea tuneleko argiterian. Itsualdi asal-datzaila, itsualdia dagoenean oztopo bat ikusteko behar den kontraste-atalasearen igoera gisa definitua, ondoko adierazpen hauetan zehazten da:

$$TI = 65 \frac{L_v}{(L_m)^{0,8}}$$

ehunekoa,  $0,05 \leq L_m \leq 5 \text{ cd/m}^2$

$$TI = 95 \frac{L_v}{(L_m)^{1,05}}$$

ehunekoa,  $L_m > 5 \text{ cd/m}^2$

non hauexek baititugu:

TI = Itsualdi asal-datzailari dagokion atalaseko igoera.

Lv = Guztizko errezel-luminantzia  $\text{cd/m}^2$ -tan

Lm = Galtzadaren batezbesteko luminantzia  $\text{cd/m}^2$ -tan

Atalasearen igoerak (TI) %15ekoa baino txikiagoa izan behar du atalaseko aldeetan, trantsizioko aldeetan eta alde guztietan gauez. Irteerako aldean, egunez, ez dago mugarik itsualdi asal-datzailan.

### 5.7. Flicker-efektua kontrolatzea

Ikuspen-eremuko luminantziaren aldizkako aldaketek eragiten dute keinadaren edo flicker-efektuaren sentrazioa, tuneletako sabaletan edo hormetan jarritako luminariet eragindakoak noiz-eta luminarien arteko distantzia desegokia dagoenean, betiere argiztapen-intentsitatearen banaketako abiadura-aldaketa handia izanik.

Keinadaren edo flicker-efektuak ikuspenean eragindako deserosotasuna, funtsean, honako faktore hauen araberakoa da:

- Luminantzia-aldaketen kopurua segundoko (keinaden maiztasuna edo flicker).
- Flicker-efektuaren guztizko iraupena.
- Argitik ilunera aldatzeko abiadura, ziklo bakarrean.
- Gorengo argiztapen-mailaren eta argiztapen-mailarik txikiaren arteko erlazioa epealdi bakoitzean (luminantziaren modulazio-sakontasuna).

Ibilgailuaren abiaduraren eta luminarien arteko distantziaren araberakoa da lehenbiziko hiru puntuen eragina; azken puntua, era berean, ezaugarri fotometrikoen (argi-intentsitatearen banaketa) eta luminarien arteko distantzien araberako izango da.

Ondoko luminarietako muturren arteko distantzia luminaria bakar baten luzera baino txikiagoa denean, argitik ilunerako aldatzeko abiadurari buruzko hirugarren puntua gutxitu egiten da eta oso txikia da jasotako keinada edo flicker-efektua, argiteriaren instalazioaren ezarpena linea jarraituarekin berdinetsi baitaiteke.

Tuneleko alde bateko keinada edo flicker frekuentzia kalkulatu ahal izateko, metro/segundoko trafikoaren abiadura zati metrotan adierazitako luminarien arteko distantzia egin behar da.

Keinada edo flicker frekuentziarik gerta ez dadin (luminantziaren aldaketa), 2,5 Hz eta 15 Hz bitartekoak zirkulazioko abiaduran 20 segundoz baino denbora luzeagoz, zeren keinada-efektuak balioa gal baitezake 2,5 Hz-tik beherako eta 15 Hz-tik gorako frekuentzietan.

### 5.6. Limitación del deslumbramiento

Dado que el deslumbramiento reduce la visibilidad, es muy importante minimizarlo en el alumbrado de túneles. El deslumbramiento perturbador, definido como el incremento de umbral de contraste (TI) necesario para ver un obstáculo cuando hay deslumbramiento, se especifica mediante las siguientes expresiones:

$$TI = 65 \frac{L_v}{(L_m)^{0,8}}$$

en % para  $0,05 \leq L_m \leq 5 \text{ cd/m}^2$

$$TI = 95 \frac{L_v}{(L_m)^{1,05}}$$

en % para  $L_m > 5 \text{ cd/m}^2$

donde:

TI = Incremento de umbral correspondiente al deslumbramiento perturbador.

Lv = Luminancia de velo total en  $\text{cd/m}^2$ .

Lm = Luminancia media de la calzada en  $\text{cd/m}^2$ .

El incremento de umbral (TI) debe ser menor del 15% para las zonas de umbral, de transición y zona interior durante el día, y para todas las zonas durante la noche. Para la zona de salida durante el día no existe limitación en el deslumbramiento perturbador.

### 5.7. Control del efecto Flicker

La sensación de parpadeo o efecto flicker es la impresión molesta e incómoda producida por las variaciones periódicas de la luminancia en el campo de visión, originadas por las luminarias instaladas en las paredes o techos de los túneles cuando existe una separación inadecuada entre las mismas, con una elevada velocidad de cambio en la distribución de la intensidad luminosa.

La incomodidad visual experimentada por el conductor, debida al parpadeo o efecto flicker depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- Número de cambios de la luminancia por segundo (frecuencia de parpadeo o flicker).
- Duración total del efecto Flicker.
- Velocidad de cambio de claro a oscuro, en un solo ciclo.
- Relación de pico-luz a valle-oscuridad, dentro de cada período (profundidad de modulación de luminancia).

La influencia de los tres primeros puntos, depende de la velocidad del vehículo y de la separación entre luminarias; el último punto depende también de las características fotométricas (distribución de la intensidad luminosa) e interdistancia entre luminarias.

Cuando la distancia entre los extremos de las luminarias adyacentes es inferior a la longitud de una sola luminaria, el tercer punto relativo a la velocidad de cambio de claro a oscuro queda minimizado, y el parpadeo o efecto Flicker percibido resulta despreciable, debido a que la implantación de la instalación de alumbrado puede asimilarse a una línea continua.

Para calcular la frecuencia de parpadeo o flicker en una zona del túnel, se divide la velocidad del tráfico en metros/segundo por la separación entre luminarias en metros.

Deben evitarse frecuencias de parpadeo o flicker (variación de la luminancia), comprendidas entre 2,5 Hz y 15 Hz a la velocidad de circulación durante más de 20 segundos, dado que el efecto de parpadeo puede despreciarse para frecuencias por debajo de 2,5 Hz y por encima de 15 Hz.

5.7. irudia. – Flicker-efektua

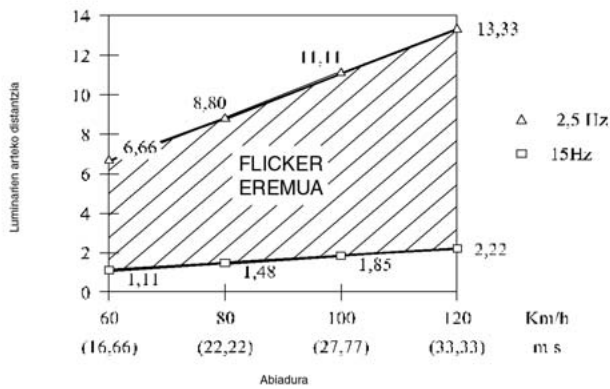
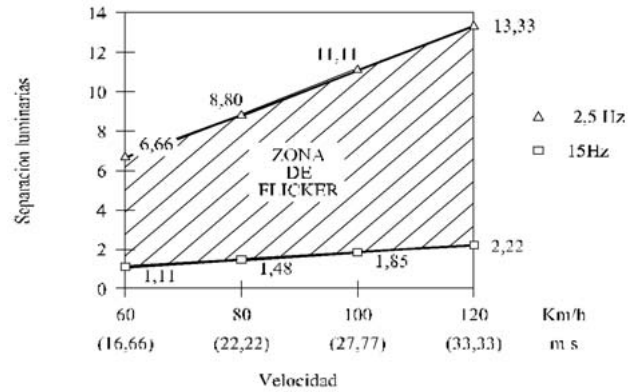


Figura 5.7. – Efecto flicker



5.8. Gaueko argiak

Tunela argizatuturiko errepideko tarte batean badago, tuneleko gaueko argiteriak gutxienez sarbideko argiteriaren berdina izan beharko du, eta kanpoko tarteko balioak baino 1,5 – 2 aldiz handiagoa izatea gomendatzen da galtzadako azaleraren luminantzi-mailari dagokionez. Gaueko luminantziaren uniformetasunek gaueko argiteriaren eskakizunak bete beharko dituzte, eta beraz, 5.5. taulan ezarritako gutxieneko balioei egokitu zaizkie. Aurreko guztia egunez argizatuta ez dauden 100 m-tik gorako III. motako tuneletan ere aplikatu beharko da.

Argirik ez dagoen errepideko tuneleko sekzioan kokaturiko tunelelen kasuan, aurreko paragrafoan ezarritakoaren arabera tuneleko argiak jartzeaz gain, tunelaren sarreraren ondoko bidea segurtasun distantzia baino 2 aldiz distantzia handiagoan argiztatu beharko da eta gutxienez 200 m-ko ibilbidean, eta batezbesteko luminantzia tuneleko irteerako galtzadaren luminantziaren 1/3 baino handiagoa izanik.

Tuneleko sarrerako edota irteerako eguneko argirako paralumenen edo pantailen tarteetako gaueko argiteria tunelaren barrukoaren berdina izango da. Segurtasuna dela-eta ibilgailuen trafikoa zaintzeko sistema bat jartzen bada eta telebistako kameren bidez funtzionatzen badu, gaueko gutxieneko maila  $cd/m^2$  1ekoa izango da.

Tuneleko alde guztietako gaueko argiteriari dagokionez, galtzadako batezbesteko luminantziaren instalazioa mantentzea eta guztiz duen zerbitzuko gutxieneko balioa ondoko taulan ezarritakoa izango da.

5.8. taula. – Gaueko argiteriako luminantziak ( $cd/m^2$ )

| Argiztapen mota | Luminantzia ertaina $cd/m^2$ |
|-----------------|------------------------------|
| 1-2             | 0,5                          |
| 3-4-5-6-7       | 1                            |

Gauetz eta iluntzeetan edota oso egun lainotueta luminantzia ertainak proiektatzea aurreikusten da tunelaren barruko aldean,  $\geq 3 cd/m^2$ -koak.

5.9. Argiteriaren eskakizunen laburpena aldean arabera

- Sarrerako aldea edo atalasea:
  - Lerruna:  $200 cd/m^2 < L_{th} < 1000 cd/m^2$
  - $L_{thmin} = 5\% L_{20}$
- Trantsizioko aldea:
  - $L_{th} = 200 - 1000 cd/m^2$  izatetik  $L_{in} = 3 - 15 cd/m^2$  izatera murriztea tunelaren erdiko aldean.
- Erdiko aldea:
  - III. motako tunelak  $L_{in} = 15 cd/m^2$
  - I eta II. motako tunelak  $L_{in} = 3 - 10 cd/m^2$

5.8. Alumbrado nocturno

Si el túnel se encuentra en un tramo de carretera iluminado, el alumbrado nocturno del túnel debe ser al menos igual al de la carretera de acceso, recomendándose de 1,5 a 2 veces los valores del tramo exterior, en lo que respecta al nivel de luminancia de la superficie de la calzada. Las uniformidades de luminancia por la noche deberán satisfacer las mismas exigencias que en el caso del alumbrado diurno, ajustándose, por tanto, a los valores mínimos establecidos en la tabla 5.5. Todo lo anterior será igualmente de aplicación a los túneles tipo III que no estén iluminados durante el día.

En el caso de túneles que se encuentran situados en una sección de carretera que no está iluminada, además de instalar alumbrado en el túnel de acuerdo con lo establecido en el párrafo anterior, la vía posterior a la salida del túnel debe iluminarse en una longitud igual a 2 veces la distancia de seguridad (DS) y como mínimo en un recorrido de 200 m, con una luminancia media superior a 1/3 de la luminancia de la calzada en la zona de salida del túnel.

El alumbrado nocturno en los tramos de paralúmenes o pantallas para luz diurna en la zona de entrada y/o salida del túnel, será igual al de la zona del interior del túnel. En el supuesto de que por razones de seguridad se instale y funcione un sistema de vigilancia del tráfico de vehículos mediante cámaras de televisión, el nivel nocturno mínimo será de  $1 cd/m^2$ .

Para el alumbrado nocturno general de todas las zonas del túnel, el valor mínimo en servicio con mantenimiento de la instalación de la luminancia media de la calzada será el establecido en la tabla siguiente.

Tabla 5.8. – Luminancias en  $cd/m^2$  del alumbrado nocturno

| Clase de alumbrado | Luminancia media $cd/m^2$ |
|--------------------|---------------------------|
| 1-2                | 0,5                       |
| 3-4-5-6-7          | 1                         |

Es recomendable que, durante la noche y periodos crepusculares y/o días muy nublados proyectar luminancias medias  $\geq 3 cd/m^2$  en el interior del túnel.

5.9. Resumen de los requerimientos de alumbrado por zonas

- Zona de entrada o umbral:
  - Rango:  $200 cd/m^2 < L_{th} < 1000 cd/m^2$
  - $L_{thmin} = 5\% L_{20}$
- Zona de transición:
  - Reducción de  $L_{th} = 200 - 1000 cd/m^2$  a  $L_{in} = 3 - 15 cd/m^2$  en la zona central del túnel.
- Zona central:
  - Túneles tipo III  $L_{in} = 15 cd/m^2$
  - Túneles tipo I y II  $L_{in} = 3 - 10 cd/m^2$

## 6. TUNELETAKO SEGURTASUNERAKO ETA LARRIALDIETAKO ARGIAK ETA LUMINANTZIA MAILAREN KONTROLA

Kasu guztietan izan beharko da kontuan argindarra eten ondoren dagoen segurtasuneko argiztapena eta larrialdietako gidaketa-argiztapena sua dagoenean.

### 6.1. Segurtasuneko argiak zerbitzu elektrikoa eten egin dela-eta

Argindarrean akatsen bat badago, larrialdietako argien sistema behar da, eta segurtasuneko argiztapen sistema horrek, gutxienez, ziurtatu egin behar du argiztapenaren zati batek funtzionatzen jarraitzen duela, honako helburu hauek lortzeko:

- Argindarra eteteen, eroaleek azkar gelditzeko duten erre-akzio instintiboa txikitzea, zeren horrek talka ugari eragin baititzake.
- Ibilgailuen trafikorako zentzuzko argiztapen-mailak ematea, betiere ibilgailuen abiadura murriztu ondoren.
- Tunelaren barruan istripua edo matxura gertatu izanaren ondorioz larrialdietako zerbitzuen lana bultzatzea babes-tea.

Segurtasuneko argiak tunel osoan zehar jarriko dira, sarrera-tik irteeraraino, eta luminantzia maila, gutxienez, tunelaren barruko aldearen luminantziaren %10ekoa izango da (0,1 Lin) 5.3. taula, edo 0,2 cd/m<sup>2</sup>-koa, eta bietako baliorik handiena hartu beharko da, gutxienez 10 luxekoa. Hala lortuko da tunelaren barruko zenbait argi (fluoreszentea) SAI-tik hornituta eta ekipo autonomoak jarrita horma pikoan 50 m-ko tarteetan gehienez, bateria-kita bornean dutelarik.

Ez da segurtasuneko argirik behar argiztatu gabeko tuneletan, edo III. motako tuneletan baldin eta, tunelaren barruko edozein tokit-atik, gutxienez tuneleko irteeretako bat ikusteko modua badago.

### 6.2. Larrialdietako gidaketa-argiak su dagoenean

I eta II. motako tunel guztietan (4.4.2. taula), larrialdietako gidaketa-argien sistema bat jarri behar da sua dagoenean. Instalazio horretan 50 m-koa baino distantzia txikiagokoa izan behar du luminariaren arteko distantziak, eta tunelaren horman kokatuko dira gal-tzadaren azaleraren gainetik gehienez ere 1,5 m eta metro bat bitar-teko altueran gutxi gorabehera.

Larrialdietako argiteriak tuneleko erabiltzaileak gidatzea ahal-bidetu beharko du, tuneletik oinez irteteko arrisku-egoerak gerta-zen direnean.

III. motako tunelaren barruko edozein tokit-atik gutxienezko irte-eretako bat ikusten denean, ez da beharrezkoa izango larrialdie-tako gidaketarako argien sistema bat jartzea sua dagoenean.

## 7. IKUSIZKO GIDAKETA

Tuneletik doanean, informazio egokia izan behar du ibilgailuko gidariak. Hori lortzeko, tunelaren azalera hainbat kontraste-azale-ratan zatitu daiteke; esate baterako, tuneleko hormak kolore argi-koak izan daitezke eta sabaia iluna. Ikusizko gidaketak berebiziko garrantzia du erabiltzailea tunelera hurbiltzen denean ibilgailua gidatuz, eta bereziki sarrerako argiztapen-maila baxua denean. 4.5.3. taulan ezarri dira ikusizko gidaketa txikirako edo onerako haztapen-faktoreak.

### 7.1. Ikusizko gidaketa I eta II. motako tuneletan

2, 3, 4, 5, 6 eta 7. klaseko argiteria duten tuneletan (4.5.5. TAULA), seinaleztapen bertikala aintzat hartu barik, seinaleztapen horizontal egokia izateko arreta berezia jarriko da. 1. klaseko tune-letako sarreretan (4.5.5. taula) gutxienez 5 luminaria jarri behar dira lehenengo 75 metroan.

## 6. ALUMBRADO DE SEGURIDAD, EMERGENCIA Y CONTROL DEL NIVEL DE LUMINANCIA EN TÚNELES

En todos los casos deben tenerse en cuenta el alumbrado de seguridad por interrupción del suministro eléctrico y el alumbrado de guiado de emergencia en caso de incendio.

### 6.1. Alumbrado de seguridad por interrupción del servicio eléctrico

Cuando exista un fallo en la alimentación de corriente eléctrica, se requiere un sistema de alumbrado de seguridad que, al menos, asegure que una parte del alumbrado permanezca en funcionamiento al objeto de:

- Minimizar, en el momento del corte del fluido eléctrico, la reacción instintiva de los conductores de frenar rápidamente, lo que podría ocasionar múltiples colisiones.
- Dotar de unos niveles de iluminación razonables para el tráfico de vehículos, una vez que se haya impuesto una restricción en la velocidad de los vehículos.
- Ayudar y proteger el trabajo de los servicios de emergencia que se derivan de un accidente o una avería dentro del túnel.

El alumbrado de seguridad se instalará a lo largo de todo el túnel, desde la entrada hasta la salida; con un nivel de luminancia como mínimo del 10% de la luminancia de la zona interior del túnel (0,1 Lin) tabla 5.3. ó de 0,2 cd/m<sup>2</sup>, debiéndose adoptar el valor mayor de los dos, como mínimo de 10 lux. Esto se conseguirá alimentando parte del alumbrado interior del túnel (fluorescente) desde SAI y con equipos autónomos en los hastiales cada 50 m como máximo, con kit de baterías incorporado.

El alumbrado de seguridad no es necesario en los túneles sin iluminar, o en túneles tipo III si, desde cualquier posición dentro del túnel, es visible al menos una de las salidas del túnel.

### 6.2. Alumbrado de emergencia en caso de incendio

Para todos los túneles de tipo I y II, se requiere la instalación de un sistema de alumbrado de emergencia en caso de incendio. En dicha instalación la separación entre luminarias deberá ser inferior a 50 m y se situarán en la pared del túnel a una altura máxima de 1,50 m por encima de la superficie de la calzada.

El alumbrado de emergencia debe permitir el guiado de los usuarios del túnel ante situaciones de riesgo que requieran evacuar el túnel a pie.

En túneles tipo III, cuando desde cualquier lugar del interior del túnel, sea visible al menos una de las salidas, no será necesaria la instalación de este sistema de alumbrado para guiado de emergencia en caso de incendio.

## 7. GUIADO VISUAL

Al circular por el interior del túnel el conductor de un vehículo debe poseer la información adecuada. Esto puede conseguirse dividiendo la superficie longitudinal del túnel en varias superficies de contraste, como por ejemplo dejando las paredes del túnel claras y el techo oscuro. El guiado visual resulta de especial importancia cuando se aproxima el usuario conduciendo el vehículo al túnel y, particularmente, si el nivel luminoso de la zona de entrada es bajo. En la tabla 4.5.3 se han establecido los factores de ponderación para un guiado visual pobre o bueno.

### 7.1. Guiado visual para túneles tipo I y II

En los túneles de las clases de alumbrado 2, 3, 4, 5, 6 y 7 (tabla 4.5.5), con independencia de la señalización vertical, debe cuidarse especialmente una adecuada señalización horizontal. En la zona de entrada de los túneles clase de alumbrado 1 (Tabla 4.5.5), deben instalarse en los primeros 75 m, como mínimo 5 luminarias.

Ikusizko gidaketaren araberako haztapan-faktoreak balorazterakoan, aintzat hartuko da dispositibo islatzaile osagarriak jarzea tuneleko hormetan eta galtzadan (balizamendua, foku-hartzaileak, mugarriak, etab.), bereziki 5, 6 eta 7. klaseko argiteriei dagozkien tunelen kasuan (4.5.5. taula).

## 7.2. Ikusizko gidaketa III. motako tuneletan

III. motako tunelek edo argien instalazioa ez duten beheko pasabideek seinaleztapen ona behar du, seinaleztapen bertikala zein horizontala. Honako kokapen hauek erabil daitezke ikusizko gidaketan:

- Marka islatzaileak galtzadan.
- Balizamendu islatzailearen sistema (kaptafaroak, mugarria, etab.) galtzadan.
- Markak eta balizamendu islatzailea hormetan.
- Diodo fotoemisoreak edo argi-emisoreak.

## 8. III. MOTAKO TUNEL ARGIAK ETA BEHEKO PASABIDEAK

III. motako tuneletan eta beheko pasabideetan zalantza izaten da beti: eguneko argiteriarekin hornitzea edo ez. Instalazio hori jarztearen inguruko zalantza argitu ondoren, jarri beharreko eguneko argi-motak erabaki behar dira, hots, I eta II. motako tuneletako instalazioen ezaugarri berekoak edo mugatukoak izatea.

Tunelera hurbildu eta segurtasun-tartearen distantzia berera dauden ibilgailuetako gidariei ibilgailuak edo, hala denean, tunela zeharkatzen duten oinezkoak ikusten dituzten ala ez bermatu behar da; horixe izango da eguneko argia jarri behar den ala ez erabakitze faktore nagusia. Halaber, eguneko argi artifiziala jarri beharra ikuspenarekin dago lotuta, hain zuzen ere sarreran segurtasun distantzian dagoen gidariak III. motako tunel irteeran edo beheko pasabidean duen ikuspen-mailarekin. Hots, honako faktore hauen araberakoa izango da tuneleko ikuspena:

- Tunelaren luzera.
- Barruko aldean kurbak izatea.
- Tunelean maldak edo arrapalak egotea.

### 8.1. Argia sartzea errazten duten neurriak

Eguneko argi-eguzkia III. motako tunelean hobeto sartzeko, komenigarria da honako neurriak hartzea ahal denean:

- Tunel-ahoa gorago eraikitzea.
- Tuneleko hormak zuriz estaltzea (estalgarri espekularra).
- Sabaiko leihoak jartzea tuneleko sabaian.

Pareten islapen handia izatea garrantzitsua da atzeko aldearen distira hobetu ahal izateko; izan ere, atzeko alde horren kontra ikus daitezke objektuak. Halaber, III. motako tuneletan, non irteera ez den ikusten segurtasun distantziatik, pareten islapena bereziki garrantzitsua da, zeren eta paretak bermatu egingo baitu irteerako ahotik sartzen den eguneko argiaren zati handi bat gidariengan islatuko dela. Zerbitzuan %40tik gorako islapen lausoa duten hormei maila altukoak deritze eta %40tik beherako islapena duten hormei, berriz, maila baxukoak deritze.

2 m-ko altuerarainoko estalgarriarekin estali behar dira paretak, azal lisoarekin eta zerbitzuan edo mantentze-lanetan islapen espekular handiarekin. Beheko aldean 0,5 m-raino dagoen tartean eta alboko espaloiak beltzez margotu daitezke, batez ere galtzadaren zoladura argia edo zuria denean, ibilgailua gidatzean etengabeko kontraste onari eutsi behar zaiola-eta, zertarako-eta guztizko pertzepzioa hobetu ahal izateko.

Tunelean sartzen den eguneko argiaren maila ere garrantzitsua da. Hala, zeharkako sekzio handia (adibidez hiru erreikoa) eta toki lau irteera edo hegoalderantz dagoen beheranzko maldak dituen tunelak eguneko gehieneko argi bat onartuko du eta tunelaren ikus-

En la valoración de los factores de ponderación en función del guiado visual, se considerará la instalación adicional de dispositivos retrorreflectantes (balizamiento, captafaros, hitos, etc.) en las paredes del túnel y en la superficie de la calzada, especialmente en el caso de túneles que corresponden a las clases de alumbrado 5, 6 y 7 (tabla 4.5.5).

## 7.2. Guiado visual en túneles tipo III

Los túneles tipo III que carecen de instalación de alumbrado, requieren una buena señalización tanto vertical como horizontal. Podrán utilizarse las siguientes disposiciones para el guiado visual:

- Marcas retrorreflectantes en la calzada.
- Sistema de balizamiento retrorreflectante (captafaros, hitos, etc.) en la calzada.
- Marcas y balizamiento retrorreflectante en las paredes.
- Diodos fotoemisores o emisores de luz.

## 8. ALUMBRADO DE TÚNELES TIPO III

Los túneles tipo III presentan la disyuntiva de dotarlos o no de alumbrado diurno. Una vez resuelto el dilema en el sentido de requerir dicha instalación, debe decidirse el tipo de alumbrado diurno a implantar, bien limitado, o completo de las mismas características que los túneles de tipo I o II.

El factor crítico para establecer alumbrado diurno viene determinado por la certeza o no de que, los conductores de los vehículos que se aproximan al túnel y se encuentran a una distancia igual a la de seguridad (DS), vean los vehículos y, en su caso, los peatones que atraviesan el mismo. Asimismo, la exigencia de alumbrado artificial diurno está relacionada con el grado en el que la salida del túnel tipo III es visible para un conductor situado enfrente de la entrada, a la distancia de seguridad (DS), es decir, la visión a través de túnel que depende de los siguientes factores:

- Longitud del túnel.
- Existencia de curvas en su interior.
- Presencia de pendientes o rampas en el túnel.

### 8.1. Medidas que favorecen la penetración luminosa

Al objeto de facilitar la entrada de la luz solar diurna en el interior del túnel tipo III, resulta conveniente llevar a cabo, cuando sea posible las siguientes medidas:

- Construir la boca del túnel más elevada.
- Revestimiento de color blanco (recubrimiento especular) las paredes del túnel.
- Instalar claraboyas en el techo del túnel.

Es importante una elevada reflectancia de paredes para aumentar el brillo del fondo contra el que los objetos pueden ser vistos. En los túneles de tipo III, donde la salida no es visible desde la distancia de seguridad (DS), la reflectancia de paredes es particularmente importante, debido a que la pared asegurará que una gran proporción del alumbrado diurno que penetra por la boca de salida, se refleje hacia los conductores. Las paredes con una reflectancia difusa, en servicio, de más del 40%, son denominadas como elevada y las paredes con menos del 40% de reflectancia, son denominadas como baja.

Las paredes deberán estar cubiertas por un revestimiento blanco de hasta 2 m de altura, con una superficie lisa y una reflectancia especular elevada en servicio o mantenida. La parte inferior hasta 0,50 m y las aceras laterales, pueden ser ennegrecidas o pintadas de color negro, fundamentalmente cuando el revestimiento de la calzada es claro o blanco, debido a las necesidades de conducción de vehículos con un buen contraste mantenido, a fin de mejorar la percepción total.

El grado de penetración de luz diurna en la salida también es importante. Así, un túnel con una gran sección transversal, por ejemplo, de tres carriles, y una salida en terreno plano o con pendiente descendente y mirando al sur, admitirá un máximo de luz diurna

pena hobetzeko oso lagungarria izango da. Bestalde, eguneko argia eskasa izan daiteke tunela bi erreikoa edo gutxiagokoa denean, baldin eta irteera lur-ebaketa batean badago edo eraikin altuez inguraturik badago eta errepideak goranzko malda badu irteeratik edo irteera iparralderantz badago. Tunela zenbat eta handiagoa izan, orduan eta garrantzi txikiagoa izango du eguneko argia irteeran sartzeak.

## 8.2. III. motako tunelen sailkapena

III. motako tuneletan eguneko argiteria jartzeko edo ez erabakitzeko edo, hala denean, ezarri beharreko argiteria-mota aukeratzeko lagungarri izango den gida bat emateko, III. motako lau tunele sailkapena ezarri da, eta horietako bakoitzerako diagrama gida zehazten da.

### III. motako tunelak, A motakoak – 1. Diagrama

Hirietako edo hiri inguruetako tunelak dira trafikoko bideetan (autopistak eta autobideak salbuetsita), sarritan herri argiteria dutenak eta zirkulatzeko abiadura mugatua dutenak, 40 eta 60 km/h bitartekoa hain zuzen ere.

### III. motako tunelak, B motakoak – 2. Diagrama

Bi norabideko hiri arteko tunelak, eta trafiko handiko bolumena izango da tunel horietatik doazen ibilgailuen eguneko batezbestekoa 5.000 ibilgailukoa baino handiagoa denean (IMD > 5.000).

### III. motako tunelak, C motakoak – 3. Diagrama

Norabide bakarrek hiri arteko tunelak (autopistak eta autobideak), trafiko handiko bolumena izango da tunel horietatik doazen ibilgailuen eguneko batezbestekoa 10.000 ibilgailukoa baino handiagoa denean (IMD > 10.000).

### III. motako tunelak, D motakoak – 4. Diagrama

Abiadura txikiko trafikoa duten hiri arteko tunelak (abiadura muga 80 km/h-koa baino askoz txikiagoa), eta trafikoaren bolumena ibilgailuen batezbesteko 5.000 ibilgailukoa baino txikiagoa izanik eguneko (IMD < 5.000).

Diagramak gida praktikoa da, eta kasu jakin bakoitzean, errepide-motari egokitu zaio, honako hauek kontuan izanik:

- Tunelaren eta horren sarrerako eta irteerako errepidearen benetako konfigurazioa nolakoa den.
- Trafikoaren bolumena eta osaera; motordun ibilgailuen trafikoa edo trafiko mistoa izan daiteke, ibilgailu astunak eta arinak, ziklistak, oinezkoak, eta abar barne direlarik.
- Istripuen eta segurtasunaren arriskua argiztapenari dagokionez (kalitatea eta kantitatea).
- Merkantzia arriskutsuak sarritan garraiatzea.

Eguneko argia ondo sartzen denean tunelean, %20raino handitu behar da 4 diagrama-gidari bakoitzaren luzera.

Hormetako islatzaileen maila baxutzat hartzen denean, 4 diagrama-gidari bakoitzaren luzera %20 txikitu behar da.

Tunelaren geometriari eta sarbideei dagokienez, tunelaren argien diseinuak ibilbiderik kontserbadorena bete behar du diagrama-gidari bakoitzean. Gauza bera egin behar da honako hauetan:

- Tunelak lehenbizi malda duenean eta gero arrapala (kurbatura bertikaleko aldaketak).
- Etenaldi edo berezitasun geometrikoak daudenean.

y contribuirá considerablemente a la visibilidad en el túnel. Por otro lado, la penetración de la luz diurna puede ser pobre cuando el túnel sea de dos carriles o menos, en el caso de que la salida esté situada en un corte o se encuentre rodeada por edificios altos, así como cuando la carretera tenga pendiente ascendente desde la salida o en el supuesto de que la salida mire al norte. La importancia de la penetración de la luz diurna en la salida disminuye con la longitud del túnel.

## 8.2. Clasificación de túneles tipo III

Con la finalidad de proporcionar una guía que permita ayudar en la decisión de instalar o no alumbrado diurno en los túneles tipo III, así como en su caso, optar por el tipo de alumbrado diurno a implantar, se establece una clasificación de cuatro tipos de túneles de tipo III para cada uno de los cuales se detalla un diagrama guía.

### Túneles Tipo III A – Diagrama 1

Túneles situados en entornos urbanos o periurbanos en vías de tráfico (excluidas autopistas y autovías), frecuentemente dotadas de alumbrado público y cuya velocidad de circulación está limitada entre 40 y 60 km/h.

### Túneles Tipo III B - Diagrama 2

Túneles interurbanos bidireccionales, considerando un volumen de tráfico denso cuando la intensidad media diaria de los vehículos que circulan es superior a 5.000 (IMD > 5.000).

### Túneles Tipo III C - Diagrama 3

Túneles interurbanos unidireccionales (autopistas y autovías), estimando un volumen de tráfico denso cuando la intensidad media diaria de los vehículos que circulan es superior a 10.000 (IMD > 10.000).

### Túneles Tipo III D - Diagrama 4

Túneles interurbanos con tráfico de baja velocidad (límite de velocidad considerablemente menor de 80 km/h), y un volumen de tráfico notablemente inferior a una intensidad media diaria de 5.000 vehículos (IMD < 5.000).

Los diagramas constituyen una guía práctica que, en cada caso concreto, deberá ser adaptada al tipo de carretera teniendo en cuenta:

- La configuración real del túnel y de su carretera de acceso y salida.
- El volumen y la composición de tráfico bien motorizado o mixto que incluye vehículos pesados y ligeros, ciclistas, peatones, etc.
- Riesgo de accidentes y de la seguridad en relación a la iluminación (calidad y cantidad).
- Frecuente transporte de mercancías peligrosas.

Cuando la penetración de la luz diurna es buena, la longitud indicada en cada uno de los 4 diagramas guía debe ser incrementada hasta en un 20%.

Cuando la reflectancia de las paredes se califica como baja, la longitud señalada en cada uno de los 4 diagramas guía debe ser reducida en un 20%.

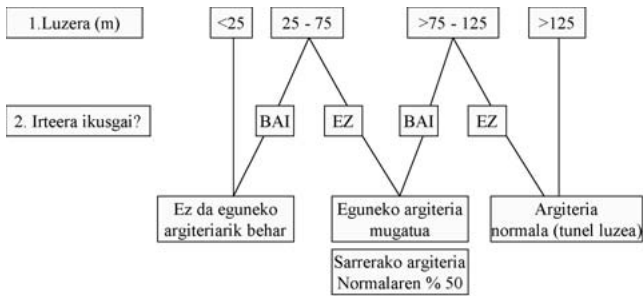
En lo que se refiere a la geometría del túnel y sus carreteras de acceso, el diseño del alumbrado del túnel debe seguir el recorrido más conservador en cada diagrama guía. Lo mismo debe hacerse:

- Cuando el túnel presenta en primer lugar una pendiente y luego una rampa (cambios en curvatura vertical).
- Cuando hay discontinuidades o singularidades geométricas.



Baldin eta tunela guztizko pertzepzio txarra badu, ibilbide kontserbadorea bete behar du argien diseinuak 4 diagrama-gidari bakoitzean.

En el caso de que el túnel presente una mala percepción total, el diseño del alumbrado debe seguir un trayecto conservador en cada uno de los 4 diagramas guía.



1. diagrama - A motako tuneleko eguneko argiteria, hiriko edo hiri-kanpokoetako laburrak (autopistak eta autobideak salbuetsita), gehieneko abiadura: 40 - 60 km/h.

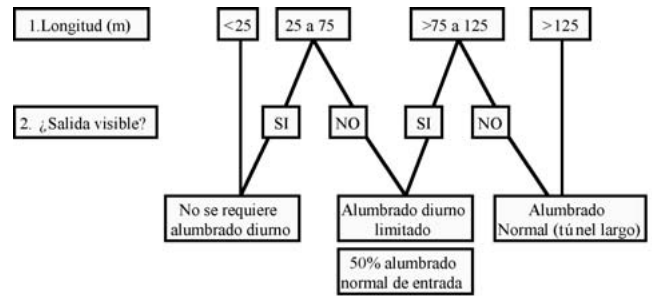
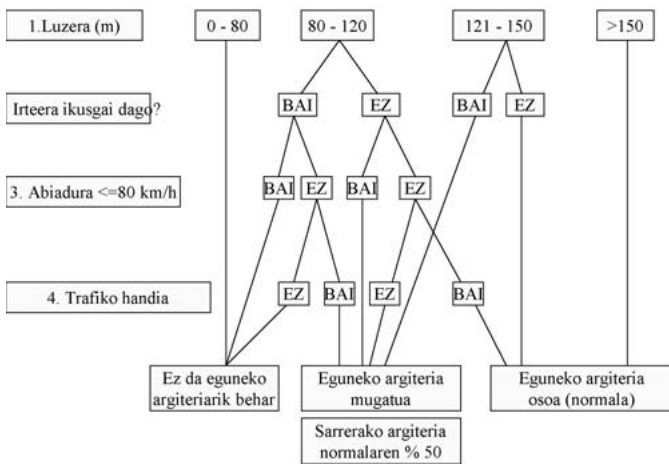


Diagrama 1. - Alumbrado diurno de t úneles tipo III A, urbanos o periurbanos cortos (excluidas autopistas y autov ías), con velocidad limitada entre 40 y 60 km/h.



2. diagrama - B motako tuneletako eguneko argiteria, hiriarteko eta bi norabideko tunel laburrak Trafiko bolumen handia baldin eta IMD >5.000 (Frantzia IMD >2.000)

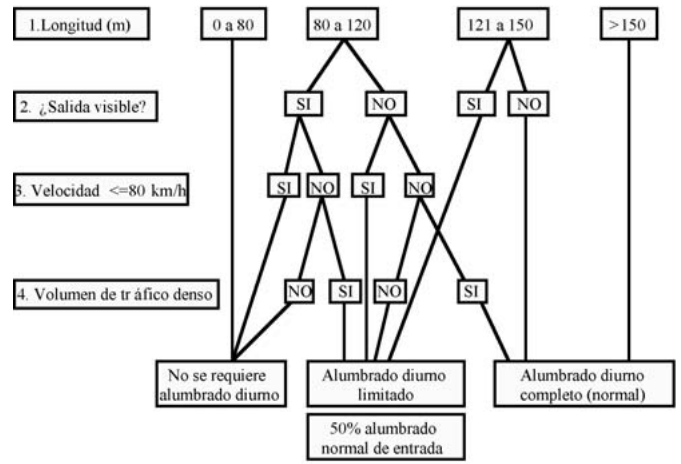
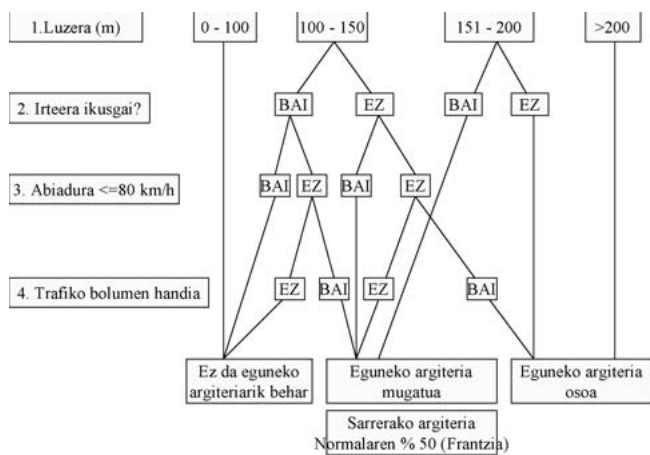


Diagrama 2. - Alumbrado diurno de t úneles tipo III B, interurbanos bidireccionales cortos Volumen de tráfico denso cuando IMD >5.000



3. diagrama - C motako tuneleko eguneko argiteria, autopista eta autobideetako hiriarteko norabide bakarreko tunelak trafiko handia dagoenean, baldin eta IMD >10.000 (Frantzia IMD >10.000)

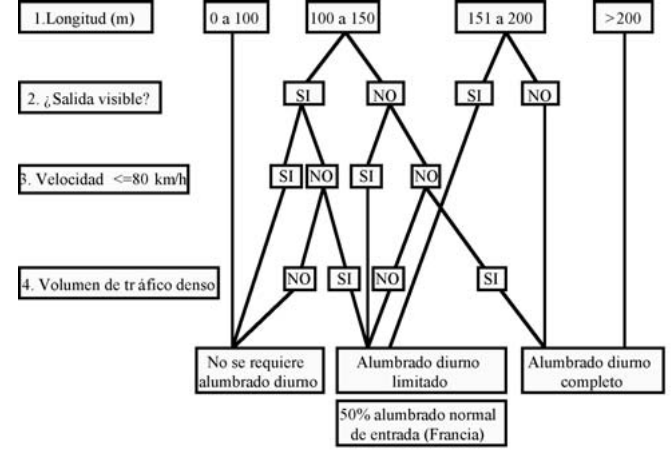
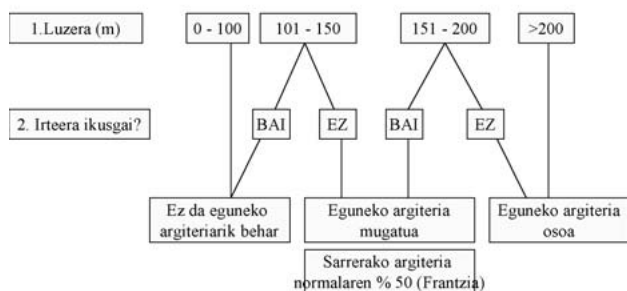


Diagrama 3. - Alumbrado diurno de t úneles tipo III C, interurbanos unidireccionales cortos de autopistas y autov ías. Volumen de tráfico denso cuando IMD >10.000



4. diagrama - D motako tuneletako eguneko argiteria, abiadura txikiko (< 80 km/h), hiriarteko tunelak (bi norabidekoak) Trafikoaren bolumen txiki baldin eta IMD <5.000 (Frantzia IMD <2.000)

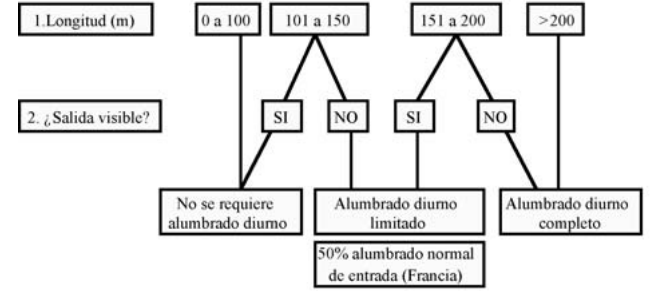


Diagrama 4. - Alumbrado diurno de t úneles tipo III D, interurbanos (bidireccionales) cortos de baja velocidad (< 80 km/h), Volumen de tráfico ligero cuando IMD <5.000

### 8.3. III. motako tuneletako argi-motak

Honako egoera hauek gerta daitezke III. motako tuneletako eguneko argietan:

- Eguneko argiteriaren eskakizunik gabe.
- Eguneko argiteria mugatua.
- Eguneko argiteria osoa edo arrunta (tunel luzea).

#### 8.3.1. Eguneko argiteriaren eskakizunik gabe

III. motako tuneletako argiteriaren eskakizunak garrantzitsuak ez direnean eta, beraz, ez da eguneko argirik behar.

#### 8.3.2. Eguneko argiteria mugatua

Hala deritzen eguneko argiak denbora jakin batean piztuta daudenean, noiz-eta eguneko eguzkiaren argiak nahikoa luminantzia handia ematen ez duenean; egoera hori ilunabarraren ondoren, egunsentia baino lehen eta egun lainotueta gerta daiteke.

Eguneko argiteria mugatua, instalazioaren mantentzea duen galtzadako zerbitzuaren batezbesteko luminantzia tunelaren barruko aldeko luminantzia baino 3 aldiz handiagoa izango da (3 Lin), 5.3. taulan ezarritakoarekin bat etorriz, edo 1,5 cd/m<sup>2</sup>-koa; zifrarik altuena hartu beharko da.

Goizez, egunsentia baino ordu erdi geroago piztu beharko da eguneko argiteria mugatua eta itzali egin beharko da sarrerako aldeko L20 luminantziak 150 cd/m<sup>2</sup>-ko balioa gainditzen duenean (L20 > 150 cd/m<sup>2</sup>). Arratsalde, piztu egingo da sarrerako aldeko L20 luminantzia (L20 < 150 cd/m<sup>2</sup>) baino txikiagoa denean eta ilunabarra baino ordu erdi lehenago itzaliko da.

#### 8.3.3. Eguneko argiteria osoa

Egun osoan piztuta dagoenari deritza eguneko argiteria osoa. III. motako tunelen antzeko tunel laburrek, funtsean, I eta II. motako azken tunel horien antzeko argiteria izango dute, atalasean eskatzen diren luminantzia-mailekin, betiere 5.2.1. taulan ezarritako k faktoretik ondorioztatuak, bidezkoa den argiteria-motarekin bat etorriz (4.5.5. taula).

#### 8.3.4. Gaueko argiak

III. motako tuneletan, hurbileko errepideetan argia badago, gaueko argiak jarri behar dira. Zerbitzuan dagoen luminantziaren batezbesteko maila –instalazioa mantentzea barne- hurbilketa-errepidekoari dagokion bera izango da, baina inoiz ez 2 aldiz handiagoa.

## 9. ARGIEK KONTROLA

### 9.1. Argien luminantzia-mailaren kontrola

Sarrerako aldeko luminantzia aldatu egiten da egunez. Izan ere, egunez, atalaseko aldeetan eta trantsizioko aldeetan jarritako argiek eman beharreko luminantzia-mailek luminantziaren portzentaje konstanteak izan behar dute sarreretan. Horrexegatik argiteria artifizialeko kontrol automatikoa aurreikusitako behar da aipaturiko alde horietan.

Atalaseko aldean behar den luminantzia-maila kontrolatzeko, praktikan, 20º-ko neurketa-eremua duen luminanzimetroa erabili beharko da, tuneleko ahoan zentratua eta segurtasun distantzian kokatuta (SD), tuneleko atariaren parean. Instalazioaren benetako beharrak direla-eta, gidariaren begiaren altueran baino altuera handiagoan muntatu behar da luminanzimetroa (L20-rako definitu den moduan); mantentze-lanen ondorioz, zoladuratik 2 m eta 5 m bitarteko altueran muntatu beharko da. Hori dela-eta, aparte kalibratu beharko da tresna, eta atalasearen aldean Lth neurketa egingo da beste luminanzimetro batekin, zeren eta atalaseko luminantziak hornituriko luminarietako zirkuituen doikuntzaren menpe baitaude. Bi luminantziak proportzionalak direla suposatzen da.

### 8.3. Tipos de alumbrado en túneles tipo III

Las situaciones que se pueden presentar para el alumbrado diurno en túneles tipo III son las siguientes:

- Sin exigencia de alumbrado diurno.
- Alumbrado diurno limitado.
- Alumbrado diurno completo o normal

#### 8.3.1. Sin exigencia de alumbrado diurno

Cuando las exigencias de alumbrado para túneles tipo III no son importantes y, por tanto, no se requiere alumbrado diurno.

#### 8.3.2. Alumbrado diurno limitado

Se denomina así dado que únicamente se encuentra en servicio el alumbrado diurno durante períodos en los que la penetración de la luz solar diurna no proporciona un fondo de luminancia suficientemente elevada, tales condiciones pueden plantearse después del crepúsculo, antes del amanecer y en días nublados.

En el alumbrado diurno limitado, la luminancia media en servicio de la calzada con mantenimiento de la instalación será 3 veces la luminancia de la zona del interior del túnel (3 Lin), de acuerdo con lo establecido en la tabla 5.3, o de 1,5 cd/m<sup>2</sup>; debiéndose adoptar la mayor cifra de las dos.

Por la mañana, el alumbrado diurno limitado deberá encenderse media hora después de la salida del sol y apagarse cuando la luminancia en la zona de acceso L20 sobrepase las 150 cd/m<sup>2</sup> (L20 > 150 cd/m<sup>2</sup>). Por la tarde, se encenderá cuando la luminancia en la zona de acceso L20 descienda por debajo de (L20 < 150 cd/m<sup>2</sup>) y se efectuará el apagado media hora antes de la puesta de sol.

#### 8.3.3. Alumbrado diurno completo

El alumbrado diurno completo es el que está en funcionamiento durante el período diurno total. Básicamente los túneles tipo III que se asemejan a túneles tipo I o II deben ser iluminados como estos últimos, con los niveles de luminancia requeridos en la zona de umbral, deducidos del factor k establecido en la tabla 5.2.1, de conformidad con la clase de alumbrado que le corresponda (tabla 4.5.5).

#### 8.3.4. Alumbrado de noche

Para túneles tipo III, en los que las carreteras de aproximación estén iluminadas, se requiere la instalación de alumbrado nocturno. El nivel de luminancia media en servicio de la calzada con mantenimiento de la instalación será, al menos igual, pero no mayor de 2 veces la luminancia de la carretera de aproximación.

## 9. CONTROL DE ALUMBRADO

### 9.1. Control del nivel de luminancia en el alumbrado

La luminancia en la zona de acceso varía con los cambios en las condiciones diurnas. Durante el día, los niveles de luminancia que deben ser proporcionados por la instalación de alumbrado en las zonas de umbral y transición deben ser porcentajes constantes de la luminancia en la zona de acceso, por lo que es necesario prever un control automático del alumbrado artificial en estas zonas.

En la práctica para el control del nivel de luminancia requerido en la zona de umbral debe usarse un luminancímetro con un campo de medición de 20º, centrado sobre la boca del túnel y posicionado a la distancia de seguridad (DS), enfrente del portal del túnel. Por necesidades reales de instalación, el luminancímetro ha de estar montado a una mayor altura que la posición del ojo del conductor (como se ha definido para L20), por razones de mantenimiento deberá montarse a una altura entre 2 y 5 m sobre el pavimento. Por ello, el instrumento deberá calibrarse por separado con una medición de Lth, en la zona umbral con un segundo luminancímetro ya que la luminancia efectiva de la zona umbral depende del ajuste de los circuitos de luminarias que son alimentados. Se supone que las dos luminancias son proporcionales.

Adimendun kontrol batekin konektatutako da aipaturiko depositu hori, eta automatikoki piztuko ditu zirkuitu egokiak lorturiko datuen arabera. Luminanzimetroek honako parametro hauek izatea komeni da: 1 eta 10.000 cd/m<sup>2</sup> bitarteko neurketa-lerruna eta 4-20 mA-ko irteera analogikoa. Garrantzitsua da kontroloko sistemak luminanzimetroaren seinalean atzerapena izatea bere baitan, hodei iragankorren ondoriozko egoera-aldaketarik gerta ez dadin.

Luminanzimetroak huts egiten badu, segurtasun posizio batean kokatuko da kontrola, oinarriko argitasun-maila jartzeko agindua emanaz, edo bitarteko etapa bati dagokion maila egun argiz bada (fotozelulatik jasotako seinaletik).

Argiteria mugatuta dagoen tuneletan, zelula fotoelektrikoen eta orduen kontrolaren bidez kudea daiteke argien sistema. Tuneleko oinarriko argietarako eta gaueko argietarako luminaria fluoreszenteek balasto elektronikoen bidez jaso dezakete fluxua gauez finkaturiko ordu jakin batzuetan, zertarako-eta argindarraren kontsumoa hobetu ahal izateko.

Argietako zirkuituen egoera guztiak monitorizatu behar dira kontroloko zentrotik.

Argietako zirkuituak hornitzeko sisteman dihardutenen bidez egingo du agintea kontroloko sistemak, baita fluxu-murriztailen bidez ere (horrelako elementuak izanez gero). Honelaxe abiarazi ahal izango da:

- Teleagintea kontroloko zentrotik.
- Funtzionatzeko sistema automatikoa. Tuneleko teknikoak adimendun sistema bat eduki behar du, kontroloko zentroarekiko komunikazioa galduz gero automatikoki funtzionatzen jarrai dezan.
- Eskuz abiarazten den eta aurreko edozein sistemaren aurretik lehenetsiko den tokiko kontrola, zertarako-eta larrialdia dagoenean baimendutako pertsonalak ekipoak pizteko tuneletik.

## 9.2. Funtzionamendu-erregimenak kontrolatzeko sistemak

Bi sistema posible daude barruko luminantziak kanpoko iluminantziatara egokitzeke: lanpara-multzoak itzaltzea (edo piztea) edo horren argi-fluxua murriztea.

Lehenbizikoa da gehien erabiltzen dena, bereziki luminantzia-maila handietan. Bigarrena luminantzia-maila apalagoetan erabiltzen da batzuetan, sarritan itzaltze edo pizte sistemekin konbinatuta edo horien osagarri moduan.

Mailaka egin daiteke konmutazioa lanparak pizteko edo itzaltzeko. Konmutazio horrek hainbat minututako desfasea izan behar du, beharrezkoa ez den konmutazioa gerta ez dadin, zerutik igarotzean eguzki-argia estaltzen duten hodeiek eragindako tokiko argitasun-mailaren aldaketa iragankorra dela-eta.

Nahiz eta lanparetako argi-fluxua murriztea sistemarik gustukoena dela dirudien, benetako aurrekia kalkulatzeko, kontuan izan behar dira ekipoen kostu handituak, eta batzuetan lanpararen eraginkortasuna txikitzea ere (lm/w).

Tunelen barruko luminanzimetroak erabiltzeak arazo bat du; izan ere, zaila da toki zehatzean jartzea neurketa zehatzak lortzeko (eroaleek bezala, argia jasotzeko bideratuta egon beharko lukete) eta mantentze-lan handia behar du (zaintetak, garbiketak, etab.). Hori dela-eta, ez da gomendagarria tuneletan.

Atalasean behar den gutxieneko maila jarraian finka daiteke berehalako luminantzia-balioa abiapuntutzat hartuta, k luminantziaren erlazioarekin biderkatuz. Fotorhartzaileri esker, batezbesteko luminantzia irakur daiteke 20 graduko diametroko eremu batean, eta horretarako kokatu beharko da tuneleko atariko gelditze-distantziara, halako moldez non neurtzeko eremua ahalik eta gertuen egongo baita L20 jatorrizko kalkulurako erabilitakotik balio hori.

Txandaka eta sarritan erabili izan da tuneletako ahoetako sarreren ahoetan iluminantzia-balioak hartzen dituen foto-hartzailen bat (luxometroa). Era horretako fotorhartzailen abantaila honako hau da: horiek jartzea eta mantentzea ez da luminanzimetroak bezain zaila.

Este equipo estará conectado a un control inteligente que, automáticamente, enciende los circuitos correspondientes según los datos obtenidos. Se recomienda que los luminancímetros tengan un rango de medida entre 1 y 10.000 cd/m<sup>2</sup>, salida analógica 4-20 mA. Es importante que el sistema de control incluya un retardo en la señal del luminancímetro para evitar cambios de situaciones de alumbrado por nubes pasajeras.

En caso de fallo en el luminancímetro, el control irá a una posición de seguridad dando la orden de niveles de alumbrado base o una etapa intermedia si es de día (a partir de la señal recibida de la fotocélula).

Para túneles con alumbrado limitado, el sistema de control de alumbrado podrá realizar la gestión del sistema de alumbrado mediante células fotoeléctricas y control horario. Las luminarias fluorescentes para alumbrado base y nocturno en el interior del túnel podrán reducir el flujo por medio de los balastos electrónicos en un periodo horario determinado durante la noche, con el objeto de optimizar el consumo eléctrico.

Se debe monitorizar, desde el centro de control, el estado de todos los circuitos de alumbrado.

El sistema de control realizará el mando a través de actuadores sobre el sistema de alimentación de los circuitos de alumbrado y los reductores de flujo (si dispone de estos elementos). Se podrá accionar de los siguientes modos:

- Telemandado desde el centro de control.
- Sistema automático de funcionamiento, debe disponer de un sistema inteligente en el local técnico del túnel para que en el caso de perder comunicaciones con el centro de control puedan seguir funcionando de manera automática.
- Control local que se accione manualmente y que tenga preferencia sobre cualquiera de los sistemas anteriores para que en caso de emergencia el personal autorizado pueda accionar los equipos desde el túnel.

## 9.2. Sistemas de control de los regímenes de funcionamiento

Para adaptar las luminancias interiores a las exteriores existen dos sistemas posibles: apagar (o encender) grupos de lámparas, o reducir su flujo luminoso.

El primero es el más corrientemente aplicado, particularmente para niveles de elevada luminancia. El segundo, es utilizado a veces para niveles de luminancia inferiores, a menudo en combinación con, o como suplemento de, encendidos o apagados.

La conmutación puede hacerse mediante escalones, para encender distintas lámparas o apagarlas. Esta conmutación, debe tener un desfase de tiempo de varios minutos para evitar la conmutación innecesaria, debido a la variación transitoria en el nivel luminoso local provocado por nubes que al pasar ocultan la luz solar.

Aunque la reducción del flujo luminoso de las lámparas parece ser el sistema preferido, a la hora de calcular el ahorro real, deben tenerse en cuenta los costes de equipo incrementados, y a veces el descenso de la eficacia de lámpara (lm/w).

El problema del uso de luminancímetros en el interior de los túneles es la dificultad de colocación exacta para obtener mediciones exactas (debería estar orientado para recibir la luz igual que los conductores) y el mantenimiento que exige (cuidados, limpieza, etc.), lo que hace que no sea una solución recomendable para el interior del túnel.

El nivel mínimo requerido en la zona de umbral puede ser determinado de modo continuo, a partir del valor de luminancia instantáneo, multiplicado por la relación de luminancia k. Un fotorreceptor permitirá leer la luminancia media sobre un campo de 20 grados de diámetro y deberá estar situado para este propósito a la distancia de parada del portal del túnel, de tal modo que el campo de medición esté tan próximo como sea posible al usado para el cálculo original de L20.

De manera alternativa, se ha utilizado con frecuencia un fotorreceptor (luxómetro) que capta los valores de iluminancia en las bocas de entrada del túnel. La ventaja de este tipo de fotorreceptores es que su colocación y mantenimiento no es tan crítico como en el caso de luminancímetros.

Honako sistema hauen bidez erregula daiteke argiteriako instalazioaren argitasun-maila:

- Indukzioko multzoko balastoak.
- Linea buruko erregulatzailak-egonkortzailak.
- Balasto elektronikoak potentzia-maila bikoitzerako.
- Balasto elektroniko erregulgarriak.

Argitasun-maila erregulatzeko sistemak emandako energi aurrezkiaren ehunekoia ezartzeko eta kasu bakoitzean sistemarik egokiena hautatzeko, honako hauek izan beharko dira kontuan: sareko tentsio-aldaketak, argi-puntuetak hornidura elektrikoko lineen egoera (tentsio-galerak, faseen eta harmonikoen oreka), lanparamota, etab.

## 10. LUMINARIAK TUNELETAN JARTZEA

### 10.1. Fluxu simetrikoko luminariak

Luminariak jartzea tunelaren azterlan azterlan fotometrikoaren barruan sartzen da eta azterlan hori baldintzatzen du; tunelaren sekzio tipoa aukeratzean izan behar da kontuan, sekzioaren arabera aldatu egin baitaiteke ekipoen instalazioa.

Bi sekzio kategoria bereizten dira:

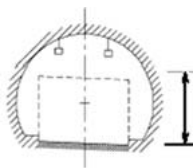
- Ganga-formako sekzioak.
- Profil karratuak.

#### 10.1.1. Ganga-formako profileko tunelak

a) Aireztapen-sabai aizunik gabe.

Altuera libreko tamaina handia du. Hoberena zirkulazio bideen gainean kokatzen da.

10.1.1 a.1 irudia. — Ganga-formako tunela, luminariak zirkulazio bideen gainean (segurtasun-distantzia: 0,10 m)



Hona hemen desabantailak:

- Aparatuak ahalik eta erabilera-faktorerik onena dute; izan ere, fluxua simetrikoki bana daiteke galtzadaren zeharkako planoan, halako moldez non banaketa homogeenagoa eta hobetua lortzen baita. Gainera, ikuspen-erosotasun handiagoa ematen zaie erabiltzaileei.
- Itsualdi txikia da alboan jarritako aparatuekin alderatuta; horri esker, aparatuek askoz modu malguagoan jar daitezke presio altuko sodio-lanparen kasuan. Hala, errendimendua hobetu egingo da.

Instalazio-mota honek, bestalde, eragozpen praktikoak ditu:

- Argi-ilarak zenbait ekiporen bidez pasatzea (erauzgailuak, seinaleztapen-panelak, etab.).
- Luminarietara iristeko erraztasuna mantentze lanetan.
- Zenbait kasutan burdineria kantitate handia hornitu beharra (esekidura luzeak); kantitate hori txikitu egin daiteke aparatuek hormaren kontra kokatuta gantzen alboetan.

La regulación del nivel luminoso de la instalación de alumbrado podrá realizarse mediante los sistemas siguientes:

- Balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia.
- Reguladores-estabilizadores en cabecera de línea.
- Balastos electrónicos para doble nivel de potencia.
- Balastos electrónicos regulables.

Para el establecimiento del porcentaje de ahorro energético proporcionado por los diferentes sistemas de regulación del nivel luminoso y la elección en cada caso del sistema idóneo, deberán considerarse las variaciones de tensión de la red, el estado de las líneas eléctricas de alimentación a los puntos de luz (posibles caídas de tensión, equilibrio de fases y armónicos), tipo de lámpara, etc.

## 10. IMPLANTACIÓN DE LUMINARIAS EN TÚNELES

### 10.1. Luminarias de flujo simétrico

La implantación de luminarias forma parte y condiciona el estudio fotométrico del túnel y debe ser tenido en cuenta a la hora de definir la sección tipo del mismo ya que en función de ésta la instalación de los equipos puede ser muy diferente.

Se distinguen dos categorías de secciones:

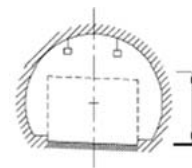
- Secciones abovedadas.
- Perfiles cuadrados.

#### 10.1.1. Túneles de perfil abovedado

a) Sin falso techo de ventilación.

Dispone de un volumen importante de altura libre. La mejor implantación es situarlas encima de las vías de circulación.

Fig 10.1.1 a.1. — Túnel abovedado, luminarias encima de las vías de circulación (distancia de seguridad 0,10 m)



Las ventajas son las siguientes:

- Los aparatos presentan el mejor factor de utilización posible; en efecto el flujo puede estar distribuido de manera simétrica dentro del plano transversal de la calzada, de manera que se obtiene un reparto homogéneo y optimizado, aportando igualmente un mejor confort visual para los usuarios.
- El deslumbramiento es reducido en comparación con una implantación lateral, lo que permite en el caso de lámparas de sodio a alta presión una alineación de aparatos mucho menos severa que conducen a mejorar el rendimiento.

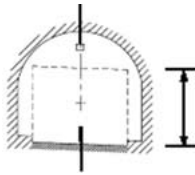
Este tipo de instalación presenta por otra parte, inconvenientes de orden práctico:

- Paso de filas luminosas a través de ciertos equipos (extractores, paneles de señalización, etc.).
- Acceso a las luminarias en operaciones de mantenimiento.
- Necesidad de proveer en ciertos casos de un volumen de herrajes importante (suspensiones de gran longitud) lo cual se puede reducir situando los aparatos contra la pared en los laterales de la bóveda.

Tunelak trafiko intentsitate txikia badu, arrazoi ekonomikoak direla-eta, aparatuen ilara bakarra jartzea planteatu daiteke sekzioaren erdian, irudiak erakusten duenez.



10.1.1 a.2 irudia. — Ganga-formako tunel estua; ilara albo baterantz egon daiteke bide azkarraren gainean (luminariarekiko segurtasun-distantzia: 0,10 m)



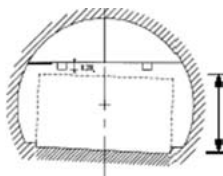
Aurreko irtenbidearekiko abantaila nagusia da; kostu txikiagoa da inbertsioan eta ustiapenean.

Instalazioa mantentzeko tunel-zuloa itxi behar izaten da oro har; horixe da eragozpenik nagusia. Zirkulazioa beste tunel-zulo batetik edo ibilbide paralelo batetik ezin desbidera badaiteke, ustiapenaren zailtasun horien ondorioz aparatuen ilara albo batean jarri beharra gerta daiteke.

b) Aireztapeneko sabai aizunarekin.

Baldin eta zirkulazio bideen gainean dagoen gune erabilgarria nahikoa bada, aurreko kasuen moduan jokatu da, irudiak erakusten duenez:

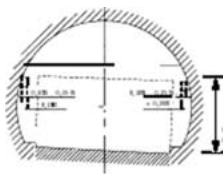
10.1.1.b.1 irudia. — Nahikoa altua den sabai aizuneko tunela, aparatuek zirkulazio bideen gainean (segurtasun-distantzia: 0,10 m)



Komenigarria da ohartaraztea abantaila izango dugu luminariak lerrotatzean nolabaiteko-ganga-itxurarekin jartzea. Kasu honetako eragozpenak eta abantailak aurreko atalean agertzen diren berberak izango dira, hots, zirkulazio bidean bi ilara edo ilara bakarra jartzearen arabera.

Baldin eta zirkulazio bidearen gainean dagoen tokia nahikoa ez bada, albo batean jarriko da, baina horretarako babeseko alboko 0,25eko atzeraeramangunea behar da, ondoko irudian agertzen denez.

10.1.1.b.2 irudia. — Sabai aizuna duen tunela, bi aldeko instalazioa



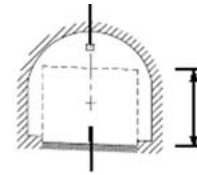
Hauexek dira funtsezko abantailak:

- Abantaila nabarmena tunelaren guztizko sekzioaren gainean.
- Oso mantentze erraza (erraz iristeko tokian dauden luminaria, lan egiteko kokapena errazago erabiltzeko modua, neutralizatu beharreko zirkulazio bakarra).

Por razones económicas cuando el túnel tiene una intensidad de tráfico poco densa se puede plantear la instalación de una sola fila de aparatos en el medio de la sección como se muestra en la figura.



Fig 10.1.1 a.2. — Túnel abovedado estrecho, la fila puede estar desplazada lateralmente encima de la vía rápida (distancia de seguridad a luminarias 0,10 m)



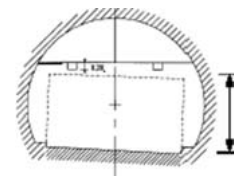
La principal ventaja con relación a la solución precedente es el coste inferior tanto en inversión como en explotación.

El inconveniente principal reside en que el mantenimiento requiere generalmente el cierre del tubo considerado. Si no se puede desviar la circulación sobre otro tubo o sobre un itinerario paralelo, estas dificultades de explotación pueden imponer la fijación lateral de la línea de aparatos. Esta solución es desaconsejable para túneles bidireccionales.

b) Con falso techo de ventilación.

En el caso de que el espacio disponible por encima de las vías de circulación sea suficiente se realizará la disposición similar a los casos precedentes, como muestra la figura:

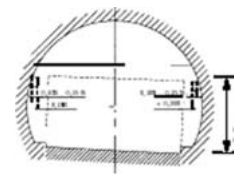
Fig 10.1.1.b.1. — Túnel con falso techo suficientemente alto, aparatos encima de las vías de circulación (distancia de seguridad 0,10 m)



Conviene hacer notar la ventaja que presenta a la hora de alinear las luminarias, el situarlas ligeramente abovedadas. Las ventajas e inconvenientes que se presentan según sea la disposición de dos hileras sobre las vías de circulación o una hilera central son evidentemente las mismas que las enunciadas en el apartado anterior.

En el caso de que el espacio disponible por encima de las vías de circulación no sea suficiente se realizará una instalación lateral que necesita un retranqueo lateral de protección de 0,25 m, tal y como se muestra en la figura.

Fig 10.1.1.b.2. — Túnel con falso techo, instalación bilateral



Las ventajas esenciales que se presentan son:

- Una ganancia sensible sobre la sección total del túnel.
- Un mantenimiento muy simple (luminarias fácilmente accesibles, posición de trabajo más manejable, una sola vía de circulación a neutralizar).

Hona hemen eragozpen nagusiak:

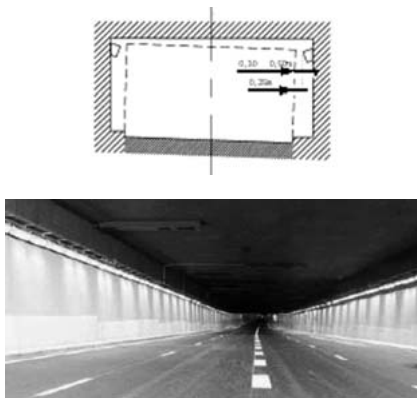
- Zirkulazio bideen gaineko instalazioa bezain ona ez den erabilera-faktorea.
- Presio altuko sodio-lurrineko lanparek erabiltzaileek eragindako itsualdia saihesteko zailtasuna; horren ondorioz, lumenak eramateko aparatu handiekin parekatu behar dira aparatuak eta, hala, instalazioaren errendimendua txikitu egiten da.

### 10.1.2. Profil karratuko tunelak

Aurrekoaren antzeko kasua dugu hau, eta sabai aizuna duen ganga-formako profilerako ezarritako irtenbide berak izango dira.

Garaiera librearen gainetik nahikoa tokirik ez badago luminariak zirkulazio bidearen gainean jartzeko, albo batean jartzea izango da irtenbidea.

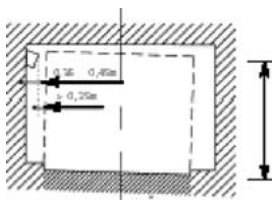
#### 10.1.2.1 irudia. – Profil karratua, bi aldeko instalazioa



Bi aldeko instalazioa agertzen da irudian; irtenbide honen abantailak eta eragozpenak, jakina, sabai aizunean aireztapen-hodiak dituen ganga-itxurako sekzioerako aipaturiko berberak izango dira.

Galtzadak bi bide baino gehiago ez baditu, baliteke albo bateko instalazioaren proiektua egitea, irudiak dakarrenez.

#### 10.1.2.2 irudia. – Profil karratua, alde bateko instalazioa

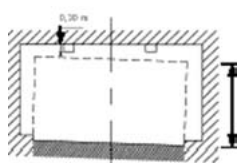


Norabide bakarreko tuneletan hobe da aparatuak ezkerrean jartzea, ibilgailu astunen trafikoak eragindako moztorro-efektua saihesteko.

Bi aldeko instalazioarekin alderatua duen funtsezko abantaila askoz merkeagoa izatea da. Ez dira tunel luzeetan erabili behar, galtzadaren mailan argiztapen-mailaren zeharkako uniformetasuna lortzeko zailtasuna dagoela-eta.

Nahikoa profil altua izanez gero, zirkulazio bideen gainetik jarri ahal izango dira luminariak, irudiak dakarrenez.

#### 10.1.2.3 irudia. – Nahikoa altua den profil karratua; aparatuak zirkulazio bideen gainean daude



Luminariak jartzeko sistema behin betiko hautatzerako orduan, kontuan izan behar da tuneleko instalazioko bestelako ekipu batzuen finkapena, eta bereziki seinaleztapeneko elementuak.

Los inconvenientes principales son:

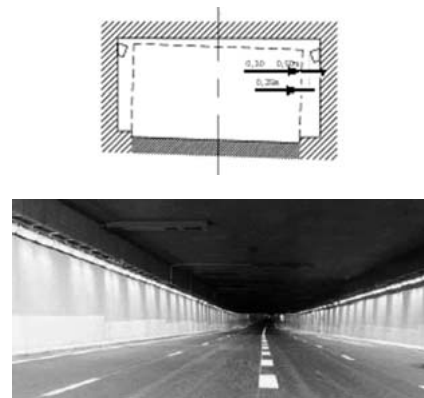
- Un factor de utilización no tan bueno como una instalación por encima de las vías de circulación.
- La dificultad de evitar el deslumbramiento de los usuarios por las lámparas de sodio a alta presión, lo que puede conducir a equipar los aparatos con paralúmenes considerables y disminuir así el rendimiento de la instalación.

### 10.1.2. Túneles de perfil cuadrado

Este caso es similar al precedente y las soluciones son las mismas que para el perfil abovedado con falso techo.

Cuando no se dispone de un espacio suficiente por encima de la altura libre para instalar las luminarias sobre las vías de circulación, la solución consiste en una implantación lateral.

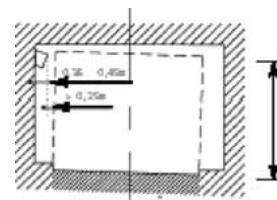
#### Fig 10.1.2.1. – Perfil cuadrado instalación bilateral



La figura muestra una instalación bilateral, las ventajas e inconvenientes para esta solución son evidentemente las mismas que las mencionadas para la sección abovedada con conductos de ventilación en el falso techo.

Si la calzada no presenta mas de dos vías es posible proyectar una implantación unilateral según se muestra en la figura.

#### Fig 10.1.2.2. – Perfil cuadrado, instalación unilateral

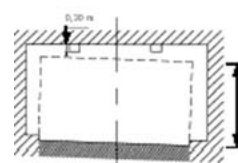


Para los túneles unidireccionales es preferible poner los aparatos a la izquierda, a fin de evitar el efecto de enmascaramiento producido por el paso de los vehículos pesados.

La ventaja esencial sobre la solución bilateral es el coste sensiblemente inferior. No debe usarse en túneles largos por razones de dificultad en obtener una uniformidad transversal de la iluminación a nivel de calzada.

En el caso de disponer de un perfil suficientemente alto se podrán instalar las luminarias por encima de las vías de circulación según se muestra en la figura.

#### Fig 10.1.2.3. – Perfil cuadrado suficientemente alto, aparatos encima de las vías de circulación



La elección definitiva de la implantación de luminarias debe tener en cuenta la fijación de otros equipos constituyentes de la instalación interior del túnel y en particular los elementos de señalización.

## 10.2. Fluxu asimetriko edo kontrafluxuko luminariak

Aipaturiko sistema horri esker, nahitaez jarri beharko dira luminariak zirkulazio bideen gainetik erabiltzaileei itsualdirik ez eragiteko, betiere sor litzaketen auto-ilarak kontuan izanik.

Arazoa garrantzitsua da batez ere sekzio karratuko edo antzeko sekzioko tunelean. Aparatuen 0,4 m-ko gehieneko altueran jarri ahal izango dira, finkapenak barne. Sabai aizunetik ez duten ganga-itxurako tuneletan nahikoa izango da egon dagoen tokia luminariak zailtasun handi barik jartzeko.

Bideen gainean nahikoa tokirik ez duten tuneletan, luminariak sekzioaren bazterretan jarri behar badira galtzadaren ardatzarekiko errotazioarekin, itsualdia onartezina izango da kasu guztietan.

10.2 irudia. – Oinarrizko argiztapen simetrikoa duten tunelak eta kontrafluxuko sistema indartua



## 11. MANTENTZEA

Argiztapenari buruzko azterlanean erabiltzen den mantentze-faktoreak, normalean, luminariaren (zikintzea) eta lanpararen (argi-fluxua) balio galera estaltzen du. Balio orokortzat 0,7 har daiteke.

Tunelak poluzio atmosferiko handiko instalazioak dira, eta hala-koetan oso garrantzitsua da garbiketa-zikloak zehaztuko duen mantentze-programa izatea (hormak eta luminariak garbitzea), azterlanean ezarritako faktorea bete ahal izateko.

Herri argiteriako instalazio baten ezaugarriak eta prestazioak, denboraren joan-etorriarekin, aldatu eta kaltetu egiten dira. Instalazioak behar bezala ustiatzeari eta mantentzeari esker, ahalik eta funtzionamendurik onena ziurtatu eta zeharkako aurrezkia lor daitezke. Izan ere, horrela egin ezik, kontsumituriko energiaren zati handi bat (guztizkoaren % 30 - % 50) lanparak zahartu izana eta argiteriako aparatuetako sistema optikoak eta itxierak (errefraktoreak eta hedatzaileak) zikindu izana konpentsatzeko erabiliko litzateke argi-energia bihurtu beharrean, hots, erabiltzaileari zerbitzua emango litzaioke.

Halaber, kontuan izan behar dira ekintza bandalikoek, trafiko istripuetako kolpeen, haizeak eragindako dardaren, irradiazio ultramareak argiteriako aparatuen plastikozko itxieretan duen eraginaren, korrosioaren eta abarren ondoriozko kalte mekanikoak ere izan beharko dira kontuan. Azkenik, akats elektrikoak zaindu beharko dira; izan ere, honako hauek izan daitezke akats horien eragileak: gehienetan herri argiteriako instalazioetako osagaiak, eroaleak eta sare elektrikoak zahartzea, kontaktu elektrikoak oxidatzea eta lasaitzea, dispositiboetako eta lurrekiko instalazioko sistemetako akatsak, lanen ondoriozko eroalde-hausturak, lur-lerradurak, etab.

Era horretako instalazioak behar bezala mantendu behar dira nahitaez, honako hauek direla-eta: era horretako instalazioak aire zabalean jartzea, horietako zati batzuk eskuragarriak izatea eta instalaziook bide-segurtasunaren eta pertsonen eta ondasunen segurtasunaren arloan betetzen duten eginkizun garrantzitsua.

Hortaz, denboraren joan-etorriarekin herri argiteriako instalazioak kaltetu ez daitezten, mantentze bikoitza burutuko da. Alde batetik, mantentze prebentiboa, non zenbait jarduketa sistematikoko egingo baitira instalazioetan; bestetik, mantentze zuzentzailea, matxuraturiko instalazioak edo behar bezala funtzionatzeari utzi dioten instalazioak aldatzeko beharrezko hainbat eragiketa burutzeari dagokiona. Baldin eta mantentze prebentiboa behar

## 10.2. Luminarias de flujo asimétrico o a contraflujo

Con este sistema las luminarias serán instaladas obligatoriamente por encima de las vías de circulación para evitar el deslumbramiento de los usuarios, teniendo en cuenta los posibles embotellamientos a que pudiera dar lugar.

El problema es sobre todo importante en los túneles de sección cuadrada o similar. Se podrán fijar sobre una altura máxima de 0,4 m de los aparatos incluyendo las fijaciones. En los túneles abovedados sin falso techo el espacio disponible es suficiente para permitir su implantación sin grandes dificultades.

En los túneles donde no hay espacio suficiente sobre las vías y la colocación de las luminarias tenga que ser en las esquinas de la sección con una rotación hacia el eje de la calzada, el deslumbramiento producido será inaceptable.

Fig 10.2. – Túnel con iluminación básica simétrica, y refuerzo a contraflujo



## 11. MANTENIMIENTO

El factor de mantenimiento utilizado en los estudios de iluminación cubren normalmente la depreciación de luminaria (ensuciamiento) y lámpara (pérdida de flujo luminoso). Como valor típico se puede adoptar 0,7.

En el caso de los túneles que son instalaciones con un alto grado de polución atmosférica, es muy importante disponer de un programa de mantenimiento (limpieza de paredes y luminarias) que defina los ciclos de limpieza que permitan cumplir el factor establecido en el estudio.

Las características y las prestaciones de una instalación de alumbrado público se modifican y se degradan en el transcurso del tiempo. Una correcta explotación y un buen mantenimiento permiten conservar la calidad de la instalación, asegurar el mejor funcionamiento posible y conseguir un ahorro indirecto, pues de no llevarse a cabo, una proporción importante de la energía consumida -entre un 30 y un 50% del total- se utilizará en compensar el envejecimiento de las lámparas, el ensuciamiento de los sistemas ópticos y cierres (refractores y difusores) de los aparatos de alumbrado, en lugar de traducirse en energía luminosa es decir, en servicio al usuario.

Asimismo, hay que tener en cuenta los desperfectos mecánicos cuyo origen se debe a actos de vandalismo, golpes ocasionados por accidentes de tráfico, fenómenos de vibraciones debidas a la acción del viento, efectos de la radiación ultravioleta sobre los cierres de plástico de los aparatos de alumbrado, acciones de la corrosión, etc. Por último, se deben contemplar los fallos eléctricos cuyas causas más frecuentes hay que encontrarlas en el envejecimiento de los diferentes componentes de la instalación de alumbrado público, conductores y distintas redes eléctricas, en la oxidación y aflojamiento de los contactos eléctricos, defectos en los dispositivos y sistemas de puesta a tierra, a las rupturas de conductores debidas a trabajos, deslizamientos de terreno, etc.

La peculiar implantación de este tipo de instalaciones a la intemperie, el riesgo que implica que parte de sus elementos sean fácilmente accesibles, así como la función importante que dichas instalaciones desempeñan en materia de seguridad vial, así como de las personas y los bienes, obligan a establecer un correcto mantenimiento de las mismas.

Por tanto, al objeto de evitar la degradación de las instalaciones de alumbrado público en el transcurso del tiempo, se realizará un adecuado doble mantenimiento, el denominado preventivo que establecerá una programación en el tiempo consistente en efectuar sobre las instalaciones un cierto número de intervenciones sistemáticas, y el mantenimiento correctivo, que comprenderá una serie de operaciones necesarias para reponer las instalaciones averia-

bezala eta sarri-sarri egiten bada, mantentze zuzentzaileari dagozkion eragiketak ez dira hain garrantzitsuak izango eta ez dira hain maiz egingo.

Honako hauek bilduko dituzte mantentze prebentiboko lanek:

- Lanparak multzoka aldatzea.
- Luminariak egiaztatzea, artatzea eta garbitzea.
- Ekipo osagarriak egiaztatzea eta artatzea.
- Euskarriak egiaztatzea eta artatzea.

Trafiko istripuaren, ekintza bandalikoaren eta abarren ondorioz kalteturiko edozein material aldatzean dautza mantentze zuzentzaileari dagozkion eragiketak, baita herri argiteriako instalazioko elementuen akats elektrikoek edo mekanikoek eragindako matxurak lehenbailehen konpontzean ere.

### 11.1. Mantentze prebentiboaren programazioa

Ondorengo hauek kontuan izanik egingo da mantentze prebentiboaren programazioa: deskarga-lanparen batezbesteko iraupena, argi-fluxuaren balio galera iragandako batezbesteko iraupenaren ehunekoaren arabera eta luminarien zikinkeria hermetikotasunaren eta kutsadura atmosferikoaren mailaren arabera, euskarriak margotuta egotea, koadro elektrikoak egiaztatzea eta berrikustea, etab.

Ondorengo programazioa bilduko du mantentze prebentzioak, bertan agertzen diren eragiketen aldizkakotasunarekin:

#### LANPARAK

- Etengabe dabilzan instalazioetako aldaketak, 1-2 urtean behin.
- Gaez dabilzan instalazioetako aldaketak, 2-4 urtean behin.

#### EKIPO OSAGARRIAK

- Argiztapen-mailak erregulatzeko sistemak egiaztatzea (linea-buruko erregulatzailak eta maila bikoitzeko balastoak), sei hilean behin.
- Ekipo osagarriak multzoka aldatzea (balastoak, arrankatzeko gailuak eta kondentsatzaileak), 6-8 urtean behin.

#### LUMINARIAK

- Sistema optikoa eta itxiera garbitzea (erreflektorea, difusorea), urtean behin edo bi urterik behin.
- Konexioak eta oxidazioa kontrolatzea, lanpara aldatzen den aldi bakoitzean.
- Finkapen-sistema mekanikoak kontrolatzea, lanpara aldatzen den bakoitzean.
- Linearen lurrarekiko linearen jarraikortasuna egiaztatzea, urtean behin.
- Lurreko konexioaren sistema orokorra kontrolatzea, urtean behin.
- Konexioak aztertzea, urtean behin.
- Hodien isolamendua egiaztatzea, urtean behin.

#### EUSKARRIAK

- Korrosioaren kontrola (barnekoa eta kanpokoak), urtean behin.
- Deformazioen kontrola (haizea, talkak), urtean behin.
- Altzairu galvanizatuzko euskarriak (lehenbiziko aldiz margotuta), 15 urtean behin.
- Altzairu galvanizatuzko euskarriak (hainbat margotuta), 7 urtean behin.
- Altzairu margotuzko euskarriak, 5 urtean behin.

Baldin eta lanparak aldatzea eta luminariak garbitzea batera egiten badira, bi eragiketok aldi berean burutuko dira. Lanpara gehienak eta aldi berean aldatzeko eta luminariak garbitzeko lana osatzeko, konexioak kontrolatu eta ekipo osagarriaren funtzionamendua egiaztatuko da.

das o que han sufrido deterioro a un correcto estado de funcionamiento. Cuando se lleve a cabo correctamente y de forma regular el mantenimiento preventivo, las operaciones de mantenimiento correctivo serán menos importantes y frecuentes.

Los trabajos de mantenimiento preventivo comprenderán los siguientes:

- Reposición masiva de lámparas.
- Verificación, conservación y limpieza de luminarias.
- Verificación y conservación de equipos auxiliares.
- Verificación y conservación de soportes.

Las operaciones de mantenimiento correctivo consistirán en reemplazar cualquier material defectuoso como consecuencia de un accidente de tráfico, actos de vandalismo, etc. y en reparar las averías ocasionadas por fallos eléctricos o mecánicos de los elementos que componen las instalaciones de alumbrado público, lo antes posible.

### 11.1. Programación del mantenimiento preventivo

La programación del mantenimiento preventivo se establecerá teniendo en cuenta la vida media de las lámparas de descarga, la depreciación del flujo luminoso en función del porcentaje de vida media transcurrida, así como el ensuciamiento de las luminarias en función de su hermeticidad y grado de contaminación atmosférica, pintado de soportes, verificación y revisión de cuadros eléctricos etc.

El mantenimiento preventivo comprenderá la siguiente programación con la periodicidad en las operaciones que se indican:

#### LÁMPARAS

- Reposición en instalaciones con funcionamiento permanente de 24 horas de 1 a 2 años.
- Reposición en instalaciones con funcionamiento nocturno de 2 a 4 años.

#### EQUIPOS AUXILIARES

- Verificación de sistemas de regulación del nivel luminoso (reguladores en cabecera de línea y balastos de doble nivel), una vez cada seis meses.
- Reposición masiva de equipos auxiliares (balastos, arrancadores y condensadores) de 6 a 8 años.

#### LUMINARIAS

- Limpieza del sistema óptico y cierre (reflector, difusor) de 1 a 2 años.
- Control de conexiones y de la oxidación, con cada cambio de lámpara.
- Control de los sistemas mecánicos de fijación, con cada cambio de lámpara.
- Verificación de la continuidad de la línea de enlace con tierra 1 vez al año.
- Control del sistema global de puesta a tierra de la instalación 1 vez al año.
- Examen de las conexiones 1 vez al año.
- Comprobación del aislamiento de los conductores 1 vez al año.

#### SOPORTES

- Control de la corrosión (interna y externa) 1 vez al año.
- Control de las deformaciones (viento, choques) 1 vez al año.
- Soportes de acero galvanizado (Pintado primera vez) 15 años.
- Soportes de acero galvanizado (Pintado veces sucesivas) 7 años.
- Soportes de acero pintado 5 años.

Cuando en el transcurso del tiempo coincidan la reposición de lámparas y la limpieza de luminarias, ambas operaciones se ejecutarán de forma simultánea. La reposición masiva de lámparas y la limpieza de luminarias se completará efectuando el control de las conexiones y verificando el funcionamiento del equipo auxiliar.



## 11.2. Mantentze zuzentzailea

Herri argiteriako instalazioetako matxurak detektatzeko eta konpontzeko beharrezko eragiketak biltzen ditu, eta xedea matxurak bizkor detektatzea eta halakoetan bizkor jardutea izango da kostu txikiarekin, betiere era horretako instalazioen segurtasuna hobetuko duen konponketaren kalitate ona izanik; gainera, kudeaketa zentralizatuko sistemak jarri ahal izango dira. Honako hauek sartzen dira ere konponketa lanetan: matxuraturiko elementuak aldatzea edo konpontzea, matxuraren eragileak desagerrarazi direla egiaztatzea eta matxurarik berriz ez gertatzeko ahaleginak egitea.

## 11.3. Balio galeraren edo mantentzearen faktorea

Argiteriako instalazioak faktore zuzentzaile batekin kalkulatzeko erabiltzen da balio galeraren edo mantentzearen faktorea, luminantziaren eta iluminantziaren balioei dagokienez, zerbitzuan dauden gutxieneko balioei eusteko denboran; izan ere, faktore horri deritzo argiteriako instalazioak zerbitzuan iraun bitartean mantendu beharreko argi-balioen (luminantzia eta iluminantzia) eta hasierako argi-balioen arteko erlazioa.

Aire zabaleko argiteriako instalazioen kasuan, gehienez 0,8ko balio galera kontsideratuko da, CIEren 33. argitalpenean ezarri denez; luminaria-motaren eta airearen kutsadura-mailaren arabera izango da faktore hori. Lehenespenez proiektuetan 0,70 depreziatio-faktorea erabili da.

Tuneletako kutsadura atmosferikoa, sarri-sarri, oso handia izaten denez gero, bizkor zikintzen diren argiteriako instalazioko luminariak, baita tuneletako hormak ere. Horrek guztiak tuneletako hormak eta luminariak sarriago garbitzea eskatzen du.

Behar-beharrezkoa da luminariak garbitzea, zeren eta bestela, denboraren joan-etorriarekin, ia erabat galdu egin baitaiteke fluxua. Baldin eta luminariak hermetikotasun-maila handia badute, gehienbat hautsaren kontra, nahikoa izan beharko luke luminarien itxierako kanpoko aldea garbitzeak argitasun-mailari eutsi ahal izateko.

Gerta liteke tuneleko hormak garbitzearen ondorioa oso handia ez izatea argiaren guztizko ekarpenarekin alderatuta. Hala eta guztiz ere, komenigarria izaten da beti tuneleko hormak garbitzea, zeren eta tuneleko hormako objektuak sarri ikusi ohi diren «atzeko aldeak» baitira, eta beharbada oinezkoak ere bai; gainera, ekarpen nabarmendua egiten diote gidatze optikoari. Tuneleko hormak garbitzeko maiztasuna trafikoaren baldintzen, hormak estaltzen dituen materialaren eta beste faktore askoren arabera izango dira, betiere eskaturiko baldintzei eutsi ahal izateko.

Tuneleko luminariak eta hormak benetan garbitzeko zikloak lotuta egon behar du balio galeraren edo mantentzearen faktorearekin; faktore hori zerbitzuan diren argiztapen-mailak kalkulatzeko, instalazioaren mantentzea izanik. Tunelen kasuan, diseinua edo proiektua egiteko fasean, gehienez 0,7ko balio galeraren faktorea gomendatzen da galtzada bakoitzeko luminantzia eta iluminantzia kalkulatzeko.

Hortaz, tuneleko luminariak eta hormak garbitzeko zikloa halako moldez egokituko da non balio-galeraren faktorea ez baita 0,7tik behera jaitsiko, hori guztia lanparak 3 urteko epealdian (oinarrizko argiztapenerako eta eguneko 24 ordurako lanpara fluoreszenteak) eta 4 urteko epealdian (SAP lanparak) lanparak aldatzeari kalterik egin barik; hartara, mantentze prebentiboa ezarriko da.

## 11.4. Tuneletako argiztapen-mailak kontrolatzeko sistemak

Segurtasuna eta kostua direla-eta, oso garrantzitsua da tuneleko sarrerak eta atalaseak kontrolatzeko fotometroak edo luminanzimetroak egiaztatzea, tuneleko luminantzia-maila kanpoko eguneko eguzki-argiaren baldintzetara egokitzea.

Luminanzimetroen kalibraketa urtean behin erkatu behar da gutxienez. Halaber, energia elektrikoaren kontsumoaren gaineko konparaketak ezarri behar dira funtzionamendu-erregimen ezberdinei dagozkien zirkuituetan: tunel berean aurreko urteetan izan diren kontsumoekin alderatu behar dira edo, hala denean, antzeko tuneletan.

## 11.2. Mantenimiento correctivo

Comprenderá las operaciones necesarias para la detección y reparación de las averías en las instalaciones de alumbrado público, y sus objetivos serán la rapidez en la detección y actuación a un coste bajo, con una buena calidad en la reparación que mejore la seguridad de este tipo de instalaciones, pudiendo implantarse sistemas de gestión centralizada. La reparación incluirá además de la sustitución o arreglo de los elementos averiados, la comprobación de la eliminación de las causas de la avería, evitando su repetición.

## 11.3. Factor de depreciación o de mantenimiento

El factor de depreciación o mantenimiento definido como la relación entre los valores lumínicos (luminancia e iluminancia) a mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado, y los valores lumínicos iniciales, se utiliza para calcular instalaciones de alumbrado con un factor corrector, en lo que se refiere a valores de luminancia e iluminancia, para que se mantengan los valores mínimos en servicio a lo largo del tiempo.

En el caso de las instalaciones de alumbrado al aire libre, debe considerarse un factor de depreciación no mayor de 0,8 tal y como establece la Publicación n.º 33 de la CIE, dependiendo dicho factor del tipo de luminaria y del grado de contaminación del aire. Preferentemente se utilizará un factor de depreciación de 0,70 en los proyectos.

Con mucha frecuencia la contaminación atmosférica en el interior de los túneles es muy elevada, por lo que se ensucian rápidamente tanto las luminarias de la instalación de alumbrado, como las paredes del túnel. Todo ello exige una limpieza más asidua de las luminarias y las paredes del túnel.

Resulta totalmente necesario efectuar la limpieza de las luminarias, ya que de otro modo con el transcurso del tiempo la pérdida de flujo puede llegar a ser casi total. Si las luminarias tienen un grado de hermeticidad elevado, fundamentalmente contra el polvo, entonces debería ser suficiente limpiar el exterior de los cierres de las luminarias para mantener el nivel luminoso.

El efecto de la limpieza de las paredes del túnel puede resultar no muy elevado en relación con la contribución total de la luz. Sin embargo, la limpieza siempre es deseable porque las paredes del túnel forman frecuentemente el "fondo" contra el cual se ven los objetos y quizá los peatones, y aportan una contribución significativa en el guiado óptico. La frecuencia de limpieza de las paredes del túnel varía de acuerdo con las condiciones de tráfico, el material que recubre las paredes y muchos factores más, con la finalidad de mantener las exigencias requeridas.

El ciclo de limpieza real de las luminarias y paredes del túnel, debe estar relacionado con el factor de depreciación o de mantenimiento utilizado en los cálculos de los niveles de iluminación en servicio con mantenimiento de la instalación. En el caso de túneles, en la etapa de diseño o proyecto, se recomienda un factor de depreciación no mayor de 0,7 para el cálculo de la luminancia e iluminancia en la calzada.

Por tanto, el ciclo de limpieza de las luminarias y las paredes del túnel debe adecuarse para que el factor de depreciación no caiga por debajo de 0,7. Todo ello sin perjuicio de efectuar la reposición de lámparas en un período de 3 años (lámparas fluorescentes para alumbrado base y nocturno 24h) y de 4 años (lámparas SAP), mediante la implantación del correspondiente mantenimiento preventivo.

## 11.4. Sistemas de control de los niveles luminosos en túneles

Resulta de gran importancia, por razones de seguridad y de coste económico, realizar comprobaciones de los fotómetros o luminancímetros de control de las zonas de acceso y umbral del túnel, para regular y adecuar el nivel de luminancia en el túnel a las condiciones de la luz solar diurna en el exterior.

La calibración de los luminancímetros debe contrastarse como mínimo una vez al año. Así mismo, deben establecerse comparaciones del consumo de energía eléctrica en los distintos circuitos correspondientes a diferentes regímenes de funcionamiento, con los consumos de años anteriores en el mismo túnel o, en su caso, en túneles similares.

## 12. ARGITERIAREN MATERIAL ELEKTRIKOAK

Tuneletako argiterian erabilitako material elektrikoaren artean, honako hauek hartzen dira kontuan:

- Lanparak.
- Ekipo osagarriak:
  - Balastoak.
  - Kondentsatzaileak.
  - Arrankatzeko gailuak.
- Luminariak.

### 12.1. Lanparak

Hauexek dira herri argiteriaren instalazioetan erabilitako lanpara-motak:

- Fluoreszentzia-lanparak.
- Presio altuko merkurio-lurrineko lanparak.
- Presio baxuko sodio-lurrineko lanparak.
- Presio altuko sodio-lurrineko lanparak.
- Merkurio-lanparak, metalezko halogenuroekin.
- Indukzio bidezko deskarga-lanparak.

Tuneletako argiterian erabil daitezkeen lanparak fluoreszentziakoak dira, presio altuko eta baxuko sodio-lurrinekoak eta azkenik indukzio bidezko deskargakoak.

#### 12.1.1 *Tuneletako argiztapenerako lanparak aukeratzeko irizpideak*

Tuneletako argiztapenerako argi-iturriak aukeratzean, honako hauen inguruko irizpideak izan behar dira kontuan:

- Energi eraginkortasuna.
- Argiaren kalitatea.
- Lanperen iraunkortasuna.

Lanparak aukeratzeko orduan, lanparok honako baldintza hauek egokitu behar dutela izango da kontuan:

1. Zenbait luminantzia uniformitate lortu beharko dira.

2. Lanparek potentzia handiagoa izango dute lortu beharreko argiztaperen-maila altuen arabera, zertarako-eta argi iturriak mugatu ahal izateko, baina luminantziaren uniformitateak kaltetu barik.

3. Luminariak ezartzeko posibilitateak, fotometria baldintzatzen dutenak.

4. Lanpara berriz pizteko posibilitatea argindarra eteten denean.

5. Lanpararen fluxua aldatzeko posibilitatea, zirkuitu elektrikoaren kopurua ez handitzeko funtzionatzeko erregimen ezberdinetarako.

6. Tunela erabiltzeko baldintzak; kontuan izango da zaila eta garestia dela argien instalazioa mantentzea eta horren urteko funtzionamendua oso garrantzitsua dela, hain zuzen ere 6.000 - 8.000 ordu inguru tunelaren barruan eta ehun milaka ordukoa errefortzuko aldeetan (sarrerako aldea eta, hala denean, irteerako aldea).

7. Kontsumituriko energia ekonomizatu beharra izatea (lumen eta watten arteko erlazio ona).

Oro har, eta tunelaren barruko aldeari dagokionez, komenigarria da lanpara fluoreszentea erabiltzeko ikuspen-erosotasuna, kolore-errendimendua, itxura, iraupena eta erregulatzeko posibilitatea direla-eta. Hala eta guztiz ere, merkeagoa da presio baxuko sodio-lurrineko lanpara jartzea. Era berean, bi argi iturri mota horien nahasketako instalazioa jartzeko aukera azter daiteke. Indukzio bidezko deskarga-lanparak iraupen luzea du; horrek mantentze merkeagoa dakarrenez, komenigarria da horrelako lanparak erabiltzea. Argiztaperen-maila handia behar duten hirietako tunelen kasuan edo tunelak oso zabalak direnean, egokia da presio altuko sodio-lurrineko lanparak erabiltzea.

## 12. MATERIALES ELÉCTRICOS DE ALUMBRADO

Entre los materiales eléctricos utilizados en el alumbrado de túneles se consideran los siguientes:

- Lámparas.
- Equipos auxiliares:
  - Balastos.
  - Condensadores.
  - Arrancadores.
- Luminarias.

### 12.1. Lámparas

Los tipos de lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado público, son los siguientes:

- Lámparas de fluorescencia.
- Lámparas de vapor de mercurio a alta presión.
- Lámparas de vapor de sodio a baja presión.
- Lámparas de vapor de sodio a alta presión.
- Lámparas de mercurio con halógenos metálicos.
- Lámparas de descarga por inducción.

Las lámparas susceptibles de utilización en instalaciones de alumbrado de túneles son las de fluorescencia, de vapor de sodio a baja y alta presión y finalmente las de descarga por inducción.

#### 12.1.1 *Criterios de elección de lámparas para el alumbrado de túneles*

En la elección de las fuentes de luz para la iluminación de túneles se han de tener muy en cuenta los criterios de:

- Eficiencia energética.
- Calidad de luz.
- Durabilidad de las lámparas.

A la hora de la elección de las lámparas se tendrá en cuenta que las mismas deben adaptarse a los siguientes condicionantes:

1. Deben lograrse unas uniformidades de luminancias satisfactorias.

2. Las lámparas tendrán mayor potencia en función de los elevados niveles de iluminación a conseguir, al objeto de limitar el número de fuentes de luz, pero sin comprometer las uniformidades de luminancia.

3. Posibilidades de implantación de las luminarias, que condicionan su fotometría.

4. Posibilidad de reencendido de la lámpara en el caso de un corte en la alimentación eléctrica.

5. Posibilidad de variación del flujo que emite la lámpara, al objeto de no multiplicar el número de circuitos eléctricos para los distintos regímenes de funcionamiento.

6. Condiciones de utilización del túnel, considerando que el mantenimiento de la instalación de alumbrado es difícil y costoso, teniendo en cuenta que el funcionamiento anual de la misma es muy importante, del orden de 6.000 a 8.000 horas en la zona del interior del túnel, y de algunos centenares a varios millares de horas en las zonas de refuerzo (zona de entrada y, en su caso, de salida).

7. Necesidad de economizar la energía consumida (buena relación lúmenes/vatio).

En líneas generales, y en lo que respecta a la zona del interior del túnel, conviene utilizar la lámpara fluorescente por razones de confort visual, rendimiento de color, aspecto, horas de vida y posibilidad de regulación. Sin embargo, adoptar la lámpara de vapor de sodio a baja presión resulta más económico. Igualmente puede considerarse la instalación de una mezcla de estos dos tipos de fuentes de luz. La lámpara de descarga por inducción tiene una vida muy elevada, lo que abarata el mantenimiento, por lo que también es conveniente su uso. En el caso de túneles urbanos que requieren elevados niveles de iluminación o cuando los túneles son muy anchos, resulta apropiada la utilización de lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Errefortzuko aldeetan, hots, tuneletako sarreretan eta irteeretan, presio altuko sodio-lurrineko lanparak erabiltzea gomendatu ohi da; itsualdien kontrola aurreikusitako behar da batez ere 250 w-ko potentziatik hasita: lanpara tunelaren sabaian zein gangan jarriko dira, bai luminariaren kontzeptzio beragatik, bai jartzeko moduagatik. Horri esker, errazagoa da kontrola egitea. Jarri beharreko luminaria-kopurua mugatzeko, kolore bakarrekoak badira ere, zenbait kasutan presio baxuko sodio-lurrineko lanparako erabil litezke.

### 12.1.2. Lanpara normalizatuen ezaugarri elektrikoak

Jarraian, lanpara-mota bakoitzak bete beharko dituen ezaugarri elektrikoak azalduko dira atal honetan:

#### 12.1.2.1. Lanpara fluoreszenteak

Argiteria orokorreko zerbitzuetarako fluoreszentiako lanpara tubularrak UNE-EN 60081 arauan ezarritako xedapenei lotuko zaizkie oro har; zorro bakarreko lanpara fluoreszente tubularrek, berriz, UNE-EN 60.901 arauan xedaturiko preskripzioak bete beharko dituzte. Lanpara-mota eta lanpara-potentzia bakoitzari dagokionez arau horretan zehazturikoak izango dira funtzionamenduaren balio elektrikoak.

Era berean, balasto elektronikoa duten lanpara fluoreszenteek UNE-EN 60.968 eta 60.969 arauetako preskripzioak beteko dituzte.

#### 12.1.2.2. Presio altuko merkurio-lurrineko lanparak

UNE-EN 20.354 arauan eskaturiko balioei lotuko zaizkie presio altuko sodio-lurrineko lanparak. Lanpara-mota eta lanpara-potentzia bakoitzari dagokionez arau horretan zehazturikoak izango dira funtzionamenduaren ezaugarri elektrikoak.

#### 12.1.2.3. Presio baxuko sodio-lurrineko lanparak

UNE-EN 60192 arauan eskaturiko balioei lotuko zaizkie presio baxuko sodio-lurrineko lanparak. Lanpara-mota eta lanpara-potentzia bakoitzari dagokionez arau horretan zehazturikoak izango dira funtzionamenduaren ezaugarri elektrikoak.

#### 12.1.2.4. Presio altuko sodio-lurrineko lanparak

UNE-EN 60.662 arauan ezarritako eskakizunak beteko dituzte presio altuko sodio-lurrineko lanparek. Lanpara-mota eta lanpara-potentzia bakoitzari dagokionez arau horretan zehazturikoak izango dira funtzionamenduaren balio elektrikoak.

#### 12.1.2.5. Merkurioko lanparak, metalezko halogenuroekin

EN 61167 arauan xedaturiko zehaztapenak beteko dituzte halogenuroak dituzten merkurio-lanparek. Lanpara-mota eta lanpara-potentzia bakoitzari dagokionez arau horretan zehazturikoak izango dira funtzionamenduaren balio elektrikoak.

### 12.1.3. Normalizatu gabeko lanparen ezaugarri elektrikoak

Aplikazio-eremuaren barruko lanpara-moteak, oraindik normalizatuta dauden horiek, honako preskripzio hauek bete beharko dituzte gutxienez:

#### 12.1.3.1. Lanpara fluoreszente estandarrek eta trinkoak

Lanparak xurgaturiko hasierako potentzia ez da %5 + 0,5 w-koa baino gehiago aldatuko finkaturiko balio nominalari dagokionez, entsegua aurretik ezarritako baldintzetan egiten denean.

#### 12.1.3.2. Presio altuko merkurio-lurrineko lanparak

Lanparak xurgaturiko hasierako potentzia ez da %5 baino gehiago aldatuko finkaturiko balio nominalarekiko, entsegua aurretik ezarritako baldintzetan egiten denean. Lanpara ez da itzaliko tentsioa %100etik %0era jaisten denean 0,5 segundotan eta balio horri eusten zaionean 5 segundotan.

En las zonas de refuerzo, es decir, zona de entrada y de salida de los túneles, se recomienda utilizar normalmente lámparas de vapor de sodio a alta presión; previendo controlar el deslumbramiento sobre todo a partir de 250 w de potencia desenfilando la lámpara, bien por la propia concepción de la luminaria o por la forma de implantación, tanto en el techo como en la bóveda del túnel lo que facilita al respecto dicho control. Con el fin de limitar el número de luminarias a instalar, a pesar de su monocromatismo, en algunos casos podría utilizarse la lámpara de vapor de sodio a baja presión.

### 12.1.2. Características eléctricas de las lámparas normalizadas

A continuación se reflejan las características eléctricas a las que deberá acomodarse cada tipo de lámpara:

#### 12.1.2.1. Lámparas fluorescentes

Las lámparas tubulares de fluorescencia para servicios de alumbrado general se adecuarán a las estipulaciones contenidas en la norma UNE-EN 60081, mientras que las lámparas fluorescentes tubulares de casquillo único se regirán por lo dispuesto en la norma UNE-EN 60901. Los valores eléctricos de funcionamiento serán los detallados en dichas normas para cada uno de los diferentes tipos y potencias de lámparas.

Igualmente las lámparas fluorescentes con balasto electrónico incorporado seguirán las prescripciones de las normas UNE-EN 60968 y 60969.

#### 12.1.2.2. Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

Las lámparas de vapor de mercurio a alta presión cumplirán las prescripciones fijadas en la norma UNE-EN 20354. Las características eléctricas de funcionamiento serán las contenidas en dicha norma para cada uno de los diferentes tipos y potencias de lámparas.

#### 12.1.2.3. Lámparas de vapor de sodio a baja presión

Las lámparas de vapor de sodio a baja presión se ajustarán a los valores exigidos en la norma UNE-EN 60192. Las características eléctricas de funcionamiento serán las determinadas en dicha norma para cada uno de los diferentes tipos y potencias de lámparas.

#### 12.1.2.4. Lámparas de vapor de sodio a alta presión

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión satisfarán las exigencias establecidas en la norma UNE-EN 60662. Los valores eléctricos de funcionamiento serán los expresados en dicha norma para cada uno de los diferentes tipos y potencias de lámparas.

#### 12.1.2.5. Lámparas de mercurio con halogenuros metálicos

Las lámparas de mercurio con halogenuros metálicos cumplirán las especificaciones dispuestas en la norma EN 61167. Los valores eléctricos de funcionamiento serán los especificados en dicha norma para cada uno de los diferentes tipos y potencias de lámparas.

### 12.1.3. Características eléctricas de las lámparas no normalizadas

Las características eléctricas de las lámparas incluidas en el campo de aplicación y todavía no normalizadas deberán cumplir, como mínimo, las siguientes prescripciones:

#### 12.1.3.1. Lámparas fluorescentes estándar y compactas

La potencia inicial absorbida por la lámpara no deberá variar, respecto del valor nominal marcado, en más del 5% + 0,5 w, cuando el ensayo se efectúa en las condiciones previstas al efecto.

#### 12.1.3.2. Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

La potencia inicial absorbida por la lámpara no podrá variar, respecto del valor nominal marcado, en más del 5%, cuando el ensayo se realice en las condiciones previstas al efecto. La lámpara no se apagará cuando la tensión caiga del 100% al 90% en 0,5 segundos y se mantenga en este valor durante 5 segundos.

**12.1.3.3. Presio baxuko sodio-lurrineko lanparak**

Lanparak xurgaturiko hasierako potentzia ez da %11 baino gehiago aldatuko finkaturiko balio nominalarekiko.

**12.1.3.4. Presio altuko sodio-lurrineko lanparak**

Fabrikatzaileak esleituko du lanpararen potentzia; potentzia nominala izan daiteke edo ez. Lanpararen tentsioa ez da finkaturiko balioaren  $\pm$  %15etik gora aldatuko.

**12.1.3.5. Merkurioko lanparak, metalezko halogenuroekin**

Fabrikatzaileak esleituko du lanpararen potentzia; potentzia nominala izan daiteke edo ez. Lanpararen tentsioa ez da finkaturiko balioaren  $\pm$  %10etik gora aldatuko.

**12.1.4. Lanparen ezaugarri fotometrikoak**

Aplikatu beharreko arauetako koloreen ezaugarriei buruzko preskripzio guzti-guztiak bete beharko dituzte lanpara-mota normalizatuek. Aplikazio-eremuaren barruko lanpara-moteak, oraindik normalizatuta dauden horiek, honako preskripzio hauek bete beharko dituzte gutxienez:

**12.1.4.1. Lanpara fluoreszente estandarra**

Lanpararen hasierako argi-fluxua ez da balio nominalaren %92koa izango da gutxienez. Argi-fluxuaren balio galera, 2.000 orduko iraupena izan ondoren zahartze-aldia barne, ez da %20tik gorakoa izan behar. Iraupen nominalaren %70ean, ezin izango da %30etik gorakoa.

**12.1.4.2. Lanpara fluoreszente trinkoak**

Lanpararen hasierako argi-fluxua ez da balio nominalaren %90ekoa izango da gutxienez. Argi-fluxuaren balio galera, 2.000 orduko iraupena izan ondoren zahartze-aldia barne, ez da %20tik gorakoa izan behar. Iraupen nominalaren %70ean, ezin izango da %35etik gorakoa.

**12.1.4.3. Presio altuko merkurio-lurrineko lanparak**

Lanpararen hasierako argi-fluxua ez da balio nominalaren %90ekoa izango da gutxienez UNE-EN 20.354 arauaren C eranskinean agertzen diren entseguen baldintzetan betiere. Argi-fluxuaren balio galera, 2.000 orduko iraupena izan ondoren zahartze-aldia barne, ez da %20tik gorakoa izan behar. Iraupen nominalaren %70ean, berriz, ezin izango da %35etik gorakoa.

**12.1.4.4. Presio baxuko sodio-lurrineko lanparak**

Lanpararen hasierako argi-fluxua gutxienez balio nominalaren %90ekoa izango da. Argi-fluxuaren balio galera, 2.000 orduko iraupena izan ondoren zahartze-aldia barne, ez da %20tik gorakoa izan behar. Iraupen nominalaren %80an, berriz, ezin izango da %35etik gorakoa.

**12.1.4.5. Presio altuko sodio-lurrineko lanparak**

Lanpararen hasierako argi-fluxua gutxienez balio nominalaren %90ekoa izango da. Argi-fluxuaren balio galera, 2.000 orduko iraupena izan ondoren zahartze-aldia barne, ez da %20tik gorakoa izan behar. Iraupen nominalaren %70ean, berriz, ezin izango da %35etik gorakoa.

**12.1.4.6. Merkurio-lanparak, metalezko halogenuroekin**

Lanpararen hasierako argi-fluxua ez da balio nominalaren %90ekoa izango da gutxienez. Argi-fluxuaren balio galera, 2.000 orduko iraupena izan ondoren zahartze-aldia barne, ez da %20tik gorakoa izan behar. Iraupen nominalaren %70ean, ezin izango da %35etik gorakoa.

**12.1.5. Lanparen koloreen ezaugarriak**

Aplikatu beharreko arauetako koloreen ezaugarriei buruzko preskripzio guzti-guztiak bete beharko dituzte lanpara-mota normalizatuek. Aplikazio-eremuaren barruko lanpara-motek, oraindik normalizatuta dauden horiek, honako preskripzio hauek bete beharko dituzte gutxienez:

**12.1.3.3. Lámparas de vapor de sodio a baja presión**

La potencia inicial absorbida por la lámpara no variará, respecto del valor nominal marcado, en más del 11%.

**12.1.3.4. Lámparas de vapor de sodio a alta presión**

La potencia de la lámpara será la asignada por el fabricante. La tensión en lámpara no deberá variar más de un  $\pm$  15% del valor fijado.

**12.1.3.5. Lámparas de mercurio con halogenuros metálicos**

La potencia de la lámpara será la asignada por el fabricante, que podrá coincidir o no con la nominal. La tensión de lámpara no variará más del  $\pm$  10% del valor fijado.

**12.1.4. Características fotométricas de las lámparas**

Los tipos de lámparas normalizadas deberán cumplir todas y cada una de las prescripciones sobre las características fotométricas incluidas en las normas que les sean aplicables. Los tipos de lámparas incluidos en el campo de aplicación y todavía no normalizados cumplirán, como mínimo, las siguientes prescripciones:

**12.1.4.1. Lámparas fluorescentes estándar**

El valor inicial del flujo luminoso de la lámpara no deberá ser inferior al 92% de su valor nominal. La depreciación del flujo luminoso, después de una duración de 2.000 horas incluido el período de envejecimiento, no podrá ser superior al 20%. Al 70% de la duración nominal no será superior al 30%:

**12.1.4.2. Lámparas fluorescentes compactas**

El valor inicial del flujo luminoso de la lámpara no será inferior al 90% de su valor nominal. La depreciación del flujo luminoso, después de una duración de 2.000 horas incluido el período de envejecimiento, no deberá ser superior al 20%. Al 70% de la duración nominal no podrá ser superior al 35%.

**12.1.4.3. Lámparas de vapor de mercurio a alta presión**

El flujo luminoso inicial de la lámpara no será inferior al 90% de su valor nominal en las condiciones de ensayo indicadas en el Anexo C de la norma UNE-EN 20354. La depreciación del flujo luminoso, después de una duración de 2.000 horas incluido el período de envejecimiento, no deberá ser superior al 20%. Al 70% de la duración nominal no podrá ser superior al 30%.

**12.1.4.4. Lámparas de vapor de sodio a baja presión**

El flujo luminoso inicial de la lámpara no será inferior al 90% de su valor nominal. La depreciación del flujo luminoso, después de una duración de 2.000 horas, no deberá ser superior al 20%. Al 80% de la duración nominal no podrá ser superior al 25%.

**12.1.4.5. Lámparas de vapor de sodio a alta presión**

El valor inicial del flujo luminoso de la lámpara no será inferior al 90% de su valor nominal. La depreciación del flujo luminoso, después de una duración de 2.000 horas incluido el período de envejecimiento, no deberá ser superior al 20%. Al 70% de la duración nominal no podrá ser superior al 25%.

**12.1.4.6. Lámparas de mercurio con halogenuros metálicos**

El flujo luminoso inicial de la lámpara no será inferior al 90% de su valor nominal. La depreciación del flujo luminoso, después de una duración de 2.000 horas incluido el período de envejecimiento, no deberá ser superior al 20%. Al 70% de la duración nominal no podrá ser superior al 35%.

**12.1.5. Características colorimétricas de las lámparas**

Los tipos de lámparas normalizadas deberán cumplir todas y cada una de las prescripciones sobre las características colorimétricas incluidas en las normas que les sean aplicables. Los tipos de lámparas incluidas en el campo de aplicación y todavía no normalizados cumplirán, como mínimo, las siguientes prescripciones:

**12.1.6. Deskarga-lanparak**

Kolore-tenperaturarekin korrelazionaturiko lanpara-mota hori erabiltzean, koordenatu kromatikoen bidez egongo dira zehaztuta kolore-temperatura normalizatuak arauetan. Fabrikatzaileak esleituriko kolore-temperaturaren tolerantzia finkatzeko, Mac Adamen elipseak hartuko dira oinarritzat, eta koloreen taulako tartea UNE-EN-60.081 arauaren D eranskinaren arabera ezarriko dira. Metalezko halogenuroen lanparei dagokienez, gehienez  $\pm 5\%$ eko tolerantzia eskatzea gomendatzen da.

Kolore-errendimenduaren indizeari dagokionez, 3 puntuko tolerantzia onartzen da fabrikatzaileak esleituriko balioaren gainean.

**12.1.7. Lanparen iraunkortasunaren ezaugarriak**

Batezbesteko iraupena lanpara fabrikatzaileak gehien erabiltzen duen datua da, fabrikatzailearen batezbesteko iraupen estatistiko kalkulatuta lortu dena Honi deritzo batezbesteko iraupena: fabrikazio edo instalazio bateko erlo esanguratsu bateko lanparen %50ek behar bezala zehazturiko baldintzetan funtzionatzen huts egin arte igarotako denborari. Ondorio horietarako, lanpara fabrikatzaileek lanpara-mota bakoitzaren iraungipen-kurbak eta tolerantziak emango dituzte, horien batezbesteko iraupenak kalkulatzeko.

**12.1.7.1. Lanparen iraungipena**

Presio altuko merkurio-lurrineko lanparen, presio baxuko sodio-lurrineko lanparen, presio altuko sodio-lurrineko lanparen eta metalezko halogenuroen iraungipena ez da izango, inola ere, fabrikatzaileak bermaturiko iraungipen-kurban agertzen den balioaren %110 baino handiagoa, bakoitza piztuta egoteko 10 orduko denboran.

**12.1.7.2. Lanpara agortuak**

Presio altuko merkurio-lurrineko lanparak, presio baxuko sodio-lurrineko lanparak eta metalezko halogenuroak agortutzat edo erabileratik kanpokotzat joko dira, ekonomiaren aldetik, pizten ez direnean edo argi-fluxua fluxu nominala baino %60tik behera jaitzen denean.

Presio altuko sodio-lurrineko lanparak agortuko direla ulertuko da, ekonomiaren aldetik, pizten ez direnean, aldizka piztu eta itzaltzen direnean edo arku-tentsioa 140 V-koa baino altuagoa denean.

**12.1.8. Lanparen segurtasunaren ezaugarriak**

Lanpara-mota bakoitzerako arau espezifikoean ezarritako segurtasuneko preskripzio orokorrak bete beharko dituzte lanpara-mota guztiek, honako hauei dagokienez: lanpara-euskarrien nahigabeko kontaktuen kontrako babesa, lanparen zorroa berotzea, tortsioaren eta isolamenduaren kontrako erresistentzia, iheslerroak, segurtasuna luzitzen uzten denean, informazioa elkarri emateko modua eta luminariaren diseinurako informazioa. Gainera, babes mekanikoari, interferentzia irratielektronikoei eta atmosferaren kutsadurari buruzkoak hartuko dira aintzat.

**12.1.9. Lanparen kalitate-kontrola**

Entsegu elektrikoaren bidez burutuko da kalitate-kontrola, hala nola arku-tentsioaren neurketa, erregimen-korrontea, lanpararen potentzia, etab. neurtzea, baita lanparen argi-fluxua eta balio galera neurtzeko proba fometrikoak burutuz ere. Gainera, ezaugarri kolorimetrokoak erkatuko dira korrelazioko kolore-temperaturari dagokionez, eta azkenik lanparen iraupenaren eta agortzearen ezaugarriak egiaztatuko dira, baita lanpara horien ezaugarriak ere.

**12.1.10. Lanparen ezaugarri teknikoak**

Ondoko tauletan, tuneletan erabilitako argiztapen-iturrien ezaugarri nagusiak eta horien ezaugarri tekniko ertainak.

**12.1.6. Lámparas de descarga**

Al utilizar en este tipo de lámparas la temperatura de color correlacionada, las temperaturas de color normalizadas estarán definidas en las normas por sus coordenadas cromáticas. La tolerancia en cuanto a la temperatura de color asignada por el fabricante, se determinará tomando como base las elipses de Mac Adam, estableciendo el intervalo cuadrático de cromaticidad según el Apéndice D de la norma UNE-EN 60081. En lo que respecta a las lámparas de halogenuros metálicos, se recomienda exigir una tolerancia máxima de un  $\pm 5\%$  en la temperatura de color correlacionada.

En cuanto al índice de rendimiento en color, se acepta una tolerancia de 3 puntos sobre el valor asignado por el fabricante.

**12.1.7. Características de duración de las lámparas**

La duración promedio, entendida como el tiempo transcurrido hasta que fallan el 50% de las lámparas de un lote representativo de una fabricación o instalación funcionando en condiciones perfectamente especificadas, será el dato más utilizado por el fabricante de lámparas, obtenida del cálculo de la duración media estadística de sus producciones; definida como el valor medio estadístico resultante del análisis y ensayo de un lote representativo de una fabricación, funcionando en condiciones perfectamente especificadas. A estos efectos los fabricantes de lámparas proporcionarán las curvas de mortalidad de cada tipo de lámpara y sus tolerancias, para de ellas calcular las duraciones promedio.

**12.1.7.1. Mortalidad de las lámparas**

La mortalidad de las lámparas de vapor de mercurio a alta presión, vapor de sodio a baja presión, vapor de sodio a alta presión y halogenuros metálicos, no será en ningún caso superior al 110% del valor que figura en la curva de mortalidad garantizada por el fabricante, para encendidos de 10 horas cada uno.

**12.1.7.2. Lámparas agotadas**

Las lámparas de vapor de mercurio a alta presión, vapor de sodio a baja presión y halogenuros metálicos se considerarán agotadas o fuera de uso, desde un punto de vista económico, cuando no se enciendan o su flujo luminoso haya descendido por debajo del 60% del flujo nominal.

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión se estimarán agotadas o fuera de uso, desde un punto de vista económico, cuando no se enciendan, cuando se enciendan y apaguen intermitentemente o cuando su tensión de arco sea superior a 140 V.

**12.1.8 Características de seguridad de las lámparas**

Todos los tipos de lámparas deberán satisfacer las prescripciones generales de seguridad incluidas en las normas específicas para cada tipo de lámpara en lo relativo a la protección contra contactos accidentales en los portalámparas, calentamiento del casquillo de las lámparas, resistencia a la torsión y de aislamiento, líneas de fuga, seguridad al dejar de lucir, intercambiabilidad e información para el diseño de luminarias. Además se considerarán las que se refieren a protección mecánica, interferencias radioeléctricas y contaminación atmosférica.

**12.1.9. Control de calidad de las lámparas**

El control de calidad se llevará a cabo mediante la realización de los correspondientes ensayos eléctricos tales como las mediciones de tensión de arco, corriente de régimen, potencia de lámpara, etc. y la ejecución de las pruebas fotométricas de medición del flujo luminoso de las lámparas y la depreciación del mismo así como contrastar las características colorimétricas en lo relativo a la temperatura de color correlacionada e índice de rendimiento en color y, por último, la verificación de las características de duración y mortalidad de las lámparas, así como su agotamiento, además de comprobar las características de seguridad.

**12.1.10. Características técnicas de las lámparas**

Las tablas que se muestran a continuación indican las principales fuentes de iluminación empleadas en túneles y sus características técnicas medias.

## a). Lanpara fluoreszente tubularrak, 26 mm-ko diametrokoak eta trinkoak.

|   | Potentzia nominala (W) | Koloreen errendimendu-indizea | Argi-fluxua 100 ordutan (lm) | Luzera (mm) | Gehieneko luminantzia (cd/cm <sup>2</sup> ) | Balastoaren potentzia (W) | Gutzizko potentzia (W) | Argi eraginkortasuna (lm/W) |
|---|------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------|---|---------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Industri zuria, ø 26 mm                 | 36                     | 55                            | 3.000                        | 1.200       | 0,95  | 10                        | 46                     | 65                          |
| ø 26 mm                                 | 58                     | 55                            | 4.600                        | 1.500       | 1,25  | 10                        | 68                     | 67                          |
| Kolore-sorta, ø 26 mm                   | 36                     | 85                            | 3.350                        | 1.200       | 1,15  | 10                        | 46                     | 73                          |
| ø 26 mm                                 | 58                     | 85                            | 5.200                        | 1.500       | 1,40  | 10                        | 68                     | 76                          |
| Maiztasun altuko sorta, ø 26 mm         | 32                     | 85                            | 3.200                        | 1.200       |   | 4                         | 36                     | 89                          |
| ø 26 mm                                 | 50                     | 85                            | 5.000                        | 1.500       |   | 6                         | 56                     | 89                          |
| Sorta trinkoa, balasto elektronikorekin | 32                     | 85                            | 2.900                        | 410         |   | 4                         | 36                     | 80                          |
|   | 40                     | 85                            | 3.500                        | 535         |   | 5                         | 45                     | 78                          |
|   | 52                     | 85                            | 4.800                        | 535         |   | 6                         | 58                     | 82                          |

## a). Lámparas fluorescentes tubulares de diámetro 26 mm y compactas

|                         | Potencia nominal (W) | Índice rendimiento colores | Flujo luminoso a 100 h (lm) | Longitud (mm) | Luminancia máxima (cd/cm <sup>2</sup> ) | Potencia balasto (W) | Potencia total (W) | Eficacia luminosa (lm/W) |
|-------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------|---|----------------------|--------------------|--------------------------|
| Blanco industrial       | 36                   | 55                         | 3.000                       | 1.200         | 0,95                                    | 10                   | 46                 | 65                       |
| ø 26 mm                 | 58                   | 55                         | 4.600                       | 1.500         | 1,25                                    | 10                   | 68                 | 67                       |
| Gama cromática          | 36                   | 85                         | 3.350                       | 1.200         | 1,15                                    | 10                   | 46                 | 73                       |
| ø 26 mm                 | 58                   | 85                         | 5.200                       | 1.500         | 1,40                                    | 10                   | 68                 | 76                       |
| Gama alta frecuencia    | 32                   | 85                         | 3.200                       | 1.200         |   | 4                    | 36                 | 89                       |
| ø 26 mm                 | 50                   | 85                         | 5.000                       | 1.500         |   | 6                    | 56                 | 89                       |
| Gama compacta           | 32                   | 85                         | 2.900                       | 410           |   | 4                    | 36                 | 80                       |
| con balasto electrónico | 40                   | 85                         | 3.500                       | 535           |   | 5                    | 45                 | 78                       |
|                         | 52                   | 85                         | 4.800                       | 535           |   | 6                    | 58                 | 82                       |

## b). Presio altuko sodioko lurrin-lanpara, tubular argiak dituen

| Potentzia nominala (W) | Argi-fluxua 100 ordutan (lm) | Luzera (mm) | Luminantzia ertaina (cd/cm <sup>2</sup> ) | Balastoaren potentzia (W) | Gutzizko potentzia (W) | Argi eraginkortasuna (lm/W) |
|------------------------|------------------------------|-------------|---|---------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 70                     | 6.600                        | 159         | 300                                       | 15                        | 85                     | 78                          |
| 100                    | 10.500                       | 211         | 300                                       | 11 a 16                   | 116                    | 90                          |
| 150                    | 16.500                       | 211         | 340                                       | 17                        | 167                    | 99                          |
| 250                    | 28.000                       | 257         | 360                                       | 25                        | 275                    | 102                         |
| 250+                   | 32.000                       | 257         | 420                                       | 25                        | 275                    | 116                         |
| 400+                   | 55.500                       | 283         | 630                                       | 30                        | 430                    | 129                         |

## b). Lámparas de vapor de sodio alta presión tubulares claros

| Potencia nominal (W) | Flujo luminoso a 100 h (lm) | Longitud (mm) | Luminancia media (cd/cm <sup>2</sup> ) | Potencia balasto (W) | Potencia total (W) | Eficacia luminosa (lm/W) |
|----------------------|-----------------------------|---------------|--|----------------------|--------------------|--------------------------|
| 70                   | 6.600                       | 159           | 300                                    | 15                   | 85                 | 78                       |
| 100                  | 10.500                      | 211           | 300                                    | 11 a 16              | 116                | 90                       |
| 150                  | 16.500                      | 211           | 340                                    | 17                   | 167                | 99                       |
| 250                  | 28.000                      | 257           | 360                                    | 25                   | 275                | 102                      |
| 250+                 | 32.000                      | 257           | 420                                    | 25                   | 275                | 116                      |
| 400+                 | 55.500                      | 283           | 630                                    | 30                   | 430                | 129                      |

## c). Presio baxuko sodio-lurrineko lanparak

| Potentzia nominala (W) | Argi-fluxua 100 ordutan (lm) | Luzera (mm) | Luminantzia ertaina (cd/cm <sup>2</sup> ) | Balastoaren potentzia (W) | Gutzizko potentzia (W) | Argi eraginkortasuna (lm/W) |
|------------------------|------------------------------|-------------|---|---------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 26                     | 3.700                        | 310         | 8   | 9 Klasikoa                | 35                     | 106                         |
| 36                     | 6.150                        | 425         | 8   | 11 Hibridoa               | 47                     | 131                         |
| 66                     | 10.600                       | 528         | 8   | 16 Hibridoa               | 82                     | 130                         |
| 91                     | 17.000                       | 775         | 8   | 16 Hibridoa               | 107                    | 159                         |
| 131                    | 26.000                       | 1.120       | 8   | 20 Hibridoa               | 151                    | 172                         |

## c). Lámparas de vapor de sodio baja presión

| Potencia nominal (W) | Flujo luminoso a 100 h (lm) | Longitud (mm) | Luminancia media (cd/cm <sup>2</sup> ) | Potencia balasto (W) | Potencia total (W) | Eficacia luminosa (lm/W) |
|----------------------|-----------------------------|---------------|--|----------------------|--------------------|--------------------------|
| 26                   | 3.700                       | 310           | 8                                      | 9 Clasico            | 35                 | 106                      |
| 36                   | 6.150                       | 425           | 8                                      | 11 Hibrido           | 47                 | 131                      |
| 66                   | 10.600                      | 528           | 8                                      | 16 Hibrido           | 82                 | 130                      |
| 91                   | 17.000                      | 775           | 8                                      | 16 Hibrido           | 107                | 159                      |
| 131                  | 26.000                      | 1.120         | 8                                      | 20 Hibrido           | 151                | 172                      |

## d). Indukzio-lanparak

| Potentzia nominala (W) | Argi-fluxua 100 ordutan (lm) | Luzera (mm) | Diametroa (mm) | Argi eraginkortasuna (lm/W) |
|------------------------|------------------------------|-------------|----------------|-----------------------------|
| 55                     | 3.500                        | 141         | 85             | 64                          |
| 85                     | 6.000                        | 181         | 111            | 71                          |
| 165                    | 12.000                       | 215         | 130            | 73                          |

*d). Lámparas de inducción*

| Potencia nominal (W) | Flujo luminoso a 100 h (lm) | Longitud (mm) | Diámetro (mm) | Eficacia luminosa (lm/W) |
|----------------------|-----------------------------|---------------|---------------|--------------------------|
| 55                   | 3.500                       | 141           | 85            | 64                       |
| 85                   | 6.000                       | 181           | 111           | 71                       |
| 165                  | 12.000                      | 215           | 130           | 73                       |

*e). 16 mm-ko diametroko hodi fluoreszenteak*

| Potentzia nominala (W) | Koloreen errendimenduaren indizea | Argi-fluxua 100 ordutan (lm) | Luzera (mm) | Balastoaren potentzia (W) | Gutzizko potentzia (W) | Argi eraginkortasuna (lm/W) |
|------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------|---------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 21                     | 85                                | 2.100                        | 863         | 4                         | 25                     | 84                          |
| 28                     | 85                                | 2.900                        | 1.163       | 4                         | 32                     | 90                          |
| 35                     | 85                                | 3.650                        | 1.463       | 4                         | 39                     | 93                          |

*e). Tubos fluorescentes de diámetro 16 mm*

| Potencia nominal (W) | Índice rendimiento colores | Flujo luminoso a 100 h (lm) | Longitud (mm) balasto (W) | Potencia total (W) | Potencia luminosa (lm/W) | Eficacia |
|----------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------|----------|
| 21                   | 85                         | 2.100                       | 863                       | 4                  | 25                       | 84       |
| 28                   | 85                         | 2.900                       | 1.163                     | 4                  | 32                       | 90       |
| 35                   | 85                         | 3.650                       | 1.463                     | 4                  | 39                       | 93       |

**12.2. Ekipo osagarriak**

Deskarga-lanparek, oro har, tentsio-korrante ez lineala dute, bereziki negatiboa, eta horren ondorioz, intentsitatea mugatzeko elementu bat erabili behar da, oro har balastoa deritzona, korrantea mugarik gabe handitu ez dadin eta lanpara suntsitu ez dadin piztuta dagoenean. Balastoarekin lotuta, potentzia-faktorea zuzentzeko elementu gokiak aurreikusitako beharko dira.

Deskarga-lanpara guztiek funtzionatzeko behar duten korrantea erregulatzeko eta potentzia-faktorea zuzentzeko dispositiboek gain, deskargako korrante altuko zenbait lanpara-motak sarearena baino askoz tentsio altuagoa behar dute arkuko korrantea hasteko edo «zebatzeko», hala nola presio altuko sodio-lurrineko lanparak (VSAP), Europako motako metalezko halogenuroak dituzten merkurio lanparak (HM) presio baxuko sodio-lurrineko lanparak (VSBP). Hortaz, dispositibo bat sartu behar da ekipo osagarrian, lanpararen korrantea zebatzeko behar den tentsio altua emateko eta horren euskarria izateko lanpara piztu behar denean. Dispositibo horri arrankatzeko gailua deritzo. Piztarazgailua behar dute lanpara fluoreszenteek funtzionatzeko; presio baxuko sodio-lurrinekoek, berriz, balasto autotransformatzailearekin funtziona dezakete.

**12.2.1. Balastoak**

Hauexek dira gehien erabiltzen diren balasto-motak:

- Multzo inдукtiboko balastoa.
- Multzo inдукtiboko balastoa, bi potentzia-mailarekin.
- Balasto autoerregulatzaila.
- Balasto autotransformatzailea.
- Balasto elektronikoa.

Nahiz eta balasto inдукtiboak gehien erabiltzen dena izan, korrantearen eta potentziaren erregulazio baxua ematen du elikadura-sarearen tentsioaren oszilazioei dagokienez. Hori delata, erabilera beti izango da egokia, baldin eta tentsio horren oszilazioa  $\pm 5\%$ ekoa baino handiagoa ez bada. Denboran etengabe aldaketak edo aldaketa iraunkorrak aurreikusten badira sarearen tentsioan, egokia izango da balasto inдукtiboak jartzea bi tentsio-hartunerekin, eta egokiena aplikatuko da. Tentsio-oszilazio horiek aldakorak badira denboran, bai egunez piztuta dagoen orduetan, bai asteburuetan edota urtarotan, egokia izango da balasto autoerregulatzailak erabiltzea.

Balasto autoerregulatzailak erabiliko dira, lanpararen korrantearen eta potentziaren erregulazio ona dutenez gero elikadura-sareko tentsioaren aldaketei dagokienez, tentsio hori  $\pm 10\%$ eko aldaketa baino handiagoa duenean. Baldin eta aipaturiko tentsioa nahikoa ez bada lanpararen funtzionamendua egonkorra izan dadin, tentsioa handitu eta korrantea erregulatuko duten balasto autotransformatzaileak jarriko dira, eta horien erabilera aurreikusiko da, oro har, elikadura-sarearen tentsioa 200 V-koa baino txikiagoa den kasuetan.

**12.2. Equipos auxiliares**

Las lámparas de descarga en general tienen una característica tensión-corriente no lineal y marcadamente negativa, que da lugar a la necesidad de utilización de un elemento limitador de la intensidad que se denomina genéricamente balasto para evitar el crecimiento ilimitado de la corriente y la destrucción de la lámpara, cuando ésta ha encendido. Asociado al balasto deberán preverse los elementos adecuados para la corrección del factor de potencia.

Además de los dispositivos de regulación de la corriente de lámpara y de corrección del factor de potencia, requeridos por todas las lámparas de descarga para su funcionamiento, algunos tipos de lámparas de alta corriente de descarga, como son las de vapor de sodio a alta presión (VSAP), lámparas de mercurio con halógenos metálicos (HM) de tipo europeo y vapor de sodio a baja presión (VSBP) necesitan una tensión muy superior a la de la red para iniciar o «cebar» la corriente de arco. Se precisa, por tanto, incluir en el equipo auxiliar un dispositivo que proporcione y soporte en el instante de encendido la alta tensión necesaria para el cebado de la corriente de arco de la lámpara. Dicho dispositivo se denomina arrancador. Las lámparas fluorescentes necesitan para su funcionamiento un cebador, mientras que las de vapor de sodio a baja presión también pueden funcionar con un balasto autotransformador.

**12.2.1. Balastos**

Los tipos de balastos más utilizados son los siguientes:

- Balasto serie de tipo inductivo.
- Balasto serie de tipo inductivo con dos niveles de potencia.
- Balasto autorregulador.
- Balasto autotransformador.
- Balasto electrónico.

Aún cuando el balasto serie de tipo inductivo es el más utilizado, proporciona una baja regulación de corriente y de potencia frente a las oscilaciones de la tensión de la red de alimentación, por lo que su uso será adecuado siempre que dicha tensión no fluctúe más del  $\pm 5\%$ . Cuando se prevean variaciones constantes o permanentes a lo largo del tiempo superiores en la tensión de la red, resultará idónea la instalación de balastos serie de tipo inductivo con dos tomas de tensión, aplicando la más conveniente. Si dichas oscilaciones de tensión son variables en el tiempo, bien durante las horas de encendido diario, a lo largo del fin de semana y/o estacionales, será adecuado utilizar balastos autorreguladores.

Los balastos autorreguladores, al presentar una buena regulación de la corriente y potencia de lámpara en relación a las alteraciones de tensión de la red de alimentación, se utilizarán cuando dicha tensión oscile más del  $\pm 10\%$ . En el caso de que la mencionada tensión sea insuficiente para un funcionamiento estable de la lámpara, se instalarán balastos autotransformadores que elevarán la tensión y regularán la corriente, y su uso se preverá generalmente cuando la tensión de la red de alimentación resulte inferior a 200 V.

Balasto inдукtiboak izango dira, bi potentzia-mailakoak, eta horiek esker maila murriztuan gutxi gorabehera energiaren %40 aurreztu daiteke, betiere elikadura-tentsioa nominala bada. Bi potentzia-mailak egiteko ere balasto autoerregulatuak erabil daitezke.

Balasto elektronikoa deskarga-lanparetan erabil daiteke, zeren prestazio onak ematen baititu eta balasto autoerregulatuak eta autotransformatuak balastoak erregulatzeko ezaugarri buruzko eskakizunak betetzen baititu; izan ere, lanpararen potentzia egonkortzen du elikadura-sarearen tentsioa aldatuz,  $\pm$  %20raino. Horixe da aukerarik gomendagarriena.

#### 12.2.1.1. Balastoen ezaugarriak

Balastoen zenbait eskakizun bete behar dituzte isolamenduetan, bobinetan eta nukleoetan erabilitako kalitate eta material-motegi dagokienez. Horiek modu egokian eraikitzeak bermatu egingo du kontaktuko elektrikoaren kontrako babesa, baita horri lotutako lanparen funtzionamendu egokia ere. Gainera, zehaztapen termiko, geometriko eta abarri egokituak zaizkio; izan ere, uneoro doituak dira honako arau hauetan ezarritako eskakizunetara: lanpara tubular fluoreszenteetarako funtzionamendu gaitasunari eta segurtasunari buruzko UNE-EN 60.920 eta 60.921 arauak, deskarga-lanparetarako UNE-EN 60.922 eta 60.923 arauak, korronte zuzeneko balasto elektronikoei buruzko UNE-EN 60.924 eta 60.925 arauak, korronte alternoei buruzko balastoei buruzko UNE-EN 60.928 eta 60.929 arauak eta azkenik balasto propioa duten lanpara fluoreszenteetarako UNE-EN 60.968 eta 60.969 arauak.

Ondoko taulatan zehazten dira serieko balasto inдукtiboak eta balasto autoerregulatuak potentziaren gehieneko balio onargarriak, wattetan adieraziak (W) lanpara-mota eta potentzia bakoitzerako.

#### 10.2.1.1. – Taula Multzo inдукtiboko balastoa

| KONTSUMOAK (W) |        |         |        |           |        |         |        |                |        |
|----------------|--------|---------|--------|-----------|--------|---------|--------|----------------|--------|
| VSAP           |        | VMAP    |        | VSBP      |        | HM      |        | FLUORESZENTEAK |        |
| Lanpara        | Ekipoa | Lanpara | Ekipoa | Lanpara   | Ekipoa | Lanpara | Ekipoa | Lanpara        | Ekipoa |
| 50             | 9      | 50      | 9      | 18        | 4,5    | 35      | 9      | 4/6/8          | 4,5    |
| 70             | 11     | 80      | 11     | 35        | 6,5    | 70      | 11     | 5/7/9/11       | 4,5    |
| 100            | 13     | 125     | 13     | 55        | 10     | 100     | 13     | 10/13          | 4,5    |
| 150            | 20     | 250     | 20     | 90        | 13     | 150     | 20     | 15             | 8      |
| 250            | 29     | 400     | 23     | 135       | 28     | 250     | 29     | 16             | 5,5    |
| 400            | 33     | 700     | 33     | 180       | 28     | 400     | 33     | 18 TC-D        | 5,5    |
| 600            | 50     | 1.000   | 44     |           |        | 1.000   | 55     | 18/20          | 10     |
| 1.000          | 66     |         |        |           |        | 1.800   | 77     | 36/40          | 10,5   |
|                |        |         |        | 2.000/220 |        | 83      | 58/65  | 13,5           |        |
|                |        |         |        | 2.000/380 |        | 83      |        |                |        |
|                |        |         |        | 3.500     |        | 149     |        |                |        |

#### 10.2.1.3. – Taula Balasto autoerregulatuak

| KONTSUMOAK (W) |        |         |        |         |        |
|----------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| VSAP           |        | VMAP    |        | HM      |        |
| Lanpara        | Ekipoa | Lanpara | Ekipoa | Lanpara | Ekipoa |
| 50             |        | 50      |        | 35      |        |
| 70             | 22     | 80      | 16     | 70      |        |
| 100            | 25     | 125     | 20     | 100     |        |
| 150            | 28     | 250     | 32     | 150     |        |
| 250            | 35     | 400     | 40     | 250     | 45     |
| 400            | 60     | 700     |        | 400     | 60     |
| 600            |        | 1.000   |        | 1.000   |        |
| 1.000          |        |         |        | 1.800   |        |
|                |        |         |        | 2.000   |        |
|                |        |         |        | 3.500   |        |

#### 12.2.1.2. Balastoen kalitate-kontrola

Entseguen bidez egingo da kalitate-kontrola hala nola inpedantzia neurtzea, galdutako potentzia finkatzea, balio elektrikoak, gailur-faktorea, zurruntasun dielektrikoa, berokuntza, eta abar.

Los balastos serie de tipo inductivo con dos niveles de potencia, permiten un ahorro energético en nivel reducido de aproximadamente un 40% siempre y cuando la tensión de alimentación sea la nominal. La realización de dos niveles de potencia también puede efectuarse mediante balastos autorreguladores.

El balasto electrónico podrá utilizarse en lámparas de descarga, dado que proporciona unas buenas prestaciones y cumple con los requisitos sobre las características de regulación de los balastos autorreguladores y autotransformadores, estabilizando la potencia de lámpara con variaciones de tensión de la red de alimentación de hasta el  $\pm$  20%. Esta es la opción más recomendable.

#### 12.2.1.1. Características de los balastos

Los balastos deberán cumplir unas determinadas exigencias básicas referentes a las calidades y tipos de materiales utilizados en los aislamientos, bobinados y núcleos. Su idónea construcción garantizará la protección contra contactos eléctricos y el correcto funcionamiento de las lámparas a las que se asocia. Además se adecuarán a concretas especificaciones térmicas, geométricas, etc., ajustándose en todo momento a las exigencias de las normas UNE-EN 60920 y 60921 de seguridad y aptitud a la función para lámparas tubulares fluorescentes, UNE-EN 60922 y 60923 para lámparas de descarga, UNE-EN 60924 y 60925 en el caso de balastos electrónicos en corriente continua, así como UNE-EN 60928 y 60929 en corriente alterna y, por último, UNE-EN 60968 y 60969 para lámparas fluorescentes con balasto propio.

En las tablas adjuntas se especifican los valores máximos admisibles de la potencia en los balastos serie de tipo inductivo y autorreguladores, expresados en vatios (W) para cada potencia y tipo de lámpara.

#### Tabla 10.2.1.1. – Balastos serie de tipo inductivo

| CONSUMOS (W) |        |         |        |           |        |         |        |              |        |
|--------------|--------|---------|--------|-----------|--------|---------|--------|--------------|--------|
| VSAP         |        | VMAP    |        | VSBP      |        | HM      |        | FLUORESCENTE |        |
| Lámpara      | Equipo | Lámpara | Equipo | Lámpara   | Equipo | Lámpara | Equipo | Lámpara      | Equipo |
| 50           | 9      | 50      | 9      | 18        | 4,5    | 35      | 9      | 4/6/8        | 4,5    |
| 70           | 11     | 80      | 11     | 35        | 6,5    | 70      | 11     | 5/7/9/11     | 4,5    |
| 100          | 13     | 125     | 13     | 55        | 10     | 100     | 13     | 10/13        | 4,5    |
| 150          | 20     | 250     | 20     | 90        | 13     | 150     | 20     | 15           | 8      |
| 250          | 29     | 400     | 23     | 135       | 28     | 250     | 29     | 16           | 5,5    |
| 400          | 33     | 700     | 33     | 180       | 28     | 400     | 33     | 18 TC-D      | 5,5    |
| 600          | 50     | 1.000   | 44     |           |        | 1.000   | 55     | 18/20        | 10     |
| 1.000        | 66     |         |        |           |        | 1.800   | 77     | 36/40        | 10,5   |
|              |        |         |        | 2.000/220 |        | 83      | 58/65  | 13,5         |        |
|              |        |         |        | 2.000/380 |        | 83      |        |              |        |
|              |        |         |        | 3.500     |        | 149     |        |              |        |

#### Tabla 10.2.1.3. – Balastos autor reguladores

| CONSUMOS (W) |        |         |        |         |        |
|--------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| VSAP         |        | VMAP    |        | HM      |        |
| Lámpara      | Equipo | Lámpara | Equipo | Lámpara | Equipo |
| 50           |        | 50      |        | 35      |        |
| 70           | 22     | 80      | 16     | 70      |        |
| 100          | 25     | 125     | 20     | 100     |        |
| 150          | 28     | 250     | 32     | 150     |        |
| 250          | 35     | 400     | 40     | 250     | 45     |
| 400          | 60     | 700     |        | 400     | 60     |
| 600          |        | 1.000   |        | 1.000   |        |
| 1.000        |        |         |        | 1.800   |        |
|              |        |         |        | 2.000   |        |
|              |        |         |        | 3.500   |        |

#### 12.2.1.2. Control de calidad de los balastos

El control de calidad se efectuará mediante la realización de los correspondientes ensayos tales como la medición de impedancia, potencia perdida, valores eléctricos, factor de cresta, rigidez dieléctrica, calentamiento, etc.



### 12.2.2. *Kondentsadoreak*

Deskarga-lanparen ekipoetan, balastoarekin lotuta joan behar du kondentsadoreak, bai elikadura sarearekiko konexioan potentzia-faktorea zuzentzeko, bai seriean jarrita balastoarekin, betiere lanparak korronte eta konpentsazio elementu erregulatuak izanik; halaxe gertatzen da balasto autoerregulatuak kasuan.

Balasto elektronikoen ez dute kondentsadoreen beharrik potentzia-faktorea zuzentzeko, horretarako diseinaturiko zirkuitu elektronikoa baita sartuta.

#### 12.2.2.1. *Kondentsadoreen ezaugarriak*

Kondentsadore guztiak oinarriko zenbait eskakizun bete behar dituzte, elektrikoak eta termikoak, terminalen eskakizunak konexioetarako eta eskakizun geometrikoak. Horiek guztiak zirkuitu fluoreszente tubularretan erabiltzeko kondentsadoreei eta beselako deskarga-lanpara batzuei buruzko UNE-EN 61.048 eta 61.049 arauetan ezarritakoari lotuko zaizkio.

#### 12.2.2.2. *Kondentsadoreen kalitatea kontrolatzea*

Honako saiakuntza hauek eginez burutuko da kalitate kontrola: ahalmena, plaken eta inguratzaileren arteko zurruntasun dielektrikoa, galeren angeluen tangentea ( $\tan \delta$ ), eta abar.

#### 12.2.3. *Arrankatzeko gailuak*

Hauexek dira arrankatzeko gailu-motak deskarga-lanparerako, lanpara fluoreszente tubularrak izan ezik:

- Serieana, lanparekin (aparteko bultzadak).
- Erdi paraleloan (lotuta doan balastotik aparteko bultzadak).
- Paraleloan (apartekoa, bi harikoak).

Lanpara fluoreszente tubularren kasuan, pizarazgailuak jarriko dira, eflubioetako edo pizarazgailu elektronikoenak. Zebadoreak behar dituzten balasto elektromagnetikoak desagertzen badira, frekuentzia altuko erreaktantzia elektronikoenak ezarriko dira, potentzia-faktorearen kontrolarekin, aurreberoketarekin eta orduan 10 sute baino gehiagori zuzenduta.

Sodioko lurrin-lanparak funtzionatzen jartzeko, pizte tentsio oso altuak behar dira, erreaktantziak ezin hornitu ditzakeenak. Arrankatzeko gailuak kondentsadorean bildutako energia aprobetxatzen du, eta tentsio inpultso edo hainbat inpultso lanpararen huts-lanparen tentsioaren gainjarrita, deskarga-hodiaren barruko arkuak jasarazten; muturreko balioa oso altua da, baina laburra.

#### 12.2.3.1. *Arrankatzeko gailuen ezaugarriak*

Preskripzio orokorre, segurtasun preskripzioei eta funtzionamenduko preskripzioei dagokienez, arrankatzeko gailuak eta pizarazgailuak (eflubioetako izan ezik) UNE-EN 60.926 eta 60.927 arauetan eskaturikoari lotuko zaizkio. Lanpara fluoreszente tubularretarako eflubioetako pizarazgailuek, berriz, UNE-EN 60.155 arauan ezarritakoa bete beharko dute.

#### 12.2.3.2. *Arrankatzeko gailuen kalitate-kontrola*

Arrankatzeko gailuen eta pizarazgailuen kalitatearen kontrola egiteko, muturreko tentsioak neurtuko dira fabrikatzaileak zehazturiko gutxieneko eta gehieneko balioekin, baita konexioko eta deskonexioko tentsioak, inpultsoaren altuera eta zabalera, bobinaren erresistentzia elektrikoa, arrankatzeko gailuaren potentzia galera, etab. ere.

Fabrikatzaile berarenak izan behar dute erreaktantziak eta arrankatzeko gailuak, edo bestela arrankatzeko gailuak inpultso zuzeneko edo elkarren gainean jarritakoa izan behar du.

Kableak ekipotik lanpararaino duen ahalmena izango da kontuan, eta halako moldez jarriko da instalazioa non ez baitu gairik inpultso arrankatzeko gailuak onartzen duen gehieneko ahalmena.

### 12.3. *Luminariak*

Lanpara batek edo hainbat lanparek ematen duten argia banatu, iragazi edo transformatu duten aparatuak dira. Lanparak finkatzeko eta babesteko osagarri guztiak dakartza, eta beharrezkoa bada, lanparok hornidurako sarearekin konektatzeko beharrezko zirkuituak eta dispositiboak dituzte.

### 12.2.2. *Condensadores*

En equipos para lámparas de descarga el condensador deberá ir asociado al balasto, bien en conexión a la red de alimentación para corregir el factor de potencia, o bien instalado en serie con el balasto y la lámpara sirviendo como elemento regulador de corriente y compensación, tal como es el caso de los balastos autorreguladores.

Los balastos electrónicos no requieren condensador para la corrección del factor de potencia, al incluir un circuito electrónico diseñado a tal efecto.

#### 12.2.2.1. *Características de los condensadores*

Todos los condensadores deberán cumplir unas determinadas especificaciones básicas, eléctricas, térmicas, de terminales para el conexionado y geométricas. Estos se adecuarán a lo exigido en las normas UNE-EN 61048 y 61049 relativas a condensadores para utilización en los circuitos fluorescentes tubulares y otras lámparas de descarga.

#### 12.2.2.2. *Control de calidad de los condensadores*

El control de calidad se ejecutará llevando a cabo ensayos de capacidad, rigidez dieléctrica entre placas y envolvente, tangente del ángulo de pérdidas ( $\tan \delta$ ), etc.

#### 12.2.3. *Arrancadores*

Los tipos de arrancadores para lámparas de descarga, excepto las lámparas fluorescentes tubulares, son los siguientes:

- En serie con la lámpara (de impulsos independientes).
- En semiparalelo (de impulsos dependientes del balasto al que va asociado).
- En paralelo (independiente de dos hilos).

En el caso de lámparas fluorescentes tubulares se instalarán cebadores, ya sean de efluvios o electrónicos. Dado que los balastos electromagnéticos que precisan cebadores tienden a desaparecer, se colocarán reactancias electrónicas de alta frecuencia con control del factor de potencia, precaldeo y para más de 10 encendidos hora.

Para la puesta en funcionamiento de la lámpara de vapor de sodio se necesitan tensiones de encendido muy elevadas que la reactancia no puede suministrar. El arrancador aprovecha la energía almacenada en el condensador y superponiendo una o varias impulsiones de tensión a la tensión de vacío de la lámpara hace saltar el arco en el interior del tubo de descarga con un valor de pico muy elevado y corta duración.

#### 12.2.3.1. *Características de los arrancadores*

En lo que respecta a las prescripciones generales y de seguridad, así como prescripciones de funcionamiento, los arrancadores y cebadores, excepto los de efluvios, se ajustarán a lo exigido en las normas UNE-EN 60926 y 60927, mientras que los cebadores de efluvios para lámparas fluorescentes tubulares cumplirán lo establecido en la norma UNE-EN 60155.

#### 12.2.3.2. *Control de calidad de los arrancadores*

El control de calidad de los arrancadores y cebadores se realizará mediante mediciones de tensión de pico con las capacidades máxima y mínima especificadas por el fabricante, medidas de tensión de conexión y desconexión, de altura y anchura del impulso, resistencia eléctrica del bobinado, potencia perdida por el arrancador, etc.

La reactancia y el arrancador deberán ser del mismo fabricante, o bien el arrancador será de impulso directo o superposición.

Se tendrá en cuenta la capacidad del cable desde el equipo a la lámpara, ejecutándose la instalación de forma que dicha capacidad no supere la máxima admitida por el arrancador.

### 12.3. *Luminarias*

Son aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas. Contienen todos los accesorios necesarios para fijarlas y protegerlas y, cuando resulta necesario, disponen de los circuitos y dispositivos necesarios para conectarlas a la red de alimentación eléctrica.

Luminariet honako hauetan ezarritako eskakizunak bete behar dituzte: Tentsio Baxurako Araudi Elektroteknikoa, 842/2002 Dekretua, ITC-BTren jarraibide tekniko osagarriak, Zientzia eta Teknologia Ministerioaren interpretazio-orriak, UNE-EN 60.598 eta UNE-EN 20.314 arauak eta nazioko eta Europako Batasunaren arlo horretako gainerako araudi guztiak ere.

Kalitate-kontrolaren barruan sartzen dira herri argietarako UNE-EN 60.598 araua eta talka elektrikoen kontrako babesari buruzko UNE-20.314 araua betetzea bermatuko duten eraikuntzako ezaugarrien gaineko entseguak, baita ezaugarri fotometrikoei buruzko entseguak ere, hala nola intentsitateen matrizeak eta F faktorea neurteza, F faktorea edo luminariaren igorpen-aldearen itxurazko azalera m<sup>2</sup>-tan adierazita eta 76°-ko angelu batetik begiratuta, etab.

### 12.3.1. Tunelen argiztapenerako luminarien sailkapena

Tuneletan erabilitako luminariet erabilera-baldintza bereziak bete behar dituztenez gero, ezaugarri mekaniko eta fotometriko oso espezifikoak bete behar dituzte.

#### INGURUMENEOAK

- Kanpoko tenperatuaren baldintzak.
- Zirkulazioak eragindako zikinkeria.
- Hezetasunak eta ibilgailuen ihes-gasek eragindako korrosioa.

#### USTIAPENA (MANTENTZEA)

- Luminarien kontzepzio mekanikoa eta makurdura erregulatzeko euskarriak.
- Luminariak garbitzea, lanparak aldatzea eta konponketa elektrikoak egitea zirkulazioari ahalik eta gutxien eraginda.
- Materialak 24 orduan erabiltzeko modukoa izan behar du.

#### FOTOMETRIA

- Altuera, egoera axiala edo zirkulazio bideen gaineko egoera, alde bateko edo bi aldeko instalazioa, galiboa, eta abar direla-eta, optika espezifikoak erabili behar dira, eta horren banaketa fotometrikoa instalazioaren parametroetara egokitu behar da

#### INSTALAZIOA

- Finkapen-sistemak ahalbidetu egin behar du aparatua bizkor muntatzea eta desmuntatzea, betiere konexio elektrikoak kontuan izanik.
- Finkapen erregulagarriak behar bezala ziurtatu behar ditu aparatuen biderapena eta elikadura.

Kaxa hermetiko batekin daude osatuta luminariak, finkatze eta bideratze sistema baten bidez; gainera, sistema optikoa eta hornidura elektrikoaren blokea du. Luminariak edo proiektoreak fotometrikoak sailkatzen dira tunelen argiterian, banaketa fotometriko motaren arabera, hots, simetrikoa edo kontrafluxukoa.

Bi sistema-mota hori argi eta garbi zehazten dira, baina argi-intentsitatearen banaketa honen arabera da:

- Simetrikoa 0° - 180° oinplanoarekin, trafikoaren paraleloan.
- Trafikoaren norabidearen kontrako norabidean, 180°-ko oinplanoaren inguruko planoan eta trafikoaren norabideko gutxieneko argi-intentsitatea trafikoaren norabidean, 0°-ko oinplanotik hurbil.

### 1.2.3.2. Tunelak argiztatzeko luminarien ezaugarriak

Ondoko taulan agertzen dira laburbilduta tuneletan jarri beharreko luminariet edo proiektoreet bete beharreko gutxieneko ezaugarriak, argiztapen-mota ezberdinei dagozkienak:

Las luminarias deberán cumplir las exigencias del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión Decreto 842/2002, las Instrucciones Técnicas Complementarias del mismo ITC-BT, hojas de interpretación del Ministerio de Ciencia y Tecnología, normas UNE-EN 60598, UNE-EN 20314 y demás reglamentaciones nacionales y de la unión europea concordantes en la materia.

El control de calidad comprenderá la realización de ensayos sobre características constructivas que garanticen el cumplimiento de las normas UNE-EN 60598 de luminarias para alumbrado público y UNE-20314 referente a protección contra los choques eléctricos, así como ensayos sobre características fotométricas tales como la medición de la matriz de intensidades, del factor F o superficie aparente del área de emisión de la luminaria vista bajo un ángulo de 76° expresada en m<sup>2</sup>, etc.

### 12.3.1. Clasificación de las luminarias para alumbrado de túneles

Las luminarias utilizadas en los túneles están sometidas a unas condiciones particulares de utilización por lo que deben responder a unas características mecánicas y fotométricas muy específicas.

#### AMBIENTALES

- Condiciones de temperatura extrema.
- Suciedad debida a la circulación.
- Corrosión debida a la humedad y los gases de escape de los vehículos.

#### EXPLOTACIÓN (MANTENIMIENTO)

- Concepción mecánica de las luminarias y sus fijaciones para el reglaje de inclinación.
- Limpieza de luminarias, cambio de lámparas y reparaciones eléctricas con la mínima interrupción de la circulación.
- El material debe responder a su utilización de 24 horas al día.

#### FOTOMETRÍA

- Las condiciones de altura, situación axial o sobre las vías de circulación, instalación unilateral o bilateral, consideraciones de gálibo etc., conducen a utilizar ópticas específicas cuyo reparto fotométrico debe ser adaptado a los parámetros de la instalación.

#### INSTALACIÓN

- El sistema de fijación debe permitir el montaje y desmontaje rápido del aparato teniendo en cuenta la conexión eléctrica.
- La fijación regulable debe asegurar perfectamente la alineación y la orientación de los aparatos.

Las luminarias están constituidas por una caja hermética sostenida por un sistema de fijación y orientación y que contiene el sistema óptico y el bloque eléctrico de alimentación. Las luminarias o proyectores se clasifican fotométricamente para el alumbrado de túneles según el tipo de distribución fotométrica, es decir; tipo simétrico o a contraflujo.

Estos dos tipos están claramente definidos de acuerdo con, que la distribución de intensidad luminosa sea:

- Simétrica con respecto al plano 0° - 180°, paralelo al tráfico.
- Dirigida en sentido contrario a la dirección de tráfico, en un plano próximo al plano 180° y con una intensidad luminosa mínima en la dirección del tráfico próxima al plano 0°.

### 12.3.2. Características de las luminarias para alumbrado de túneles

Las características que como mínimo deben cumplimentar las luminarias o proyectores a instalar en los túneles correspondientes a las diferentes clases de alumbrado, se resumen en el cuadro siguiente:

## 10.3.1.1. – Taula

| Luminaria mota                        | A mota   | B mota   | C Mota  | D Mota   |
|---------------------------------------|--|--|---|--|
| Sistema optikoa                       | Itxia  | Itxia  | Itxia   | Itxia  |
| Fotometria                            | Simetriko kontrafluxua   | Simetrikoa   | Simetrikoa  | Simetrikoa   |
| Ahalmena                              | Gehienez:<br>400 W s.a.p. (R)<br>250 W<br>150 W                          | Gehienez:<br>400 W s.a.p.(R)<br>Gehienez:<br>2 x 165 W indukzioa<br><br>Gehienez:<br>180 W s.b.p.<br>2 x 90 W.<br>2 x 35 W | Gehienez:<br>2 x 58 W fluoreszentea (R)<br>2 x 36 W<br><br>Gehienez:<br>2 x 55 W fluoreszente trinkoa | Gehienez:<br><br>18 W fluoreszentea<br>Kit bateria autonomoak<br>(Ni-Cd; 75 min.)    |
| Atalaren osaera<br>(2. oharra)        | Aluminio-proiektzioa (R)<br>Aluminio-estrusioa<br>Altzairu herdoilgaitza | Aluminio-injekzioa (R)<br>Aluminio-estrusioa<br>Altzairu herdoilgaitza   | Aluminio-estrusioa (R)<br>Estanpazioa   | Aluminio-estrusioa (R)<br>Estanpazioa edo Altzairurtua                               |
| Hermetikotasuna<br>EN - 60.598        | IP 65  | IP 65  | IP 65   | IP 67  |
| Segurtasun elektrikoa<br>UNE - 20.314 | I. klasea (R)<br>II. klasea  | I. klasea (R)<br>II. klasea  | I. klasea (R)<br>II. klasea   | I. klasea (R)<br>II. klasea  |
| Itxiera                               | Beira  | Beira  | Beira   | Abagunearen hormetako<br>batezbesteko luminantzia,<br>gehienez ere 2 metroko altuera |
| Errendimenduak:                       | > %65  | > %65  | >%60  | >%60   |

## 10.3.1.1. – Tabla

| Tipo de luminaria                   | Tipo A  | Tipo B  | Tipo C  | Tipo D   |
|-------------------------------------|---|---|---|--|
| Sistema óptico                      | Cerrado   | Cerrado   | Cerrado   | Cerrado  |
| Fotometría                          | Simétrico Contraflujo   | Simétrico   | Simétrico   | Simétrico  |
| Capacidad                           | Hasta:<br>400 W s.a.p. (R)<br>250 W<br>150 W                        | Hasta:<br>400 W s.a.p.(R)<br>Hasta:<br>2 x 165 W inducción<br><br>Hasta:<br>180 W s.b.p.<br>2 x 90 W.<br>2 x 35 W | Hasta:<br>2 x 58 W fluorescente (R)<br>2 x 36 W<br><br>Hasta:<br>2 x 55 W fluorescente compacta | Hasta:<br><br>18 W fluorescente<br>Kit baterías autonomo<br>(Ni-Cd; 75 min.)   |
| Composición<br>Cuerpo<br>(Nota 2)   | Inyección<br>aluminio (R)<br>Extrusión aluminio<br>Acero inoxidable | Inyección<br>aluminio (R)<br>Extrusión aluminio<br>Acero inoxidable   | Extrusión<br>aluminio (R)<br>Estampación  | Extrusión<br>aluminio (R)<br>Estampación o Acero moldeado  |
| Hermeticidad<br>EN - 60.598         | IP 65   | IP 65   | IP 65   | IP 67  |
| Seguridad eléctrica<br>UNE - 20.314 | Clase I (R)<br>Clase II   | Clase I (R)<br>Clase II   | Clase I (R)<br>Clase II   | Clase I (R)<br>Clase II  |
| Cierre                              | Vidrio  | Vidrio  | Vidrio  | La luminancia media de las<br>paredes en la zona de umbral,<br>hasta una altura de 2 m, debe ser<br>similar a la luminancia media de la<br>superficie de la calzada, admitiéndose un valor del 60% del valor de<br>la luminancia media en la calzada<br>para las paredes |
| Rendimientos:                       | > 65%   | > 65%   | > 60%   | > 60%  |

1. oharra: (R) sinboloak adierazten du ezen, taulan ezarritako posibilitateen artean, sinbolo hori daramatenak direla gomendagarriak

2. oharra: Aurrerapen teknologikoen joeren arabera, material plastikoak erabiltzen dira luminariaren atal nagusian, eta suaren kontrako prestazio hobetoak ziurtatzen dira. Kasu honetan, era horretako irtenbideak hautatuko lirateke irtenbideok erkatu badira

Nota 1: El símbolo (R) significa que, entre las posibilidades establecidas en la tabla, resultan recomendables las que llevan dicho símbolo.

Nota 2: Los avances tecnológicos tienden al uso de materiales plásticos para el cuerpo de las luminarias, asegurando mejores prestaciones frente al fuego. En ese caso se optaría por este tipo de soluciones si están contrastadas.

## DISEINU SEGURURAKO JARRAIBIDE TEKNIKOAK TUNELAN

### (IV) AIREZTAPENA

#### 1. XEDEA

Jarraibide Tekniko honen xedea Bizkaiko Foru Aldundiaren eremu geografikokoak diren tunelen ustiapenean, zerbitzuan jartzean, eraikuntzan, proiektuan eta plangintzan aireztapen sistema betetzeko kalkuluak eta xedapen eta zehaztapen teknikoak betetzea da.

Bizkaiko Foru Aldundiak ezarritako helburuak betetzea da dokumentu honen xedea.

Tuneletako plangintza-egileari, proiektu-egileari, eraikitzaileari edo ustiatzaileari lagungarri izango zaien gida bat eman nahi da, nork bere etapen segurtasunaren eskakizunei buruzko diseinua, eraikuntzaren, prestaketaren eta ustiapenaren gaineko jarraibide teknikoak izan dezaten; hala, horien jarraibidearen edukia landu ahal izango dute.

Herri administrazioaren eskakizunak teknikoki zehaztea, eskatzekoa den lege markoaren eginkizuna bete dezaten.

Errepideetako tunelen ustiapenean zerbitzu-maila altuari eustea, tunelen barruan dauden pertsonen segurtasuna eta ongizatea hobetuz, baita tunelen kudeaketa ekonomikoa hobetzen laguntzea ere.

#### 2. DOKUMENTUAREN NORAINOKOA

Jarraibide tekniko hau zerbitzuan dauden tuneletan eta oraindik ustiatu gabe, zerbitzuan jartzeko prozesuan, eraikuntza-fasean, proiektu-fasean edo plangintza-fasean aurkitzen diren tuneletan aplikatuko da, betiere Bizkaiko Lurralde Historikoko errepideen sarearen barnean badaude, Bizkaiko Errepideei buruzko otsailaren 18ko 2/1993 Foru Araua eta tunelen errepideetako segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuaren 2. artikuluan ezarritakoa aintzat hartuta.

Jarraibide teknikoaren bidez nahitaez bete beharreko segurtasun-betekizunak definitzen dira.

Jarraibide hau argitaratzen den unean zerbitzuan jartzeko prozesuan edo eraikuntza-fasean aurkitzen diren tunelak, jarraibidean jasotako betekizun zehatz batzuk praktikan bete ezin diren edo proportziorik gabeko kostua duten konponbide teknikoen gauzatu beharreko kasuetan, Administrazio Agintariak arriskua murrizteko bestelako neurriak aplikatzeko baimena emango du, baldin eta arriskua murrizteko neurri horiek segurtasun maila bera edo handiago eskaintzen badute. Tunelaren kudeatzaileak, neurri horiek proposatu dituenak, horien eraginkortasuna egiaztatzea behar du, Arrisku Azterketaz baliatuta.

Txosten hori Ikuskapen Erakundeak auditatuko du, eta horrek Administrazio Agintariari Segurtasun Irizpidea igorriko dio. Hain zuzen ere, beharrezkoa izango da horren aldeko balorazioa Administrazio Agintariaren baimena eskuratzeko.

Tunelaren kudeatzaileak, zuzenean edo kontratista edo ustiatzen duen enpresaren bidez (kudeatzaile ordezkariak), errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 5. artikulua betetzen dela bermatzeko beharrezko giza baliabideak eta baliabide materialak jarriko ditu, eta bereziki, ikuskapen organoaren ikuskapenetan, probetan, entseguetan, ikuskapen, gainbegiratzeko eta ebaluazio-zereginetan, jardute-protokoloen simulakro edo simulazioetan, bai eta lanetan segurtasunerako baldintzak bermatzeko ere (adibidez: erriak ixtea, seinaleak jartzea).

#### 3. KODEAK, ARAUAK ETA ARAUDIAK

Ondorengo arauetan eta araudietan aireztapen sistemarekin lotutako alderdiren bat aipatzen da.

- A.I.P.C.R.ren gomendioak (P.I.A.R.C.).
- UNE arauak.
- IN 5510-2 (2007) ...Brennverhalten und Brandnebenerscheinungen von Werkstoffen und Bauteilen; Klassifizierungen, Anforderungen und PrCGfverfahren. (Fire behaviour

## INSTRUCCIONES TÉCNICAS PARA DISEÑO SEGURO DE TÚNELES

### (IV) VENTILACIÓN

#### 1. OBJETO

La presente Instrucción Técnica tiene por objeto definir las disposiciones y especificaciones de carácter técnico y cálculos que debe satisfacer el Sistema de Ventilación en los túneles en explotación, puesta en servicio, construcción, proyecto y planeamiento, pertenecientes al ámbito geográfico de la Diputación Foral de Bizkaia.

Este documento persigue los siguientes objetivos establecidos por la Diputación Foral de Bizkaia.

Disponer de una guía que sirva de ayuda al planificador, proyectista, constructor o explotador de túneles en carretera para que, cada uno en las etapas de su incumbencia, tenga una instrucción técnica clara de diseño, construcción, puesta en servicio y explotación sobre los requerimientos de seguridad que le permita desarrollar sus cometidos.

Concretar técnicamente las exigencias de la Administración Pública, de forma que sirvan de marco legal exigible.

Mantener un elevado nivel de servicio en la explotación de túneles viarios, incrementando la seguridad y bienestar de las personas en su interior, así como contribuir a la mejor gestión económica de los túneles.

#### 2. ALCANCE DEL DOCUMENTO

La presente Instrucción técnica se aplicará a los túneles en servicio y a los túneles que aún no estando en explotación, se encuentran en fase de puesta en servicio, en fase de construcción, en fase de proyecto o en fase de planeamiento, de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según Norma Foral 2/1993, del 18 de febrero de Carreteras de Bizkaia y según la definición de túnel establecida en el artículo 2 del Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

La Instrucción técnica define los requisitos de seguridad que serán de obligado cumplimiento.

Para túneles en servicio o en construcción en el momento de publicación de la presente Instrucción, en el caso de que determinados requisitos indicados en la instrucción solo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas de imposible ejecución en la práctica o que tengan un coste desproporcionado, la Autoridad Administrativa podrá autorizar que se apliquen otras medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando estas medidas de reducción del riesgo den lugar a un nivel equivalente o mayor de seguridad. El Gestor del Túnel, proponente de estas medidas, deberá justificar la eficacia de las mismas mediante un Análisis de riesgo.

Este informe será auditado por el Organismo de Inspección, quien remitirá a la Autoridad Administrativa un Dictamen de Seguridad, cuya valoración favorable será necesaria para obtener la autorización de la Autoridad Administrativa.

El gestor del Túnel, directamente o a través del contratista o empresa explotadora (gestores delegados), deberá poner los recursos materiales y humanos necesarios para garantizar el cumplimiento del DFST (DF 135/2006, de 23 de agosto, artículo 5), y particularmente en la ejecución de las inspecciones del Organismo de Inspección, pruebas, ensayos, tareas de inspección, supervisión y evaluación así como la realización de simulacros o simulaciones de protocolos de actuación, y para garantizar las condiciones de seguridad en los trabajos (ej. Cortes de carril, señalización).

#### 3. CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

Las siguientes Normas, y Directivas hacen referencia a algún aspecto relacionado con el Sistema de Ventilación.

- Recomendaciones de la A.I.P.C.R. (P.I.A.R.C.).
- Normas UNE.
- IN 5510-2 (2007) ...Brennverhalten und Brandnebenerscheinungen von Werkstoffen und Bauteilen; Klassifizierungen, Anforderungen und PrCGfverfahren. (Fire behaviour

and fire side effects of materials and parts; classification, requirements and test methods).

- ISO 6944: Fire resistance test ventilation on ducts.
- FGSV 339:RABT: Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Strassentunneln. Guidelines of the equipment and operation of road tunnels. 1994.
- Gares souterraines et mixtes (quais des parties souterraines). ascenseurs, escaliers mécaniques, désenfumage, etc.
- Norme di prevenz one incende selle metropolitane. Ministero del Transporti, Republica Italiana. 1988.
- CIE 88-1990: Guide for the Lighting of road tunnels and underpass.
- VDI 2053-Blatt 1 Air treatment systems for garages and tunnels (12.1998).
- VDI 6029 : Ventilation plants for tunnels. Strassentunnel (2000)
- Europako Parlamentuak eta Kontseiluak 2004ko apirilaren 29an emandako 2004/54/CE Zuzentaraua, errepideen Europaz gaindiko sareko tuneletarako segurtasunaren gaineko gutxieneko eskakizunei buruzkoa. 500 m-tik gorako tunelei aplikatzekoa.
- 2004/54/CE Zuzentaraan jasotako okerren zuzenketa.
- Maiatzaren 26ko 635/2006 Errege Dekretua, Estatuko errepideetako tuneletan izan beharreko segurtasunaren gutxieneko betekizunei buruzkoa.
- 2006ko uztailaren 31ko 635/2006 Errege Dekretuan jasotako okerren zuzenketa.
- Abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretua, errepideetako tunelen segurtasunari buruzkoa, Bizkaiko Foru Aldundiaren Gobernu Batzordeak 2006ko abuztuaren 23ko bileran onetsitakoa.
- Circulaire n° 2006-20 du 29/03/2006, BO Equipement n° 2006-7 du 25/04/2006 anula a circulaire interministérielle n° 2000-63 du 25/08/2000, à l'exception de son annexe 2 qui demeure en vigueur pour les tunnels du réseau routier national.
- ASHRAE American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc. PIARC gomendioak errepideko tuneletarako.
- UNE 10001:2001 Aire egokitua. Proiektuetarako baldintza klimatikoak.
- UNE 12101-62006 Ebaluazio bideak presurizazioaren bidez babestea.

#### 4. TUNELETAKO AIREZTAPENA

##### 4.1. Sarrera

Tuneletik doazen ibilgailuen trafikoaren ondorioz, gasez eta kez beteriko giro kutsatua sortzen da tunelean, gehienbat CO eta nitrogeno oxidoak; izan ere, arriskutsuak dira gas eta ke horiek pertsonentzat, alde batetik osasunaren arloari dagokionean, zeren eta zorabioak edo okak eragiten baitituzte substantzia horien kontzentrazioaren arabera; bestalde, trafikoan bertan ere arazoak sortzen dira, ikuspena murrizten dutelako eta, beraz, istripuak izateko posibilitateak handitzen direlako. Horretaz gain, sua dagoenean, aireztapenak eginkizun garrantzitsua betetzen du.

Abiapuntu hori izanik, atal honetan azaltzen diren puntuen xedea erabili beharreko aireztapen-mota definitzea da. Halaber, aireztapen sistema diseinatzerakoan kontuan hartu beharreko gutxieneko puntuak ere azalduko dira atala honetan, sistema horrek tunelaren ohiko funtzionamenduan dagoen zirkulazioak eragindako CO eta keen maila onargarrietan murriztu ditzan. Bestalde, larrialdietako aireztapen sistema diseinatzeko oinarritzko irizpideak ere azalduko dira, erabiltzaileek larrialdietan segurtasunez alde egin dezaten tuneletik.

Tunelaren barruko aireztapen sistemak erlazio zuzena duenez tuneletik doan trafikoarekin eta sutea gertatzeko posibilitatearekin, jarraian horren gaineko zenbait kontzeptu garatuko dira, baita dokumentuan zehar aipatuko direnak ere.

and fire side effects of materials and parts; classification, requirements and test methods).

- ISO 6944: Fire resistance test ventilation on ducts.
- FGSV 339:RABT: Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Strassentunneln. Guidelines of the equipment and operation of road tunnels. 1994.
- Gares souterraines et mixtes (quais des parties souterraines). ascenseurs, escaliers mécaniques, désenfumage, etc.
- Norme di prevenz one incende selle metropolitane. Ministero del Transporti, Republica Italiana. 1988.
- CIE 88-1990: Guide for the Lighting of road tunnels and underpass.
- VDI 2053-Blatt 1 Air treatment systems for garages and tunnels (12.1998).
- VDI 6029 : Ventilation plants for tunnels. Strassentunnel (2000).
- Directiva 2004/54/CE del parlamento Europeo y del consejo, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras. Aplicable a túneles de más de 500 m.
- Corrección de errores de la Directiva 2004/54/CE.
- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- Corrección de errores del Real Decreto 635/2006.
- Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras, aprobado por el Consejo de Gobierno de la Diputación Foral de Bizkaia, en reunión de 23 de agosto de 2006.
- Circulaire número 2006-20 du 29/03/2006, BO Equipement número 2006-7 du 25/04/2006 anula a circulaire interministérielle número 2000-63 du 25/08/2000, à l'exception de son annexe 2 qui demeure en vigueur pour les tunnels du réseau routier national.
- ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc. Recomendaciones PIARC para túneles de carretera.
- UNE 10001:2001 Climatización. Condiciones climáticas para proyectos.
- UNE 12101-62006 Protección de las vías de evacuación mediante presurización.

#### 4. LA VENTILACION EN TUNELES

##### 4.1. Introducción

Consecuencia del tráfico de vehículos por el túnel, en su interior se producirá un ambiente polucionado por gases y humos, fundamentalmente CO y óxidos de nitrógeno, los cuales son un riesgo para las personas tanto desde el punto de vista sanitario, puesto que pueden producir mareos o vómitos en función de su concentración, como problemas en el tráfico en sí, puesto que disminuyen la visibilidad y por tanto elevan las posibilidades de accidentes. Además de ello, en caso de incendio, la ventilación tiene un importante papel.

Partiendo de esta base, los puntos que en este apartado se exponen, tienen como misión definir el tipo de ventilación a utilizar. Así mismo, se indican aquellos puntos que se consideran mínimos a tener en cuenta en el diseño del Sistema de Ventilación, a fin de que éste consiga reducir a límites aceptables los valores de CO y humos provenientes de la circulación en el interior del túnel durante el Funcionamiento Normal. Por otra parte, se indican también aquellos criterios básicos para diseñar un Sistema de Ventilación de Emergencia que permita a los usuarios abandonar el túnel en condiciones de seguridad en caso de emergencia.

Puesto que el Sistema de Ventilación dentro de un túnel tiene una relación directa con el tráfico que discurre por él, así como con la posibilidad de un incendio, a continuación se desarrollan algunos conceptos referentes a ello, y a los que a la largo del documento se hará referencia.

## 4.2 Trafikoaren gaineko azterlana eta ezaugarriak

### 4.2.1. Oharbide orokorrak

Honako atal honetan soilik trafikoarekin zerikusia duten zenbait kontzeptu nabarmendu nahi dira, aireztapen sistemarekin duten erlazioa definitzeko modua emango dutenak.

Hauexek dira erabili ohi diren parametroak: errei edo tunel baten ahalmena, ibilgailuei baimendutako abiadura, zirkulazioaren intentsitatea, ibilgailuen dentsitatea eta gasen igorpena. Jarraian garatuko dira kontzeptu horiek.

### 4.2.2. Bidearen ahalmena

Errei, tunel-zulo edo tunel osoaren ahalmena agertzen da kalkulutan.

Bidearen ahalmena orduko ibilgailuen kopuruetan neurtzen da, hots, tuneletik igaro daitekeen gehieneko ibilgailu-kopurua abiadura uniforme bat kontsideratuz. Zirkulazioaren abiaduraren eta zirkulazio horretan doazen ibilgailuen aurreko aldean arteko gutxieneko tartearan arabera izango da balio hori; izan ere, zirkulazioa gidariaren zein bidearen eta ibilgailuaren arabera izango da.

Hona hemen bidearen ahalmenaren faktoreak: erreien zabalera, bide-bazterren zabalera, alboko oztopoak (zintarria, adibidez), errei osagarriak, maldak dituen trazaketa eta, jakina, zoladura ere bai. Horretaz gain, garrantzitsua da trafiko-mota, bidetik doazen ibilgailu astunen, zirkulatzeko abiaduraren eta abarren ehunekoari dagokionez.

Eginiko azterlanek dakartenez, biderik egokienaren gehieneko ahalmena orduko eta erreiko 2.200 - 2.400 ibilgailukoa da autopistetan eta autobideetan; ahalmen praktikoa, ordea, aipaturiko faktoreak gehituta lortuko da.

### 4.2.3. Zirkulazioaren intentsitatea

Nahiz eta bidearen ahalmen jakin bat izan daitekeen, faktoreek trafikoaren dentsitateak emango dizkigute orduko ibilgailuen kopuruetan, zeren eta bidea norabide bakarreko trafikokoa edo bi norabideko trafikokoa izan baitaiteke, baita baimendutako zirkulazio abiadura eta errei-kopurua ere.

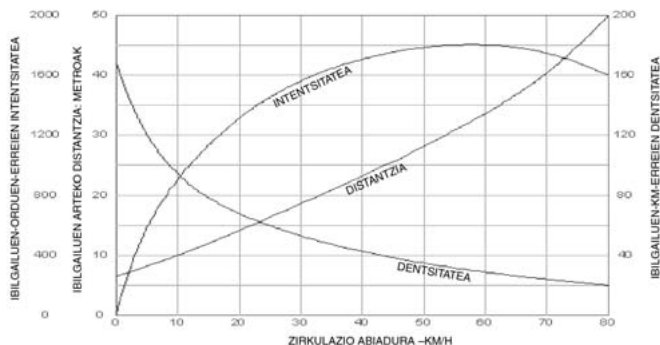
Orduen gehieneko intentsitatea oinarritzat hartuta eta egunean zehar hainbat intentsitate daudela kontuan izanik, beste parametro bat erabiltzen da, erabiliena hain zuzen: eguneko batezbesteko intentsitatea. Bidean auto-pilaketak sortuko dira orduko eta errei bakoi-tzeko 2000 ibilgailu daudenean.

### 4.2.4. Zirkulazioaren dentsitatea

Intentsitatearen eta zirkulazio abiaduraren balioak abiapuntutzat hartuta, zirkulazio dentsitatea lortzen da, hots, errei kilometro bakoi-tzeko dagoen auto-kopurua.

### 4.2.5. Parametroen arteko erlazioa

Hiru parametrorik garrantzitsuenen arteko erlazioak ezar daitezke: zirkulazio abiadura, orduen intentsitatea eta intentsitatea, ondoko grafikoan agertzen denez.



## 4.2. Estudio y características principales del tráfico

### 4.2.1. Consideraciones generales

En el presente apartado solamente se pretende destacar algunos conceptos relacionados con el tráfico que permitan definir su relación con el Sistema de Ventilación.

Los parámetros que normalmente se manejan son, la capacidad de un carril o túnel, velocidad permitida de vehículos, intensidad de circulación, densidad de vehículos y emisión de gases. A continuación se desarrollan estos conceptos.

### 4.2.2. Capacidad de la vía

En los cálculos aparece la capacidad tanto de un carril, de un tubo, o del conjunto del túnel.

La capacidad se mide en vehículos/hora, es decir, el máximo número de vehículos que puede pasar por él suponiendo una velocidad uniforme. Este valor viene dado en función de la velocidad de circulación y la separación media mínima entre los frontales de los vehículos a esa velocidad de circulación, la cual depende tanto del conductor como de la propia vía y vehículo.

Los factores que intervienen en la capacidad de una vía son, la anchura de carriles, anchura de arcones, obstáculos laterales como bordillo por ejemplo, carriles auxiliares, trazado con pendientes, y lógicamente el pavimento. Además de ello, es importante el tipo de tráfico en cuanto al porcentaje de vehículos pesados en la vía, velocidad de circulación, etc.

Estudios realizados indican que la capacidad máxima de una vía ideal es del orden de 2.200 - 2.400 vehículos/hora por carril en el caso de Autopista y Autovía, no obstante, la capacidad práctica se obtendrá incorporando los factores señalados.

### 4.2.3. Intensidad de circulación

Aunque la capacidad de la vía pueda ser una determinada, los distintos factores nos darán las intensidades del tráfico en vehículos/hora, ya que la vía puede ser en tráfico unidireccional o bidireccional, velocidad de circulación permitida y número de carriles.

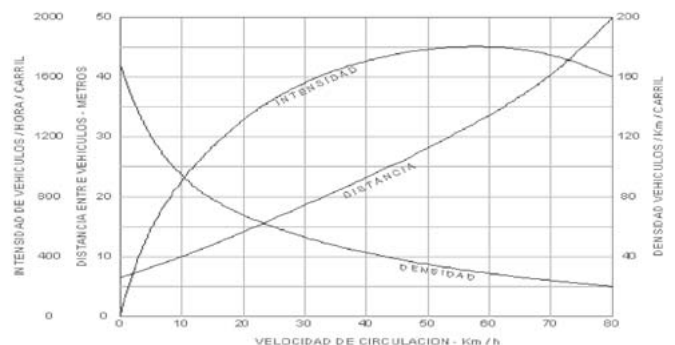
Basado en la intensidad máxima horaria, IMH, y teniendo en cuenta que existen distintas intensidades a lo largo del día, se maneja otro parámetro que es el más utilizado, la Intensidad Media Diaria, IMD. Se considera que la vía alcanza la situación de congestión cuando la intensidad es del orden de 2000 veh/hora carril.

### 4.2.4. Densidad de circulación

A partir de los valores de intensidad y de la velocidad de circulación, se obtiene la densidad de circulación, entendiéndola como el número de vehículos por km de carril.

### 4.2.5. Relación entre parámetros

Se pueden correlacionar los tres parámetros más importantes, velocidad de circulación, intensidad horaria, y la densidad, tal como se indica en la siguiente gráfica.



## 4.3. Suaren/kearen jokabidearen gaineko azterlana

Bi dira gehienbat sua eragiten dutenak: ibilgailuko akatsa edo istripua. Edozelan ere, kalterik handienak gorabeheran ibilgailu astunak direnean gertatzen dira.

## 4.3. Estudio del comportamiento de fuego/humo

Las causas posibles y más frecuentes de un incendio son, o bien por fallo del propio vehículo, o por accidente. En cualquier caso, los daños más significativos se producen cuando en el incidente se ven involucrados los vehículos pesados.

Suak aireztapen sisteman izan ditzakeen ondorioei dagokienez, azpimarragarrienak sortzen diren gasak eta keak dira, zeren eta gorabeherak izan bitartean tuneleko ikuspena murrizten baitituzte eta arnasa hartzea zailtzen baitute; gainera, suaren sorlekuan temperatura handia izaten denez, irradiazio arazoak izaten diren, giroko tenperatura handia, etab.

Beste faktore garrantzitsu bat suaren bilakaera da, betiere denborari dagokionez; izan ere, suaren gehieneko eboluziora arteko denbora zenbat eta handiagoa izan, orduan eta jarduteko denbora marjina handiagoa izango da pertsonak ebakuatzeko eta laguntzako ekipoa tunelean sartu ahal izateko.

Jarraian, kontzeptu horiek landuko dira.

**4.3.1. Sute baten su-karga, definizioa eta aplikazioak**

Sua eragin duen sorburuak giroko airean askaturiko kaloria energiari deritzogu suak duen potentzia.

Jarraian, tunelaren aireztapenaren proiekturako oinarritzat hartu beharreko balio nagusienak agertuko dira, PIARC-eko batzordeak lortuak:

| Ibilgailu-mota                       | Gehieneko potentzia (MW) |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Autoa .....                          | 2,5 - 5                  |
| 2-3 auto .....                       | 8                        |
| Furgoneta .....                      | 15                       |
| Autobusa / Merkantzien kamioia ..... | 20 - 30                  |
| Zisterna .....                       | >100                     |

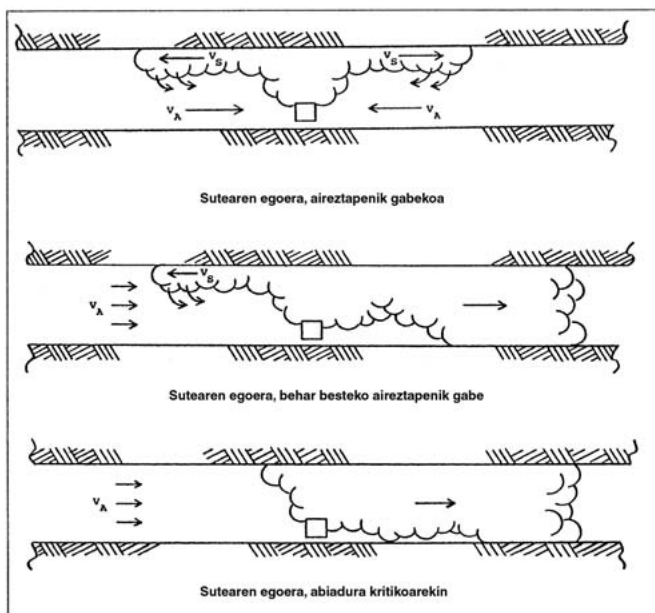
Geroago ikusiko dugunez, larrialdietako aireztapenean kontsideratu beharreko emaria kalkulatzeko beharrezko abiadura kritikoari buruzko azterlanean egingo da parametro honen aplikazio praktikoa.

**4.3.2. Kearen jokabidea tuneletan**

Lehenik eta behin, ibilgailu-mota ezberdinek eragindako emaria emango dugu PIARC batzordearen datuak oinarritzat hartuz:

| Ibilgailu-mota                       | Kearen produkzioa (m3/s) |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Autoa .....                          | 20                       |
| 2-3 auto .....                       | 30                       |
| Furgoneta .....                      | 50                       |
| Autobusa / Merkantzien kamioia ..... | 60 - 90                  |
| Zisterna .....                       | 100 - 200                |

Oro har, keak sute batean duen jokabidea ondoren ikus daitekeena da:



Horrek esan nahi du tunelean aire-korronterik ez badago eta tunelak maldarik ez badu, kea berdintsu hedatzen dela bi norabideetan. Hasierako uneetan sabaian egongo da kea eta bertatik mugituko da, eta denbora jakin bat igarota eta sabaia ukitzean sortzen

Desde el punto de vista de las consecuencias de un incendio sobre el Sistema de Ventilación, lo destacable son los gases y humos que se producen, puesto que reducen la visibilidad en el túnel durante el incidente y dificultan la respiración, y la temperatura alcanzada en el foco del incendio, con los correspondientes problemas de radiación, temperatura ambiente, etc.

Otro factor importante, es la evolución del incendio en cuanto al tiempo, ya que a un mayor tiempo de evolución hasta el desarrollo máximo, la evacuación de las personas y la entrada al túnel de los equipos de apoyo y extinción dispondrán de un mayor margen de maniobra.

A continuación se desarrollan los conceptos mencionados.

**4.3.1. Carga de fuego de un incendio, definición y aplicaciones**

Denominamos potencia de fuego a la energía calorífica liberada al ambiente por el foco productor.

A continuación se indican los valores más representativos a tomar como base para el proyecto de la ventilación de un túnel, obtenidos del comité de PIARC:

| Tipo de vehículo                     | Potencia Máxima (MW) |
|--------------------------------------|----------------------|
| Turismo .....                        | 2,5 - 5              |
| 2-3 turismos .....                   | 8                    |
| Furgoneta .....                      | 15                   |
| Autobús / Camión de mercancías ..... | 20 - 30              |
| Cisterna .....                       | >100                 |

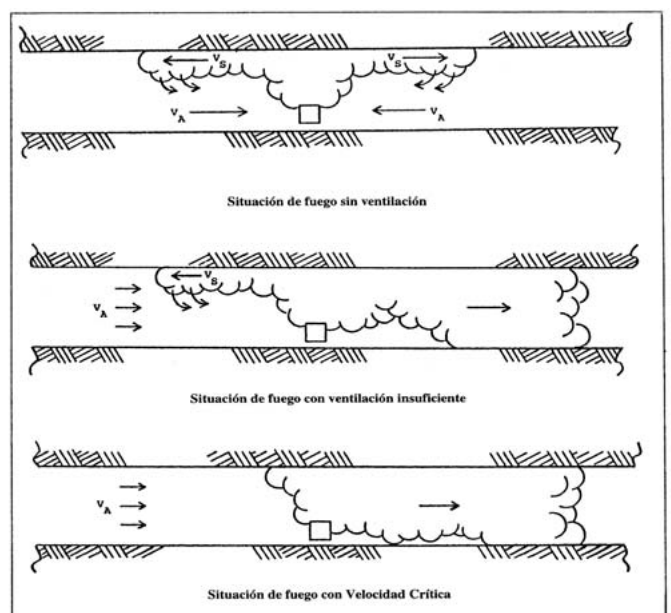
La aplicación práctica de este parámetro, como se verá posteriormente, será en el estudio de la velocidad crítica necesaria para el cálculo del caudal a considerar en la ventilación de emergencia.

**4.3.2. Comportamiento del humo en los túneles**

En primer lugar indicaremos el caudal producido por distintos tipos de vehículos en base a los datos del comité de PIARC:

| Tipo de vehículo                     | Producción de humo (m3/s) |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Turismo .....                        | 20                        |
| 2-3 turismos .....                   | 30                        |
| Furgoneta .....                      | 50                        |
| Autobús / Camión de mercancías ..... | 60 - 90                   |
| Cisterna .....                       | 100 - 200                 |

De forma genérica se considera que el comportamiento del humo en un incendio, es el que puede verse a continuación:



Lo que ello significa es que en condiciones de no existencia de corriente de aire en el túnel, y si este no tiene pendiente, el humo se distribuye por igual en ambas direcciones. En los primeros momentos permanece y se desplaza a lo largo del techo y al cabo de un

den hozte-efektuaren ondorioz, sekzio-multzoan hasten da erortzen eta gune osoa hartuko du.

Aireztapen nagusia egonez gero, edo aire baxuko abiadura eragiten duen txorrotako haizegailuekin jarduten bada, kea norabide horretan zabalduko da, baina horren flotagarritasuna dela medio, zati bat sutearen ibaian gora itzuliko litzateke, backlayering bezala ezagututakoa.

Kutsagarrien hodeia itzultzea saihesten duen airearen abiadura abiadura kritikoa bezala definitzen da, eta hori tunelaren maldaren, sutearen potentziaren eta zeharkako sekzioaren geometriaren arabera izango da.

Suaren potentziaren arabera izango da sekzio osoa hartu baino lehen eginiko bidea.

Honako hauek hartzen dira abiapuntuko datutzat, PIARC batzordearekin bat etorritz:

| Suaren potentzia | Kea mugitzeko abiadura | Desestratifikazio aurreko denbora |
|------------------|------------------------|-----------------------------------|
| 20 MW            | 2,2 m/s                | 5 min.                            |
| 50 MW            | 3,4 m/s                | 3 min.                            |

Aipaturiko kontzeptu horren aplikazioa abiadura kritikoren gaineko azterlanean ikusiko dugu geroago.

#### 4.3.3. *Temperatura/denboraren gaineko azterlana suaren garapenean*

Esan bezala, hasierako uneetan ke-geruza sabaitik mugitzen da, eta orduantxe izango da ebakuaziorako denbora. Arazo nagusia, funtsean, penatxoak eragindako bero-irradiazioa izango dugu.

Erabilitako babes-jantzien arabera izango da gizakiak irradiazioa jasateko duen gaitasuna. Pertsona bat ebakutzeko atalaseko balioa 2 kW/m<sup>2</sup>-koa dela uste da; erreskate taldeek, ordea, jantzi egokiak dituztenez gero, gehienez 30 minutuan 5 kW/m<sup>2</sup>-ko mailak jasan ahal izango dituzte.

Pertsona bat aire beroaren korrantean badago, tenperaturaren arabera izango da jasan dezakeen beroa. Ebakuazioa egin ahal izateko, tenperatura gehienez 80°C-koa izan beharko litzateke, eta 15 minutuz jasan daiteke tenperatura hori.

Honako hauek hartzen dira abiapuntuko datutzat, PIARC batzordearekin bat etorritz:

| Ibilgailu-mota            | Gehieneko tenperaturak (°C) |
|---------------------------|-----------------------------|
| Autoa .....               | 400                         |
| Autobusa .....            | 700                         |
| Merkantzien kamioiak..... | 1000                        |
| Zisterna .....            | 1200 - 1400                 |

Suaren sorburuaren eta keen tenperatura oso garrantzitsua bada ere, are garrantzitsuagoa da suak denboran izandako bilakaera, zeren eta denbora horiek ematen baitute gorabeheran inplikaturak dauden erabiltzaileak salbatzeko posibilitatea. Eginiko entseguak eta gomendio nazionalen emandako kurbak abiapuntutzat hartuta, hasierako 10 minutuan (potentzia txikiena duten suteetarako ere bai) gehieneko balioa lortzen da eta nolabaiteko jaitsiera azkarra ikusten da, betiere su-motaren arabera. Hala eta guztiz ere, desadostasunak daude gehieneko balioan eta jaitsiera etapen egondako denbora finkatzerakoan.

Denboraren eboluzioa errazteko, gehieneko potentziaren arabera grafiko normalizatua egin ohi da.

cierto tiempo y por efecto del enfriamiento por el contacto con él, acaba empezando a caer sobre el conjunto de la sección ocupando todo el espacio.

Si existiese una dirección de ventilación predominante o se operase con los ventiladores de chorro induciendo una velocidad del aire baja, el humo tenderá a propagarse en dicha dirección, aunque debido a la flotabilidad una parte del mismo tenderá a producir un retorno aguas arriba del incendio también conocido como backlayering.

La velocidad del aire que evita el retorno de la nube de contaminantes se denomina velocidad crítica, la cual depende de la pendiente del túnel, la potencia del incendio y la geometría de la sección transversal.

La longitud recorrida antes de ocupar toda la sección dependerá de la potencia de fuego.

Como datos de partida se consideran los siguientes, de acuerdo al comité de PIARC:

| Potencia de fuego | Velocidad de desplazamiento del humo | Tiempo previo a la desestratificación |
|-------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 20 MW             | 2,2 m/s                              | 5 min.                                |
| 50 MW             | 3,4 m/s                              | 3 min.                                |

La aplicación de este concepto se verá posteriormente durante el estudio de la velocidad crítica.

#### 4.3.3. *Estudio de temperatura/tiempo en el desarrollo del incendio*

Como se ha comentado, durante los primeros momentos, la capa de humo se desplaza por el techo, y es entonces el momento en el que se dispone del tiempo para la evacuación. El problema por tanto es fundamentalmente la radiación de calor producida por el penacho.

La capacidad del ser humano de soportar la radiación depende de las prendas de protección empleadas. Se considera que el valor umbral para la evacuación de una persona están en los 2 kW/m<sup>2</sup>, mientras que los equipos de rescate al disponer de prendas adecuadas, pueden soportar niveles de 5 kW/m<sup>2</sup> hasta un máximo de 30 minutos.

Si una persona se ve expuesta a una corriente de aire caliente, el tiempo que puede aguantar depende de la temperatura. Se estima que para permitir la evacuación la temperatura no debería pasar los 80°C, siendo soportable hasta 15 minutos.

Como datos de partida se consideran los siguientes, de acuerdo al comité de PIARC:

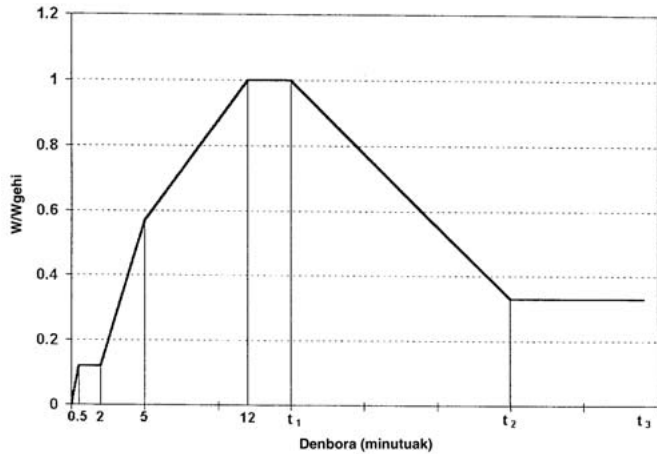
| Tipo de vehículo           | Temperatura máximas (°C) |
|----------------------------|--------------------------|
| Turismo.....               | 400                      |
| Autobús .....              | 700                      |
| Camión de mercancías ..... | 1000                     |
| Cisterna.....              | 1200 - 1400              |

Si bien la temperatura alcanzada en el foco y los humos es muy importante, todavía lo es más la evolución del incendio a lo largo del tiempo ya que estos tiempos son los que determinan la posibilidad de salvamento de los usuarios involucrados en el incidente. A partir de los ensayos realizados y las curvas dadas en las recomendaciones nacionales muestra que en los primeros 10 minutos, incluso para los incendios de menor potencia, se alcanza el máximo y se observa una bajada más o menos rápida dependiendo del tipo de incendio. Existen no obstante, discrepancias a la hora de fijar el tiempo de permanencia en el máximo y la etapa de descenso.

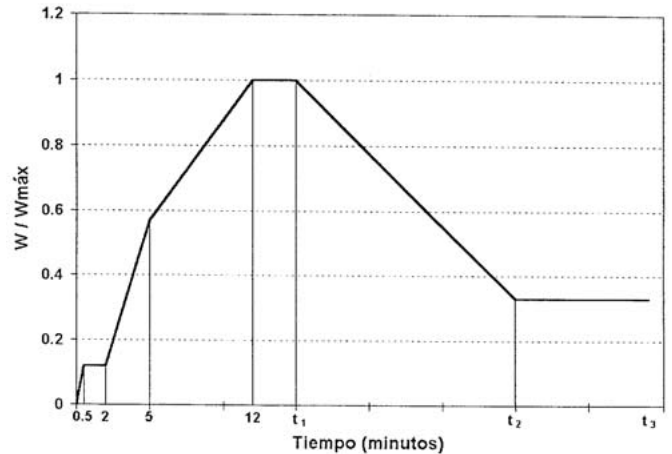
Para simplificar la evolución temporal se realiza una gráfica normalizada por la potencia máxima.



Gaur egun, honelako grafikoa proposatzen da:



Actualmente se propone una gráfica del estilo:



Bertan zehazten da gehieneko balioan eta jaitsieran emandako denbora, su-motaren arabera:

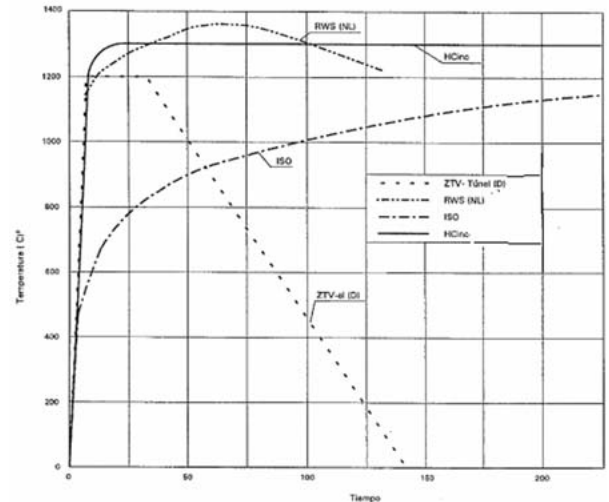
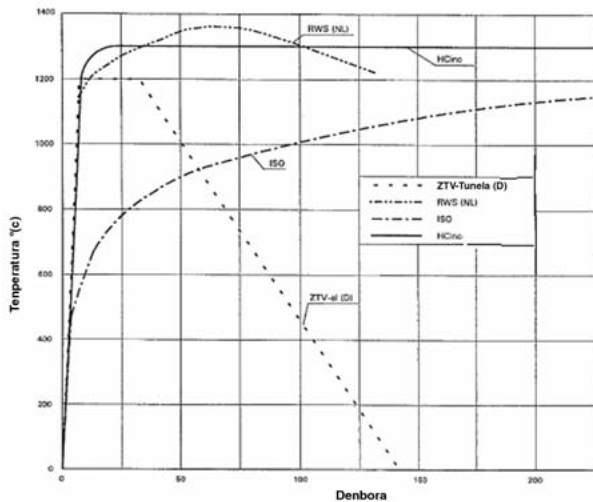
| Suaren potentzia (MW) | Berezko denborak (minutuak) |       |       |
|-----------------------|-----------------------------|-------|-------|
|                       | $t_1$                       | $t_2$ | $t_3$ |
| 15                    | 18                          | 30    | 60    |
| 30                    | 30                          | 60    | 120   |
| 100                   | 60                          | 120   | 240   |
| 300                   | 60                          | —     | —     |

Donde se definen el tiempo de permanencia en el máximo y de bajada según el tipo de incendio:

| Potencia del Incendio (MW) | Tiempos Característicos (minutos) |       |       |
|----------------------------|-----------------------------------|-------|-------|
|                            | $t_1$                             | $t_2$ | $t_3$ |
| 15                         | 18                                | 30    | 60    |
| 30                         | 30                                | 60    | 120   |
| 100                        | 60                                | 120   | 240   |
| 300                        | 60                                | —     | —     |

Temperaturaren eboluzioa moldatzeko, irizpide berak jarraitzen dira, zeren eta lehenengo 5 - 15 minutuetan eboluzio azkarra ikusten baita. Jarraian, RWS kurbak agertuko dira (Holanda, Rikswaterstaat-en erregelen arabera), ZTV (Alemania), ISO (Espainia), HC handituta. Horiek guztiak 1300 °C-ko gehieneko tenperaturarako:

Para modelar la evolución de la temperatura se siguen los mismos criterios, ya que se observa una rápida evolución en los primeros 5 - 15 minutos. A continuación se muestran las curvas RWS (Holanda según las reglas del Rikswaterstaat), ZTV (Alemania), ISO (España), HC incrementada. Todas para una temperatura máxima de 1300 °C:



**4.3.4. Flashover**

Sutea abian jartzen denean, temperatura pixkanaka areagotu egingo da, eta gasen kopurua ere gehitu egingo da. Izan ere, flotagarritasuna dela eta, tunelaren sekzioko goiko aldera igotzen dira. Sutea aire zabalean sortuz gero, sutearen ondorioz sortutako beroa areagotu egingo litzateke. Hala ere, sutea esparru itxietan sortzen bada (adib. tunela), erregaiaren inguruan pilotutako gasek, tenperatura altuarekin, erradiazioaren bidezko energia igortzen dute, eta hori erregaia gasifikatzeko lagungarria izango da, gunearen tenperatura gehituta. Sutea erradiazioaren bidez berriro elikatzekeko prozesu horrekin batera tenperatura asko gehituko da flas-over izeneko ingurunean.

**4.3.4. El flashover**

Cuando se inicia un incendio, la temperatura se va incrementando paulatinamente, aumentando la cantidad de gases generados los cuales por efecto de la flotabilidad se elevan a la parte superior de la sección del túnel. Si el incendio se produjese al aire libre, el calor generado por el incendio se disiparía. Sin embargo, cuando el incendio se produce en recintos cerrados (como es el caso de un túnel), los gases acumulados en las proximidades del combustible, con una temperatura elevada, emiten energía por radiación la cual contribuye a gasificar el combustible existente incrementando la temperatura del foco. Este proceso de re-alimentación del incendio por radiación lleva a un incremento muy importante de la temperatura en las proximidades del foco denominado flash-over.

**4.4. Ebakuazio bideen gaineko azterlana eta definizioa**

**4.4.1. Ebakuazio denborak**

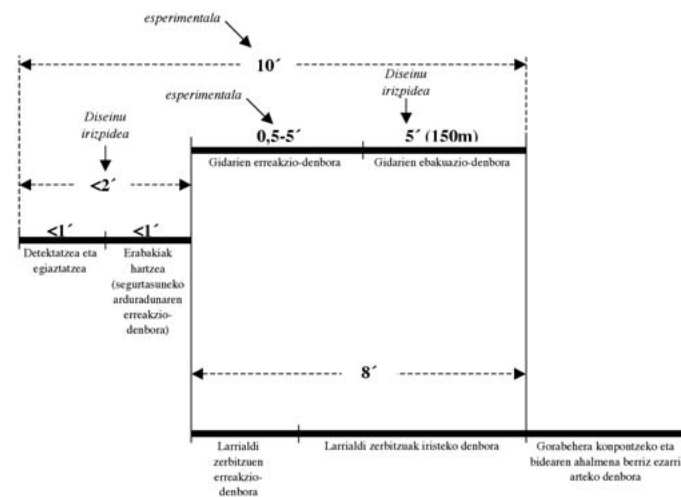
Sua dagoenean, honako denbora hauek hartu behar dira aintzat:  
 — T1: Sua agertzen denetik automatikoki edo eskuz antzeman eta baliozkotzat eman arte.

**4.4 Estudio y definición de las vías de evacuación**

**4.4.1. Tiempos de evacuación**

En caso de incendio, deben considerarse los siguientes tiempos:  
 — T1: Tiempo desde que se produce el incendio hasta que se detecta automática o manualmente y se valida.

- T2: Baliozkotzat ematen denetik sua ebaluatu eta tunela itxi eta ebakutzeko erabakia hartzen denera arte; gidariei informazioa eman eta larrialdietako zerbitzuei deituko zaie.
- T3: Ebakuazioa:
  - T3.1: Gidarien erreakzio-denbora, ebakutzeko agindua jasotzen dutenetik ibilgailutik irten arte.
  - T3.2: Ebakuazio denbora, ibilgailutik irteten direnetik toki seguruan izan arte; tuneletik edo sarrera batetik edo larrialdietako irteera batetik irtengo da.
- T4: Larrialdietako zerbitzuen esku-hartzea:
  - T4.1: Larrialdietako zerbitzuen erreakzio-denbora, deia jasotzen denetik tunelerako joateko bidaia hasten diren arte.
  - T4.2: Tunelera iristeko denbora, bidaia hasten denetik sua itzaltzeko lanak hasten diren arte.
- T5: Sua itzaltzeko eta bidearen ahalmena berrezartzeko denbora.



Datu experimental horietatik abiatuz, denbora hauen araberrako zentzuzko kalkulu hauek egin daitezke:

- $T1+T2+T3 = 10'$  (sua hasten denetik tunelaren barruan dauden pertsonak tuneletik alde egin eta toki segurura iritsi arteko denbora).
- $T1+T2+T4 = 10'$  (sua hasten denetik suhiltzaileek sua itzaltzeko lanei ekiten dieten arteko denbora).
- $0,5' < T3.1 < 5'$  (Gidariak eta bidaiariak abisua jaso eta ibilgailutik alde egin arte behar duten denbora).

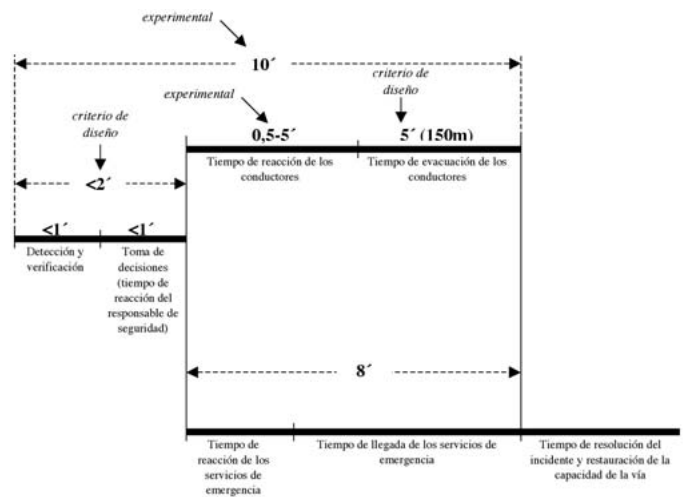
Aurreko denbora horiek enpirikoki finkatuta, honako denbora hauek ezar daitezke diseinu irizpide lez:

- T1+T2. Sua hasten denetik tunela ixteko eta ebakutzeko erabakia hartu arteko denbora 2 minutukoa baino laburragoa dela bermatu behar du segurtasunaren gaineko estrategiak.
- T3.2. Bidaiariak tuneletik alde egiteko ibili beharreko distantziak 5 minutuan toki segurura iristeko modukoa izan behar du.
- T4. Abisua jaso eta gehienez 8 minuturen buruan hasi behar dituzte suhiltzaileek sua itzaltzeko lanak.

#### 4.4.2. Gizakiaren jokabidea horrelako gertaeretan

Ebakuaziorako zenbat denbora dagoen azaldu denez gero, pertsonak hainbat egoeretan darabiltzaten abiadurak jakin behar dira. PIARC-ek emandako datuak abiapuntutzat hartuta, honako hauek kontsideratuko dira:

- T2: Tiempo desde que se valida hasta que se evalúa el incendio y se toma la decisión de cerrar el túnel y evacuar, informando a los conductores, y llamando a los servicios de emergencia.
- T3: Evacuación:
  - T3.1: Tiempo de reacción de los conductores, desde que reciben la indicación de evacuar hasta que abandonan el vehículo.
  - T3.2: Tiempo de evacuación, desde que abandonan el vehículo hasta que alcanzan una situación segura, abandonando el túnel por una boca o por una salida de emergencia.
- T4: Intervención de los servicios de emergencia:
  - T4.1: Tiempo de reacción de los servicios de emergencia, desde que reciben la llamada hasta que inician el viaje hacia el túnel.
  - T4.2: Tiempo de llegada al túnel, desde que inician el viaje hasta que inician las labores de extinción del incendio.
- T5: Tiempo para la extinción del incendio y restauración de la capacidad de la vía.



A partir de datos experimentales, se pueden realizar asunciones razonables sobre los siguientes tiempos:

- $T1+T2+T3 = 10'$  (tiempo desde que se inicia el incendio hasta que las personas dentro del túnel lo abandonan alcanzando un lugar seguro).
- $T1+T2+T4 = 10'$  (tiempo desde que se inicia el incendio hasta que los bomberos comienzan las labores de extinción.).)
- $0,5' < T3.1 < 5'$  (Tiempo que tardan los conductores y viajeros en abandonar el vehículo desde que son avisados).

Habiendo fijado empíricamente los anteriores tiempos, se pueden establecer como criterio de diseño los siguientes tiempos:

- T1+T2. La estrategia de seguridad debe garantizar que el tiempo desde que se produce un incendio hasta que se toma la decisión de cerrar el túnel y evacuar sea inferior a 2 minutos.
- T3.2. La distancia de recorrido de los viajeros para abandonar el túnel debe ser tal que puedan alcanzar un lugar seguro en 5 minutos.
- T4. Los bomberos deben iniciar las labores de extinción del incendio como máximo 8 minutos después de haber sido avisados.

#### 4.4.2. Comportamiento humano en estos eventos

Puesto que ya se ha comentado el tiempo de que se dispone para la evacuación, es necesario conocer las velocidades de desplazamiento de las personas en distintas situaciones. En base a los datos aportados por PIARC, se pueden considerar las siguientes:

| Egoera                                      | Desplazamendu-<br>abiadura<br>(m/s) |
|---|-------------------------------------|
| Kea pilatu ez deneko giroan dagoen pertsona | 1 - 2                               |
| Kea pilatu deneko giroan dagoen pertsona    | 0,5 - 1,5                           |

Pertsona itsu baten kasuan abiadura 0,3 m/s-koa dela kontsideratzen da.

#### 4.5. Aireztapen sistemaren helburuak

Tunelaren aireztapen sistemak, or har, helburu bat du: airearen kalitateari eutsita tunelaren ohiko funtzionamenduan eta sorosten ekipoak sartzeko sarreretan tunelaren segurtasuna bermatzeko sistemetako bat izatea, eta gauza bera larrialdietako ebakuazioan dagoen suaren kea kontrolatuz.

#### 4.6. Ezarri beharreko aireztapen-motak

Tunel guztietan nahitaezko aireztapen-sistemak egon behar dira, automatismo-sistema egokiarekin batera.

Arau hau aplikatzeko eremuan, eta bestelako aireztapen-motek dakartzaten abantailak eta eragozpenak alde batera utzita, aireztapen longitudinala erabiliko da, salbu eta azertu beharreko tunelaren berezitasunak direla-eta diseinatzaileak beste edozein aireztapen-mota erabiltzea beharrezkoa dela frogatzen badu, hala nola, aireztapena erdi mailako erauzketarekin, zeharkakoa, erdi-zeharkakoa...

Erdi mailako erauzketa duen aireztapenaren kasuan, keak kanpoarekin bat egiten duen putzu zentraletik erauzten dira (haizegailu axialarekin edo halakorik gabe), tximinia bezalako funtzionamenduarekin. Aire garbia tunelaren ahoetatik sartzen da kontrako norabidean, putzuaren sekzioan bilduta.

Erdi-zeharkako aireztapen-sisteman, aire garbia galtzadaren edo sabai faltsuaren maila berean kokatutako kolektorearen bidez (aire-irteerekin) sartzen da. Keak, gainpresioaren ondorioz, tunelaren ahoetatik irteten du. Beraz, beharrezkoa den aire garbia hornitzeko gai den aireztapen sendoa behar da. Sistema horrekin, keak tunel osoan zehar zirkulatuko du, aireztapen longitudinalanean gertatzen den bezala, baina toxikoen pilaketa baxuagoa izango da. Izan ere, kea injekzio-puntuak hornitutako aire garbiaren bidez diluitzen da.

Zeharkako aireztapenari dagokionez, aurrekoan aipatu dugun bezala, aire garbia galtzadaren edo sabai faltsuaren maila berean kokatutako kolektorearen bidez (aire-irteerekin) sartzen da. Hala ere, erdi-zeharkako aireztapen sistemarekin ezberdintasunak daude. Hain zuzen ere, kea irekiera batzuen bidez xurgatzen da eta horiek kea biltzeko kolektoreekin komunikatuta daude, horiek ere sabai faltsuan kokatuta. Bada, bai aire-irteeretan bai gasak erauzteko irekieretan Kontrol Zentroak agindutako tranpa txikiak ezarri dira, tunela sektorizatu eta tunelean toxikoen pilaketa mailari eusteko helburuarekin.

#### 4.7. Aireztapen sanitarioa

Aireztapen honen bidez lortu nahi den xedea tuneleko giroari eustea da, hartzeko moduko egokia eta ikuspen egokia izanik betiere. Horretarako, ibilgailuetako ihes-gasak diluitu ahal izateko behar den nahikoa airearen emaria eman behar du sistemak, arnasa hartzeko maila egokirainoko gasen toxikotasunari dagokionez, baita balaztatzeko distantzia baino distantzia handiagoan ikuspenean ahalbidetzen duen opakotasunari dagokionez ere; balaztatzeko distantzia hori tunelean baimendutako zirkulazio abiaduraren araberakoa izango da.

Aireztapen-mota honen (aireztapen naturalean zein sanitario behartuan) azterketan kontuan hartu beharreko parametroak honako hauek dira: trafikoaren norabidea eta intentsitatea, tunelean onartutako gehieneko abiadura, tunelaren luzera eta malda, tunelaren batezbesteko altitudea, ibilgailu astunen % eta inguruan nagusi den haizea.

| Situación                                     | Velocidad de desplazamiento<br>(m/s) |
|---|--------------------------------------|
| Persona en un ambiente sin concentración humo | 1 - 2                                |
| Persona en un ambiente con concentración humo | 0,5 - 1,5                            |

Se considera que en el caso de un invidente, la velocidad es del orden de 0,3 m/s.

#### 4.5. Objetivos del Sistema de Ventilación

El Sistema de Ventilación en el túnel tiene de forma genérica, un objetivo, ser uno de los sistemas que contribuyan a la seguridad del túnel tanto durante el Funcionamiento Normal del túnel mediante el mantenimiento de la calidad del aire, así como en una situación de Emergencia, mediante el control del humo del incendio tanto durante la evacuación, como para la entrada de las ayudas de socorro.

#### 4.6. Tipos de ventilación a implementar

Todos los túneles que requieran sistemas de ventilación forzada, deberán contar con su correspondiente sistema de automatismo.

En el ámbito de aplicación de la presente norma, y prescindiendo de las ventajas y desventajas de otros tipos de ventilación, se utilizará Ventilación de Tipo Longitudinal, salvo que por las especiales características del túnel a estudio, el diseñador demuestre la necesidad de ser utilizado cualquier otro tipo, pudiéndose utilizar otros sistemas de ventilación como longitudinal con extracción intermedia, transversal, semitransversal...

En el sistema de ventilación longitudinal con extracción intermedia, los humos se extraen a través de un pozo central (con o sin ventilador axial) que comunica con el exterior funcionando como si fuera una chimenea. El aire limpio entra por las dos bocas del túnel en sentido opuesto, convergiendo en la sección del pozo.

El sistema de ventilación semitransversal se basa en la introducción de aire limpio mediante un colector con salidas del aire a nivel de calzada o en falso techo. Los humos, por efecto de la sobrepresión, salen por las bocas del túnel, por lo que se precisa un potente ventilador que sea capaz de suministrar el caudal de aire limpio necesario. Con este sistema, el humo circula a lo largo de todo el túnel como en la ventilación longitudinal, pero la concentración de tóxicos será inferior ya que el humo es diluido por el aire limpio que suministran los puntos de inyección.

El sistema de ventilación transversal, al igual que el anterior, introduce aire limpio en el túnel mediante un colector que abastece a las salidas de aire situadas tanto a nivel de calzada como en falso techo. La diferencia con la ventilación semitransversal está, en que el humo, es aspirado a través de unas aberturas, que comunican con un colector de recogida de humos, situados igualmente en el falso techo. Tanto las salidas de aire como las aberturas de extracción de gases disponen de trampillas telecomandadas desde el Centro de Control, con el fin de sectorizar el túnel y mantener constante el nivel de concentración de tóxicos a lo largo del túnel.

#### 4.7. Ventilación Sanitaria

El objetivo que debe ser alcanzado con esta ventilación, es mantener el ambiente del túnel con una atmósfera perfectamente respirable y con visibilidad adecuada. Para ello, el Sistema deberá proporcionar el caudal de aire suficiente para que puedan ser diluidos los gases de escape de los vehículos hasta un nivel adecuado en cuanto a la toxicidad de los gases para la respiración, así como que la opacidad permita la visibilidad a una distancia superior a la de frenado, la cual estará en función de la velocidad de circulación permitida en el túnel.

Los parámetros a tener en cuenta en el estudio de este tipo de ventilación tanto natural como sanitaria forzada son, dirección e intensidad del tráfico, velocidad máxima admitida en el túnel, longitud y pendiente del túnel, altitud media del túnel, % de vehículos pesados, y el viento dominante en la zona.

Parametro horiek behar bezala aztertuta, hauxe ondoriozta daiteke:

#### NORABIDE BAKARREKO TUNELAK

- Beharrezkoa da aireztapen sanitarioa I. klaseko tuneletan (500 m-tik gorako tunelak edo trafikoa pilatu daitezkeen 350 m-tik gorako tunelak).
- Aztertu egin behar da II. klaseko tuneletan.
- Ez da beharrezkoa aireztapena III. klaseko tuneletan.

#### BI NORABIDEKO TUNELAK

- Beharrezkoa da aireztapen sanitarioa.

### 4.8. Larrialdietako aireztapena

Aireztapen honen xedea kea kontrolatzea da sua dagoenean, ebakuazioa ahalbidetzeko giro garbia duen eta ihes egitekoa den bide batetik.

Hartara, tunel-zuloetan jarritako haizegailuez gain, aireztapen sistema kokatu beharko da ebakuazio galerietan bertan, aire garbia izateko eta gainpresioan dagoen airea emateko sua dagoen tunel-zuloari dagokionez.

Beraz, kasu honetako diseinuan kontuan hartu beharreko filosofia kearen jokabidea baldintzatzen duten parametroak ezagutzea da, baita gizakiak era honetako gorabeheretan izan dezakeen jokabidea ere, eta, beraz, faktore negatibo horiei zentzuz jokatura aurre egiteko modua aztertu behar da pertsonen zein instalazioen segurtasunari dagokionez.

Horrenbestez, aireztapen-mota honetan, aireztapen sanitarioarako aipaturiko parametroez gain, keari eta pertsonen buruz azaldu diren bi faktoreekin lotutakoak ere kontuan hartu behar dira hala nola larrialdietako irteeren egoera, suaren potentzia, beharrezko abiadura kritikoa eta tunelaren barruko suaren egoera.

Parametro horien arteko korrespondentzia oso konplexua denez gero, honako hauek hartuko dira kontuan:

#### NORABIDE BAKARREKO TUNELAK

- Beharrezkoa da larrialdietako aireztapena I. motako tuneletan (500 metrotik gorako tunelak edo auto-pilaketak gerta daitezkeen 350 metrotik gorako tunelak).
- II. klaseko tuneletan aztertu beharko da, aurreikus daitezkeen arrisku egoeren eta aireztapen sanitarioaren eta larrialdietako aireztapenaren balizko bateragarritasunaren arabera.
- Ez da beharrezkoa larrialdietako aireztapena III. mota konplexuko tuneletan.

#### BI NORABIDEKO TUNELAK

- Beharrezkoa da larrialdietako aireztapena I. motako tuneletan (500 metrotik gorako tunelak edo auto-pilaketak gerta daitezkeen 350 metrotik gorako tunelak).
- II. klaseko tuneletan aztertu beharko da, aurreikus daitezkeen arrisku egoeren eta aireztapen sanitarioaren eta larrialdietako aireztapenaren balizko bateragarritasunaren arabera.
- Ez da beharrezkoa larrialdietako aireztapena III. mota konplexuko tuneletan.

Abiapuntu gisa, ondoren agertzen diren tauletako datuak izango dira kontuan suari eta keari dagokienez.

Lehenbiziko taulan abiadura kritikoa kalkuluetan aplikatu beharreko balioak ematen dira, baita emarien kalkuluan ere.

Bigarrenean, ebakuazio galerien egoera oro har ondorioztatzeke modua ematen duten balioak azaltzen dira; horrek lotura zuzena du larrialdietako aireztapenarekin.

Bertan ikus daiteke pertsonak mugitzeko balizko abiaduraren, ebaluazio denboraren, suaren potentziaren eta desestratifikazioaren arteko erlazioaren eta abarren artekoa erlazioa.

Estudiados debidamente estos parámetros se llega a la conclusión que:

#### TÚNELES UNIDIRECCIONALES

- Es necesaria la ventilación sanitaria para túneles de Tipo I (túneles de más 500 metros o congestionables de más de 350 metros).
- Se deberá estudiar para túneles de Tipo II.
- No es necesaria ventilación en túneles de Tipo III.

#### TÚNELES BIDIRECCIONALES

- Es necesaria la ventilación sanitaria forzada.

### 4.8. Ventilación de Emergencia

El objetivo de esta ventilación consiste en el control del humo en caso de fuego a fin de permitir la evacuación a través de una vía de escape con ambiente limpio.

Para ello, además de los ventiladores implantados en los tubos, deberá situarse un sistema de ventilación, independiente, en las propias galerías de evacuación que permitan que estas dispongan de aire limpio y a sobrepresión respecto al tubo en el que se encuentre el incendio.

Por tanto, la filosofía de diseño a tener en cuenta en este caso es conocer los parámetros que condicionan el comportamiento del humo, el posible comportamiento humano en este tipo de incidentes y, por tanto estudiar la forma en que esos factores negativos pueden ser contrarrestados de forma razonable en relación a la seguridad, tanto de las personas como de las instalaciones.

Por tanto, en este tipo de ventilación, además de los parámetros ya indicados para la ventilación sanitaria, deberán tenerse en cuenta aquellos otros relacionados con los dos factores antes mencionados del humo y las personas, cómo son la situación de las salidas de emergencia, la potencia de fuego, la velocidad crítica necesaria y la situación del incendio dentro del túnel.

Puesto que la correspondencia entre estos parámetros es muy compleja, se tendrá en cuenta lo siguiente:

#### TÚNELES UNIDIRECCIONALES

- Es necesaria la ventilación de emergencia para túneles de Tipo I (túneles de más 500 metros o congestionables de más de 350 metros).
- Se deberá estudiar para túneles de Tipo II en función de las situaciones de riesgo previsible y de la posible compatibilidad de la ventilación sanitaria y la de emergencia.
- No es necesaria ventilación de emergencia en túneles de Tipo III.

#### TÚNELES BIDIRECCIONALES

- Es necesaria la ventilación de emergencia para túneles de Tipo I (túneles de más 500 metros o congestionables de más de 350 metros).
- Se deberá estudiar para túneles de Tipo II en función de las situaciones de riesgo previsible y de la posible compatibilidad de la ventilación sanitaria y la de emergencia.
- No es necesaria ventilación de emergencia en túneles de Tipo III.

Como base de partida se tendrán en cuenta los datos que se indican en las tablas que se presentan a continuación en relación al fuego y humo.

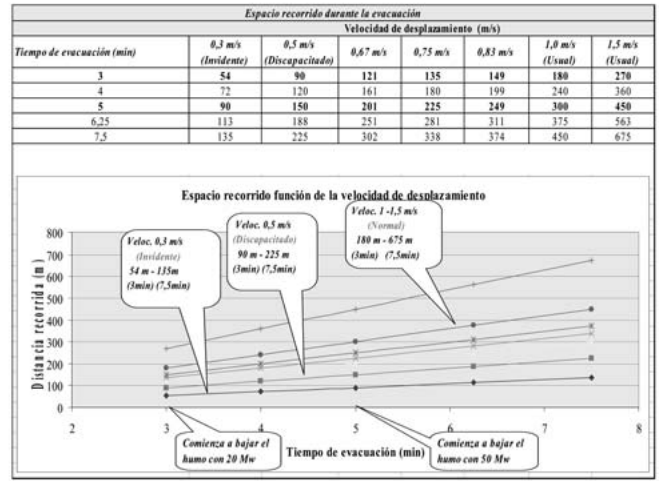
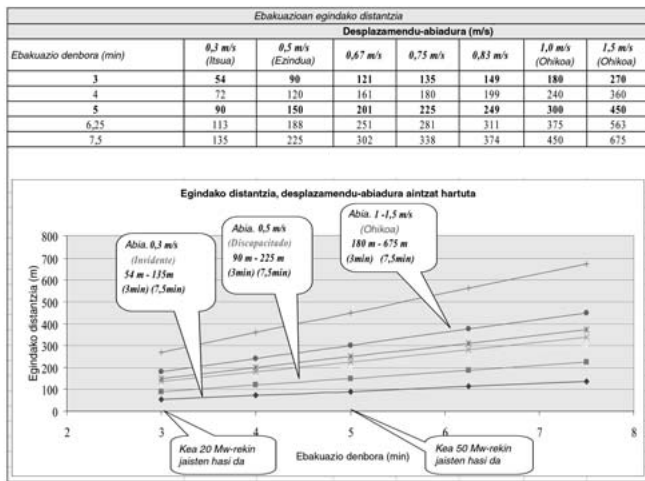
En la primera de ellas se aportan valores a aplicar en los cálculos de la velocidad crítica, así como en el cálculo de los caudales.

En la segunda, se indican valores que de forma general permitirá deducir la situación de las galerías de evacuación, lo cual está directamente relacionado con la ventilación de emergencia.

En ella puede verse la relación entre la posible velocidad de desplazamiento de las personas, el tiempo de evacuación, la relación entre la potencia de fuego y la desestratificación, etc.

| Ibilgailua         | Suaren potentzia (mW) | Keen igorpena (m <sup>3</sup> /s) | Temperatura (°C) |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------|
| Autoa              | 5                     | 20                                | 400              |
| Kamioia / Autobusa | 20-30                 | 60-90                             | 700-100          |
| Zisterna           | > 100                 | > 100                             | 1.200-1.400      |

| Vehículo         | Potencia de Fuego (mW) | Emisión de Humos (m <sup>3</sup> /s) | Temperatura (°C) |
|------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------|
| Turismo          | 5                      | 20                                   | 400              |
| Camión / Autobús | 20-30                  | 60-90                                | 700-100          |
| Cisterna         | > 100                  | > 100                                | 1.200-1.400      |



**4.9. Airearen kalitatea**

Tuneleko airearen kalitatea, ohiko funtzionamenduan, aireztapen sanitarioak lortutako diluzioak irizpideei buruzko atal egokietan azaldutako poluzio balioak ez gainditzeko modua eman behar du, bai aireztapen naturalaren bidez, bai aireztapen behartuaren bidez.

Sua dagoenean, haizegailuen bidez lortutako da airearen kalitatea, halako moldez non suak eragindako kea jarduketan ardura duen pertsonak erabakitako norabidean inpuksatuko baita, betiere ustiapen eskuliburuarekin bat etorri, eta ahal dela kerik gabeko ebakuazio bidea lortuko da. Hartara, alderanzgarriak izango dira haizegailuak. Printzipioz, trafikoaren noranzkoan izango da.

**5. AIREZTAPEN SISTEMAREN DESKRIAPENA**

**5.1. Tuneleko aireztapen sistema**

Aireztapen sistema, esan bezala, longitudinala da, salbu eta aztertu beharreko tunelaren ezaugarria bereziak direla-eta diseinatzaileak bestelako mota erabiltzeko beharizana egiaztatzen duenean. Bufada-haizegailu azelaratzaillek horiei dagokien sistema elektrikoak eta kontrolero sistemak osatuko dute aipaturiko sistema tunel osoan zehar.

Tunelaren gakoetan kokatuko dira haizegailuak, haizegailu horien pisurako eta baldintza dinamikoetarako egokia den euste-sistema baten bidez. Dardaren kontrako elementuak izango dituzte haizegailuek, behar bezala azterturiokoak, halako moldez non dardarak ez baitira pasako tunelaren egituretara.

Proiektuaren eta kalkuluen arabera kea izango da haizegailu-kopurua. Tunelaren ezaugarriekin eta arau honekin bat etorri, aireztapen sanitarioarako edo larrialdietako aireztapenerako beharrezkoak diren haizegailuak jarriko dira, hots, tunelean bideraturiko emaria gasak eta keak diluitzeko egokia izango da lehenbiziko kasuan, edo abiadura kritikoa lortzeko nahikoa sua dagoenean.

Haizegailuak tunel osoan lortu beharreko bultzadari dagokionez, bultzada hori parte hartzen duten faktoreen arabera kalkulatu da; faktoreok dokumentu honetan aipatzen dira.

Errendimendu egokia izateko moduan jarriko dira haizegailuak. Horretarako, haizegailuen arteko distantzia egokia egongo da, tunelaren longitudinalean zein zeharkakoan, baita sabaiarekiko distantzia egokia ere. Halaber, fluxuaren mugimendua nahasten duten elementuetatik distantzia egokietan jarriko dira, hala nola seinaleetatik, etab. Dokumentu honetan emandako jarraibideak beteko dira.

**4.9. Calidad del aire**

La calidad del aire en el túnel deberá ser tal que durante el Funcionamiento Normal la dilución conseguida por la ventilación sanitaria permita no sobrepasar los valores de polución indicados en el apartado correspondiente a los criterios, bien sea mediante ventilación natural o forzada.

En situación de fuego, la calidad del aire se conseguirá mediante la actuación de los ventiladores, de forma que el humo producido en el incendio sea impulsado en la dirección que el responsable del evento decida de acuerdo al Manual de Explotación, tratando de conseguir un camino de evacuación libre de humos. Para ello, los ventiladores serán reversibles. En principio la dirección será en el sentido del tráfico.

**5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN**

**5.1. Sistema de Ventilación del túnel**

El Sistema de Ventilación como ya se dicho, será de tipo longitudinal salvo que por las especiales características del túnel a estudio, el diseñador demuestre la necesidad de ser utilizado cualquier otro tipo. Estará formado por los ventiladores aceleradores de chorro situados a lo largo del túnel, el sistema eléctrico correspondiente a ellos, y el sistema de control.

Los ventiladores estarán situados en la clave del túnel mediante un sistema de soportado adecuado a su peso y condiciones dinámicas. Dispondrán de elementos antivibradores debidamente estudiados de forma que no permitan el paso de vibraciones hacia la estructura del túnel.

El número de ventiladores estará de acuerdo al proyecto y en función de los cálculos. De acuerdo a las características del túnel, y de acuerdo a la presente norma, el número de ellos se corresponderán con los necesarios para un ventilación sanitaria o de emergencia, es decir, el caudal vehiculado en el túnel será el adecuado para la dilución de los gases y humos en el primer caso o el suficiente para conseguir la velocidad crítica en caso de incendio.

En cuanto al empuje a conseguir por ellos para el conjunto del túnel, estará calculado en función de los distintos factores que intervienen, y que se citan en el presente documento.

La implantación de los ventiladores será tal que el rendimiento de cada uno de ellos sea óptimo. Para ello, se situarán a la debida separación entre ellos tanto en sentido longitudinal como transversal al túnel, así como su separación del techo. Se situarán así mismo a las debidas distancias de elementos perturbadores del movimiento del flujo, como señales, etc. Se seguirán las instrucciones dadas en el presente documento.

Tunel osoan zarata gehiago egon ez dadin, isilgailuak jarriko dira.

Larrialdietako aireztapena badago, alderanzgarriak izango dira haizegailuak, eta halako moldez eraikiko dira non haizegailuek 400 °C-ko temperaturan funtzionatu ahal izango baitute 2 orduko tartean.

Indarreko sistema elektriko bat eta kontroleko sistema bat izango dira elementu mekanikoen osagarriak; izan ere, kontroleko sistema horrek, kudeaketa eta komunikazioen sistemaren bitartez, alde batek giroaren egoera ezagutzeko modua emango du gehienbat poluzioaren aldetik, eta bestetik haizegailuek elkarri eragiteko modua kontroleko zentrotik. Hala eta guztiz ere, tokian bertan abiaraz daitezke haizegailuak.

## 5.2. Ebakuazio galerietako aireztapen sistema

Galerietako aireztapen sistemaren xede nagusia giroa egoera onargarrietan mantentzea izango da; hartara, funtzionatzeko ohiko egoeran dagoen tuneleko airea xurgatu eta galeria inpultsatuko da halako moldez non gainpresioan mantenduko baita galeria, sua dagoen tunelean kerik sar ez dadin.

Hauexek dira, funtsean, sistema honen osagaiak: haizegailuak, xurgatze, inpultso, itzulketa eta erauzketa kanalak, saretoak dituzten zuloekin batera, eta bi tunelekiko sektorizazioa ahalbidetzen duten gainpresioko konportak eta suebakiak (ateak zeharkatzean).

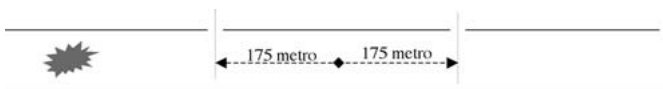
Galerien tamainaren arabera izango dira sistemako osagaiak. Handia bada, honako hauek izan ditzake instalazioak: galerian airea sartuko duen haizegailua (axiala edo zentrifugoa), zuloak eta inpultsorako barruko sareto egokiak eta saretoak hormetan, galeriako airea (itzulketa) zuzenean gainpresioko konportaren hodira igortzeko. Hormen azalera guztian suebakiak egongo dira. Baldin eta galeria txikia bada, ez dira beharrezkoak izango inpultso-hodiak eta saretoak.

Hori guztia tunel-zulo bakoitzari dagokio, halako moldez su dagoen tunel-zulotik aire garbia hartzen duen instalazioa sektoretan banatuta egongo baita suari dagokionez aipaturiko konporta suebakien bidez, eta galeriara inpultsaturiko airea, esan denez, ohiko egoeran dagoen tuneletik dator eta bertatik egin behar da ebakuazioa.

### 5.2.1. Galerien arteko distantzia

Abiapuntuko datu hauek onartzen dira:

- Ebakuaziorako denbora guztira: 10 minutu sua hasten denetik.
- Erabiltzaileak ustiapeneko pertsonalarekin tuneleko ebakuazioa hasten direneko gutxi gorabeherako denbora: 2 - 5 minutu.
- Azaldutako oinarritzat hartuta, ebakuaziorako irteeren artean gehienez 350 metroko tartea egongo da:



## 5.3. Aireztapen sistemaren sistema elektrikoa

Horren deskribapenaren berri izateko sistema horren atala ikusi behar da.

## 5.4. Aireztapen sistemarekin lotutako tresnak

### 5.4.1. Deskribapena eta aplikazioa

Tunelak aireztapen sanitarioa badu, eta horrekin lotuta badago, gutxienez honako tresna hauek izango dituzte:

- Opazimetroak.
- CO neurgailuak.
- NO<sub>2</sub> neurgailuak (gomendatuta).
- Barneko anemometroak.

Con el fin de no contribuir en el ruido de conjunto del túnel, dispondrán de silenciadores.

Si se dispone una ventilación emergencia, los ventiladores serán reversibles y su construcción permitirá un funcionamiento de estos en un ambiente de 400 °C durante 2 horas.

El complemento a los elementos mecánicos será un sistema eléctrico de fuerza y un sistema de control, el cual, a través del Sistema de Gestión y Comunicaciones permitirá por una parte, conocer la situación ambiental fundamentalmente desde el punto de vista de la polución, y por otra, la interacción sobre los ventiladores desde el Centro de Control. No obstante mediante el sistema de control, los ventiladores podrán ser actuados también de forma local.

## 5.2. Sistema de Ventilación de las Galerías de Evacuación

El sistema de ventilación de las galerías tiene como principal objetivo el mantenimiento de su ambiente en condiciones aceptables, mediante la aspiración de aire del túnel que se encuentra en condiciones de funcionamiento normal e impulsarlo en la galería de forma que ésta se mantenga en sobrepresión a fin de evitar la entrada de humo del túnel en el que se encuentre el incendio.

Los componentes de este sistema son fundamentalmente los ventiladores, conductos de aspiración, de impulsión, retorno y extracción con sus rejillas y las compuertas de sobrepresión y cortafuegos, al atravesar paredes, que permitan la sectorización con ambos túneles.

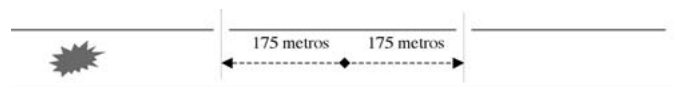
Los componentes del Sistema dependerán del tamaño de las galerías. Si es grande, la instalación podrá ser a base de un ventilador (axial ó centrífugo), que introduzca el aire en la galería y conductos con sus correspondientes rejillas para la impulsión y rejillas interiores en la pared para la descarga directa del aire de la galería (retorno) al tubo con compuerta de sobrepresión. Todos los pasos de paredes llevarán compuertas cortafuegos. En el caso de que la galería sea de pequeño tamaño, no será necesario el conducto de impulsión y sus rejillas.

Lo anteriormente expuesto, corresponde para cada uno de los tubos, de tal forma que la instalación que toma el aire limpio del tubo en el que se encuentra el incendio, permanecerá sectorizado respecto a éste mediante las compuertas cortafuego mencionadas, y el aire impulsado a la galería procederá como se ha dicho, del túnel en condiciones normales y evacuándose al mismo.

### 5.2.1. Distancia entre galerías

Se asume los siguientes datos de partida:

- Tiempo total para la evacuación: 10 minutos desde el inicio del incendio.
- Tiempo estimado que usuarios tardan en iniciar la evacuación en túnel con personal de explotación: 2 - 5 minutos.
- En base a lo expuesto, las salidas de evacuación deben estar separadas como máximo por 350 metros.



## 5.3. Sistema eléctrico del Sistema de Ventilación

Para su descripción, ver el apartado correspondiente a este Sistema.

## 5.4. Instrumentación asociada al Sistema de Ventilación

### 5.4.1. Descripción y aplicación

Cuando el túnel disponga de Ventilación Sanitaria, y asociada a ella, tendrá como mínimo la siguiente instrumentación:

- Opacímetros.
- Medidores de CO.
- Medidores de NO<sub>2</sub> (Recomendados).
- Anemómetros interiores.

Gainera, larrialdietako aireztapena badago, hauxe gehitu beharko da:

— Esku-babesa duen anemometroa eta haize-hargailua.

Tunelaren luzeraren araberakoa izango da, funtsean, horien kantitatea. Puntu nagusiak kontuan hartuz definitu beharko da kokapena proiektuan, hala nola puntu altuak edo geometriaren ezaugarriak, etab. non gasen, keen eta aireko partikularren kontzentrazioa agertzea aurreikus daitekeen, betiere neurri handiagoetan. Aitzitik, puntu horiek nagusiak direla egiaztatu beharko da probetan.

Aireztapen sistemarekin lotuta egongo dira horiek tresna guztiak; hala, etengabe neurtzen diren balioen arabera, sisteman jarungo dute, erreferentziako atalaseko balioekin bat etorritz.

#### 5.4.1.1. CO-ko sentsoreak

Gas kutsagarriarik handiena CO da, gasolinaren bete gabeko errekontza-prozesuaren emaitza. Kokapena hobeto zehaztu ahal izateko, hauxe izango da kontuan: gas kontzentrazioarik handiena duten tokiak maldaren aldaketa gertatzen direneko guñeak dira, toki altuak edo baxuak, eta gertuen dagoen ahotik zenbat eta urrutiago egon, orduan eta arazo gehiago sortuko dituzte.

Aireztapen longitudinala duten norabide bakarrekotuneletan, irteerako ahotik gertu dagoen tokia izaten da kokapenik txarrena, baina bereziki gas kaltegarria denez, 200 metroko distantzian sentsorea jartzea gomendatzen da COren kontzentrazio-poltsak antzemateko. Sentsoreak, nolana ere, ahotik 50 metrotik gorako distantzian kokatu behar dira, ahoetako aireen zirkulazio zurrumbilotsuak uki ez ditzan.

#### *Ezaugarri nagusiak*

##### NEURKETA-LERRUNA

Sentsoreak airean dagoen CO kontzentrazioa neurtuko du eta kontzentrazio horren emaitza erakutsiko du milioitan zenbatuta (ppm). Gutxienez 0-400 ppm maila.

##### DOITASUNA

Neurketaren okerra %1eko tasaren azpitik kokatu behar da eskalaren amaieran. Bada, 2 ppm-ko bereizmena.

##### ERANTZUNA EMATEKO EPEA

Sentsoreak neurketa egiteaz gain, emaitza gutxienez 40 segundotan eman behar du.

##### BABES-INDIZEA

Tunela baliabide oldarkorra denez gero, babes-indizea gutxienez IP65 izatea gomendatzen da.

#### 5.4.1.2. NO<sub>2</sub>-ko sentsoreak

Legeria gero eta zorrotzagoa da keen igorpenarekin, eta horrek motoreen akabera hobeagoak izatea dakar. Errekuntza hobetzeko katalizadorei esker, nabarmen jaitsi dira CO igorpenak. Horren ondorioz, CO baino askoz kontzentrazio txikiagoak dituztela eta aireztapenaren kontrolean historian baztertu izan diren beste gas batzuk kontuan izan daitezke gaur egun aireztapena kontrolatzeko. Logura eta alergia krisiak sor dezaketen nitroxidoen kasua da (NO<sub>x</sub>), eta CO bezala, toxikoak dira. Pertsonen sentsibilitatearen araberakoa izango da, neurri handi batean, erabiltzaileei kalteak eragiteko beharrezko kontzentrazioa. Hala, asmatikoak era horretako gaitzik ez duen erabiltzaileak baino 10 aldiz gutxiagoko nitroxido kontzentrazioen aurrean erreazionatuko du.

Nitroxidoen barruan, gas arriskutsua eta kontrolatzea komeni dena NO<sub>2</sub> da. NO eta NO<sub>2</sub> batuta lortzen da NO. Zenbait sentsorek NO<sub>x</sub>-ren neurketa ematen dute; kontuan izan behar da NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> ratioa ez dela konstantea baina %10etik beherako izan ohi da. Horrexegatik gomendatzen da zuzenean NO<sub>2</sub> neurtzea.

Jarraibide hau idatzi den unean, NO<sub>2</sub>-ko sentsoreen neurketa eta doitasuna lerruna ez da nahikoa aireztapen egokiaren kontrola egiteko. Hala ere, trafiko dentsitate handiko tuneletan gomendatzen da, bereziki tunel luzeetan, non NO<sub>2</sub>-ko sentsoreak jartzen diren neurketen historikoak izateko ondoren arazoari buruzko azterlan espezifikoak egin dadin.

Si además dispone de Ventilación de Emergencia, deberá añadirse:

— Anemómetro de cazoleta y catavientos.

La cantidad de ellos estará en función fundamentalmente de la longitud. Su situación deberá ser definida en proyecto teniendo en cuenta puntos representativos, como puntos altos o características de geometría, etc. donde sea previsible la aparición de concentración de gases, humos y partículas en suspensión, en valores más altos. No obstante, durante las pruebas deberá verificarse la representatividad de dichos puntos.

Todos estos instrumentos estarán asociados al sistema de ventilación, de tal modo que en función de los valores medidos de forma continua, actuarán sobre el Sistema de acuerdo a los umbrales de referencia.

#### 5.4.1.1. Sensores de CO

El gas contaminante más importante es el CO, resultado de la combustión incompleta de la gasolina. A fin de definir la mejor ubicación, se tendrá en cuenta que los puntos con mayor concentración de gases, son aquellos donde se produce un cambio de signo en la pendiente, puntos altos o bajos, siendo más problemáticos cuanto más distancia le separe de la boca más cercana.

En los túneles unidireccionales con ventilación longitudinal, la situación mas desfavorable suele ser próxima a la boca de salida pero al ser un gas especialmente nocivo se recomienda la instalación de un sensor cada 200 metros para la detección de las posibles bolsas de concentración de CO. Los sensores deben ubicarse en cualquier caso a más de 50 metros de la boca para que no vean afectados por la circulación turbulenta de aire de las bocas.

#### *Principales características*

##### RANGO DE MEDIDA

El sensor analizará la concentración de CO en el aire y muestra el resultado de dicha concentración en partes por millón (ppm). Rango mínimo de 0 a 400 ppm.

##### PRECISIÓN

El error de la medida debería ser inferior al 1% a final de escala. Resolución de 2 ppm.

##### TIEMPO DE RESPUESTA

El sensor debe realizar la medida y dar el resultado en menos de 40 segundos.

##### ÍNDICE DE PROTECCIÓN

Al ser el túnel un medio agresivo se recomienda que el índice de protección sea como mínimo IP65.

#### 5.4.1.2. Sensores de NO<sub>2</sub>

La legislación cada vez es más exigente con la emisión de humos, lo que provoca mejores acabados de los motores. La incorporación de catalizadores que mejoran la combustión, han hecho disminuir sensiblemente las emisiones de CO. Esto provoca, que otros gases, que históricamente no se discriminaban en el control de ventilación por tener unas concentraciones muy inferiores al CO, puedan ser tenidas en cuenta actualmente para el control de la ventilación. Es el caso de los nitróxidos (NO<sub>x</sub>) que pueden producir somnolencia, ataques de alergia y que, al igual que el CO, son tóxicos. La concentración necesaria para producir efectos a los usuarios varía en gran medida por la sensibilidad de las personas, de este modo un asmático reaccionará a concentraciones de nitróxido 10 veces menores de las de un usuario que no sufra de este tipo de problemas.

Dentro de los nitróxidos, el gas peligroso y que se recomienda tener controlado es el NO<sub>2</sub>. Se entiende por NO<sub>x</sub> la suma del NO y el NO<sub>2</sub>. Algunos sensores dan la medida de NO<sub>x</sub>, hay que tener en cuenta que el ratio NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> no es constante pero suele ser inferior al 10%. Por ello se recomienda realizar directamente la medida de NO<sub>2</sub>.

En el momento de redactar la presente instrucción, los rangos de medida y precisión de los sensores de NO<sub>2</sub> no es la suficiente para realizar un control de ventilación óptimo. Aun así, se recomienda en túneles con alta densidad de tráfico, especialmente los de longitud elevada, que se instalen sensores de NO<sub>2</sub> para disponer de históricos de medidas para el estudio específico del problema.

Sentsore egokiak izanez gero, CO-ko sentsoreak jartzeko irizpide berak gomendatzen dira. Jarraian, NO<sub>2</sub>-ko sentsorearen ezaugarriak egokiak zehaztuko dira.

### *Ezaugarri nagusiak*

#### NEURKETA-LERRUNA

Sentsoreak airean dagoen NO<sub>2</sub> kontzentrazioa neurtu eta kontzentrazio horren emaitza milioiko zatitan (ppm) emango du. Hoberena 0 eta 20 ppm bitarteko lerruna izango litzateke.

#### DOITASUNA

Neurketaren doitasunaren okerra % 1etik beherakoa izan beharko luke eskalaren amaieran. Bada, 0,1 ppm-ko bereizmena.

#### ERANTZUNA EMATEKO DENBORA

Sentsoreak neurketa egin eta emaitza 40 segundoren barruan eman behar du.

#### BABES INDIZEA

Tunela ingurune agresiboa denez, babes maila gutxienez IP65 izatea gomendatzen da.

#### 5.4.1.3. *Opakotasuna*

Diesel ibilgailuek igorritako keen ondorioz, barruko ikuspena murrizten duten partikulak biltzen dira tuneletan eta prebenitu beharreko arrisku sortzen da, eta aldi berean zirkulatzeko abiadura murriztu eta gidatzeko erosotasuna gutxitzen da.

Gaur egun, hainbat sentsore daude merkatuan, teknologia ezberdinak erabiliz (transiometria edo argi-sakabanaketa) ikuspen-neurketak lortzen dituztenak. Ez da gomendatzen neurketak egiteko airea xurgatzen duten bonbak erabiltzen dituzten sentsoreak jartzea.

Neurketa-unitatea ezberdinak egongo dira erabilitako teknologiaren arabera. Ohikoenak K itzaltze-koefizientea da, eta horren unitateak m<sup>-1</sup> eta transmisioa dira, hain zuzen ere iturriaren eta behatzailearen arteko luzerari dagokiona. Hona hemen bi unitateen arteko erlazioa:

$$S(\%) = 100 \cdot e^{-K(M^{-1}) \cdot L}$$

### *Ezaugarri nagusiak*

#### NEURKETA-LERRUNA

Ikuspen-sentsoreen neurketa-lerruna K .0 – 15 (10-3 m<sup>-1</sup>) izatea gomendatzen da.

#### DOITASUNA

Neurketaren doitasunak % 2tik beherakoa izan behar du.

#### ERANTZUNA EMATEKO DENBORA

Sentsoreak neurketa egin eta 40 segundo igaro baino lehen eman behar du emaitza.

#### BABES INDIZEA

Tunelen ingurune agresiboa denez, babes maila gutxienez IP65 izatea gomendatzen da.

#### 5.4.1.4. *Kanpoko esku-babesa duen anemometroa eta haize-hargailua*

Tunelaren barruko aldean kokaturiko tresnen osagarri gisa, esku-babesa duen anemometroa eta haize-hargailua ezarriko dira kanpoko aldean, tunelaren egoeraren ingurumen-baldintzei buruzko eza-gutzaren osagarri moduan.

Tunelaren kanpoko aldean jarri beharreko bi unitate ezarriko dira, bat aho bakoitzean, 25 eta 50 m-ko distantzian.

6 m-ko altuerako makuluetan jarriko dira, bi ahoen artean zentratuta.

Si se dispone de sensores adecuados se recomienda los mismos criterios de instalación que en los sensores de CO. A continuación se detallan las características idóneas de un sensor de NO<sub>2</sub>.

### *Principales características*

#### RANGO DE MEDIDA

El sensor analizará la concentración de NO<sub>2</sub> en el aire y muestra el resultado de dicha concentración en partes por millón (ppm). Lo ideal sería un rango de medida de 0 a 20 ppm.

#### PRECISIÓN

El error de la medida debería ser inferior al 1% a final de escala. Resolución 0,1 ppm

#### TIEMPO DE RESPUESTA

El sensor debe realizar la medida y dar el resultado en menos de 40 segundos.

#### ÍNDICE DE PROTECCIÓN

Al ser el túnel un medio agresivo se recomienda que el índice de protección sea al menos IP65.

#### 5.4.1.3. *Opacidad*

Los humos emitidos por los vehículos diesel ocasionan la concentración en los túneles de partículas que disminuyen la visibilidad interna y se convierten en un riesgo a prevenir, a la vez que produce una disminución de la velocidad de circulación y el confort en la conducción.

Actualmente, en el mercado existen diversos sensores que obtienen medidas de la visibilidad mediante tecnologías distintas (transiometría ó dispersión de luz). Se desaconseja la instalación de sensores que usen bombas de absorción de aire para realizar las mediciones.

Según la tecnología usada, las unidades de la medida son distintas. Las más usuales son el coeficiente de extinción K cuyas unidades son m<sup>-1</sup> y la transmisión, que viene referida a una longitud entre la fuente y el observador. La relación entre ambas unidades es:

$$S(\%) = 100 \cdot e^{-K(M^{-1}) \cdot L}$$

### *Principales características*

#### RANGO DE MEDIDA

Se recomienda que el rango de medida de los sensores de visibilidad sea K .0 – 15 (10-3 m<sup>-1</sup>).

#### PRECISIÓN

La precisión de la medida debería ser inferior al 2%.

#### TIEMPO DE RESPUESTA

El sensor debe realizar la medida y dar el resultado en menos de 40 segundos.

#### ÍNDICE DE PROTECCIÓN

Al ser el túnel un medio agresivo se recomienda que el índice de protección sea al menos IP65.

#### 5.4.1.4. *Anemómetro de cazoleta y catavientos exterior*

Como complemento de la instrumentación situada en el interior del túnel, se dispondrá de anemómetro de cazoleta y catavientos en el exterior que complementen el conocimiento de las condiciones ambientales de la situación del túnel.

Se dispondrán dos unidades a instalar en el exterior del túnel, uno en cada boca, entre 25 m y 50 m de distancia de las bocas.

Se instalarán sobre báculos de 6 m de altura y centrados entre las bocas de ambos tubos.



*Ezaugarri nagusiak*

## ANEMOMETROA

- Mota: Esku-babesa duena, haizearen abiadura neurtzeko kokatua; korrante zuzeneko generadore takimetrikoa du.
- Abiadura-lerruna: 0 - 50 m/s.
- Gehieneko abiadura: 60 m/s.
- Arrankatze-abiadura: gutxi gorab. 0,6 m/s.
- Irteerako seinalea : haizearen abiaduraren proportzionala (k.z.).
- Funtzionatzeko tenperatura: -25 °C + 50 °C.

Esku-babesa eramateko gurutzeta duraluminiozkoa izango da, anodizatuaren bidez babestua. Ardatza frikzio txikiko doitasun-kojineteetan biratuko da, eta kojinete hori zikintasanaren kontrako babesa izango dute labirinto-itxurako junten bidez. Karkasa aluminiozkoa izango da, labeen urtua eta margotua. Uztai hariztatuaren bidez ziurtaturiko konektore multipolarrarekin egingo dira konexio elektrikoak.

45 mm-ko diametroko euskarri bateko hodiaren gainean muntatzeko dago prestatuta.

## HAIZE-HARGAILUA

- Mota: haize-orratza.
- Abiadura-lerruna: gehienez 60 m/s.
- Irteerako seinalea: 2 bitekoa.

Anonizatu galbanikoaren bidez babesturiko duraluminioz dagoen eginda haize-orratza. Ardatza frikzio txikiko doitasun-kojineteetan biratuko da, eta kojinete hori zikintasanaren kontrako babesa izango dute labirinto-itxurako junten bidez. Karkasa aluminio urtuzkoa izango da.

5.4.1.5. *Tunelaren barruko anemometroak*

Aireztapen behartua duen tunel oro anemometroak eduki behar ditu tunelaren barruan, zeren eta anemometroi esker tuneleko airearen fluxu longitudinalak, abiadura eta noranzkoa ebaluatzeko modua baitago. Datu hori kontrolatuta eta monitorizatuta egonik, aireztapen sanitarioa zein aldetatik abiaraz daitekeen jakin daiteke, betiere eraginkortasunik handiena lortzeko. Gainera, sua dagoenean, garrantzitsua da keak arrastatzeko abiaduraren datuaren berri izatea, aireztapenak behar bezala funtzionatzen duela egiaztatzeko, eta bereziki garrantzitsua da keak arrastatu nahi badira estratifikazioa galdu barik.

Aireztapen longitudinala duten norabide bakarrekotuneletan, gutxienez bi anemometro jarri beharko dira, tuneleko sarrerako eta irteerako ahotik 100 metrora hurrenez hurren. Zenbait kasu zehatzetan, sentsore gehiago jarri beharko dira: erauzketa-tximiniak dituen tunela, kantoi ezberdinak dituen aireztapen sistema duena edo tunel luzeetan (1.500 metrokoak baino luzeagoak). Tunelen barruko aireztapen-sekzio bakoitzean anemometroa ezartzea gomendatzen da.

*Ezaugarri nagusiak*

## NEURKETA-LERRUNA

Anemometroen neurketa-lerruna 0-15 m/s-koa izatea gomendatzen da norabide bakoitzean.

## DOITASUNA

Neurketaren doitasunak 0,5 m/s-tik beherakoa izan behar du.

## BABES MAILA

Tunela ingurune agresiboa denez, babes-maila gutxienez IP65 izatea gomendatzen da.

5.4.2. *Erreferentziako atalaseak*

Erreferentziako atalaseek bat etorri behar dute arautegi aplikagarrian tunela funtzionatzen hasten den unean; hala ere, kon-tuan hartu beharreko zenbait oinarriko balio azalduko dira.

*Principales características*

## ANEMÓMETRO

- Tipo: De cazoletas dispuesto para la medición de la velocidad del viento, con generador taquimétrico de corriente continua.
- Rango de velocidades: de 0 a 50 m/s.
- Velocidad máxima: 60 m/s.
- Velocidad de arranque: Aprox. 0,6 m/s.
- Señal de salida: c.c. proporcional a la velocidad del viento.
- Temperatura de funcionamiento: -25 °C a + 50 °C.

La cruceta porta-cazoletas estará fabricada en duraluminio protegido por medio de anodizado. El eje girará sobre rodamientos de bolas de precisión, con baja fricción y estará protegido contra la entrada de polvo mediante juntas laberínticas. La carcasa estará construida asimismo de aluminio fundido y pintado al horno. Las conexiones eléctricas serán por medio de conector multipolar asegurado por medio de aro roscado.

Estará preparado para montaje sobre un tubo de soporte de 45 mm de diámetro.

## CATAVIENTOS

- Tipo : De Veleta.
- Rango de velocidades: Hasta 60 m/s máx.
- La señal de salida: De 2 bit.

La veleta estará construida en duraluminio protegido por medio de anodizado galvánico. El eje girará sobre cojinetes de precisión de baja fricción protegidos contra la entrada de suciedad por medio de juntas laberínticas. La carcasa estará construida de aluminio fundido.

5.4.1.5. *Anemómetros en el interior del túnel*

Todo túnel que disponga de ventilación forzada debe estar dotado con anemómetros en el interior del túnel, ya que con ellos se pueden evaluar los flujos longitudinales de aire en el túnel, su velocidad y sentido. Al tener controlada y monitorizada este dato se puede saber hacia qué lado es más eficiente arrancar la ventilación sanitaria. Además, en caso de incendio, es importante disponer del dato de la velocidad de arrastre de los humos para confirmar que la ventilación está funcionando de forma adecuada, siendo especialmente importante si se quiere arrastrar los humos sin que se pierda la estratificación.

En túneles unidireccionales con ventilación longitudinal se debe instalar al menos dos anemómetros, situados a 100 metros de la boca de entrada y salida respectivamente. En casos específicos será necesario instalar más sensores: túnel con chimeneas de extracción, con sistema de ventilación con distintos cantones o túneles de longitud elevada (más de 1.500 metros). Se recomienda instalar un anemómetro entre cada sección de ventilación en el interior de los túneles.

*Principales características*

## RANGO DE MEDIDA

Se recomienda que el rango de medida de los anemómetros de 0-15 m/s en cada sentido.

## PRECISIÓN

La precisión de la medida debería ser inferior al 0,5 m/s.

## ÍNDICE DE PROTECCIÓN

Al ser el túnel un medio agresivo se recomienda que el índice de protección sea al menos IP65.

5.4.2. *Umbrales de referencia*

Los umbrales de referencia deberán estar de acuerdo con la normativa aplicable en el momento de la entrada en funcionamiento del túnel, no obstante se indica a continuación unos valores básicos a tener en cuenta.

|                    | CO maila     | NO <sub>2</sub> maila | Opakotasuna                 | Aireztapena (%) |
|--------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------|
| Baxua              | 0 - 35 ppm   | < 0,2 ppm             | 0 - 5 x10 <sup>-3</sup> m-1 | 0 - 30          |
| Ertaina            | 35 - 75 ppm  | 0,2 ppm               | - 7 x10 <sup>-3</sup> m-1   | 30 - 50         |
| Altua / Alerta     | 75 - 125 ppm | 1 ppm                 | - 9 x10 <sup>-3</sup> m-1   | 50 - 75         |
| Oso altua / Alarma | > 125 ppm    | > 1,5 ppm             | 12 x10 <sup>-3</sup> m-1    | 100             |

|                   | Nivel de CO  | Nivel de NO <sub>2</sub> | Opacidad                    | % Ventilación |
|-------------------|--------------|--------------------------|-----------------------------|---------------|
| Baja              | 0 - 35 ppm   | < 0,2 ppm                | 0 - 5 x10 <sup>-3</sup> m-1 | 0% - 30%      |
| Media             | 35 - 75 ppm  | 0,2 ppm                  | - 7 x10 <sup>-3</sup> m-1   | 30% - 50%     |
| Alta / Alerta     | 75 - 125 ppm | 1 ppm                    | - 9 x10 <sup>-3</sup> m-1   | 50% - 75%     |
| Muy Alta / Alarma | > 125 ppm    | > 1,5 ppm                | 12 x10 <sup>-3</sup> m-1    | 100%          |

**5.5. Tunelaren aireztapen sistema kontrolatzeko sistema**

**5.5.1. Jarduteko moduak**

Funtzionatzeko bi modu izango ditu sistemak eta bi tokitatik abiaraz daiteke, tokian bertan edo urrutitik, hots, aginte nagusiko postutik edo tokiko kontroleko postutik aginduta burutu daitezke ekin-tzak. Bi kasu horietan, bi erataro funtzionatuko dute, eskuz edo auto-matikoki.

ESKUZ egiten denean, operadoreak tokian bertan edo urrutitik abiaraz dezake sistema bi norabidetan, hots, normalean edo itzulgarrian, edo bestela gelditzeko agindua eman dezake. Edozelan ere, ezin izango da arazo elektrikorik egon, hala nola babesak, binaka funtzionatzen duten haizegailuak funtzionatzeko ordunen kontrola, etab.

Automatikoki egiten denean, sistemarekin lotutako tresnek, aurreikusitako atalaseek, CO detektagailuek, opazimetroek eta anemometroek emandako datuen arabera arrankatu edo geldituko dira.

Automatikoki funtzionatzea ez da izango aginte nagusitiko postutik edo tokiko kontroleko postutik emandako aginduaren arabera; hala, aginte nagusitiko postuarekiko konexiorik ez badago, lanean jarraituko dute automatismoek.

Tokiko eta eskuzko jarduketa denean, berriz, eskuzkoa lehenetsiko da beste edozeinen aurretik, zeren eta jarduketa hori ego-era berezia dela suposatzen baita, hala nola larrialdietan edo mantentze-lanetan.

Jarraian azalduko da grafikoko multzo osoak funtzionatzeko filosofia.

**5.5. Sistema de control del Sistema de Ventilación del túnel**

**5.5.1. Modos de actuación**

El Sistema tendrá dos modos de funcionamiento y podrá actuarse desde dos puntos, de forma remota o, local es decir con mando desde el Puesto Central de Mando (PCM), o desde el Puesto de Control Local (PCL). En ambos casos, funcionará de dos modos, bien de forma manual o en modo automático.

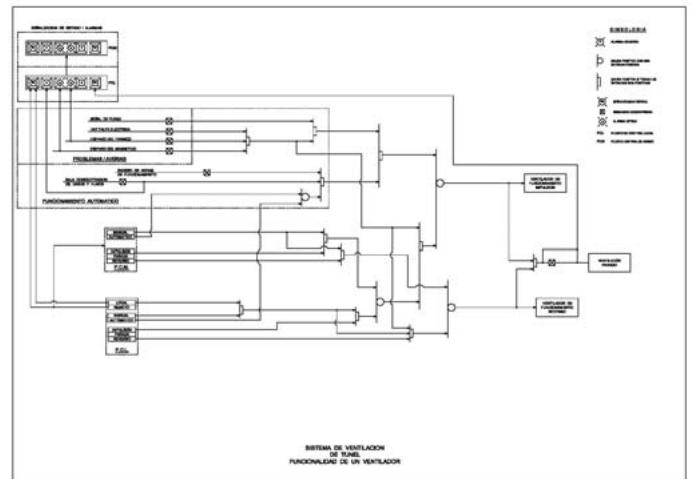
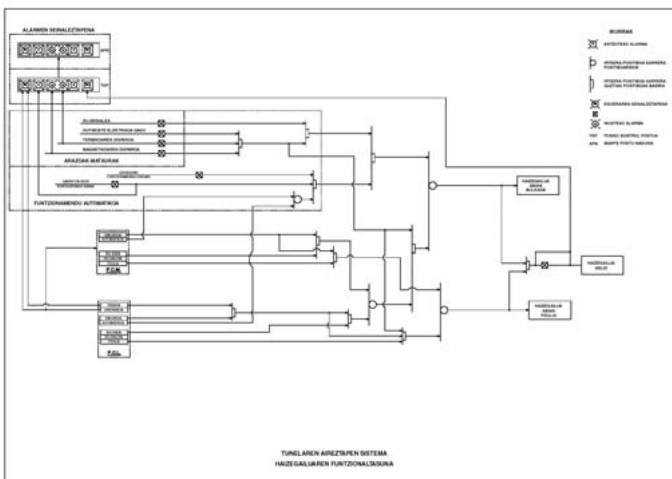
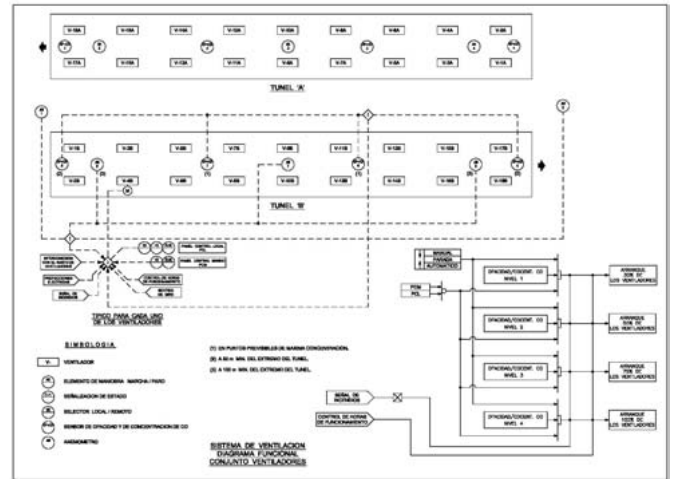
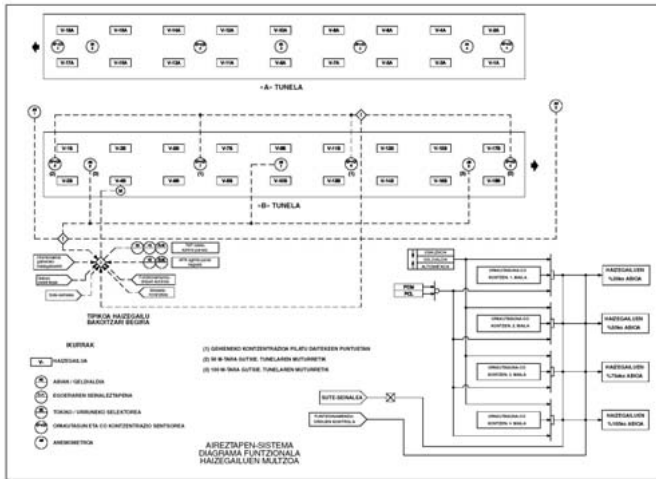
En modo manual, el operador, tanto en forma local como remota podrá poner en marcha en ambos sentidos, es decir, normal o reversible, o bien dar orden de parada. En cualquier caso no deberá existir ningún problema eléctrico, como protecciones, control de horas de funcionamiento de los ventiladores por parejas, etc.

En modo automático, arrancarán o pararán en función de los datos suministrados por la instrumentación asociada y sus umbrales previstos, detectores de CO, opacímetros, y anemómetros.

La actuación en automático no dependerá de si el mando está en el PCL o en el PCM, de tal forma que a falta de conexión con el PCM los automatismos seguirán actuando.

Por el contrario, cuando la actuación es local y manual, ésta tiene preferencia sobre cualquier otra, puesto que se supone que esta actuación es en una situación especial como puede ser en emergencia o en operaciones de mantenimiento.

De forma gráfica se indica a continuación la filosofía de funcionamiento del conjunto.



### 5.5.2. Funtzionamendu normala

Azaldutako horretan ikus daitekeenez, funtzionamendu normalean edo aireztapen sanitarioan, tunelean dauden gasen eta keen kontzentrazioaren arabera funtzionatuko dute ekipoeak; izan ere, automobilerik etengabe igortzen dituzte gasak eta keak. Ahal dela automatikoki jardungo da eta aurretik finkaturiko ustiapen irizpide jakin batzuk eta erreferentziako atalase jakin batzuk beteko dira, hots, CO, NOx, eta Opakotasun mailen arabera funtzioa. Horrez gain, haizegailu bakoitzaren iraupen-denbora aintzat hartuko da, haizegailu guztiek gutxi gorabehera antzeko ordu-kopuru jarraitu dezaten.

### 5.5.3. Larrialdietako funtzionamendua

Larrialdia badago eta suak eragindako keak kontrolatu beharra badago erabiltzaileak ebakuatzeko edo erreskateko pertsonala sartzeko, ustiapenaren eskuliburuaren arabera eta gainerako onarpenen arabera funtzionatuko dute haizegailuek sua dagoenean, hots, edozein ahotatik oso gertu edo tunelaren erdialdean edo bitarteko aldean tunelaren luzeraren arabera betiere.

Hartara, sua dagoenean keak kontrolatzeko azterlan espezifikoa egin beharko da. Bertan finkatuko da aireztapenak funtzionatzeko modua, su dagoen tokiaren arabera betiere. Azterlanaren bukaeran algoritmo bat emango da, kontroleko softwarean ezarri beharrekoa automatikoki behar bezala funtziona dezan sua dagoenean eta gorabehera eta horren kokapena baieztatu dadin.

Sua dagoenerako aireztapen algoritmoak diseinatzerakoan, suaren sorburutik 50 metroko distantzian dauden haizegailuak zerbitzutatik kanpora daudela izan behar da kontuan; hortaz, ezin izango dira erabili.

Oro har, dagoeneko azaldu den moduan, norabide bakarrekotuneletan, trafikoko pilaketarik gabe, aireztapena zirkulazioaren noranzkoan abiaraziko da, zertarako-eta, sorburuaren beheko aldean dauden ibilgailuak eta erabiltzaileak tuneletik irten ondoren, keak arrastatuko dira norabide horretan. Sorburuaren goiko aldean dauden gainerako erabiltzaileak tuneleko sarreratik irtengo dira.

Norabide bakarrekotunelen kasuan, kontroleko algoritmoak egiteko, gutxienez hiru kokapen nagusi aztertu beharko dira, horietako bakoitzean kasurik okerrera bilatuz betiere:

- Sarreratik hurbil.
- Irteeratik hurbil.
- Tunelaren erdian.

Aztertu beharreko kokapen-kopuruek gora egin behar dute zehaztapen geometrikoak edo teknikoak badaude (keak ebakuatzeko tximiniak, tunelaren irteerako edo sarrerako bide-adarrak...). Kokapen bakoitzean, sua dagoenean aireztapena martxan jartzeko modua aztertu beharko litzateke, eta aparte aztertuko lirateke trafikoko arinaren kasua eta tunelaren barruan auto-pilaketak daudenean. Baldin eta auto-pilaketak urtean 5 aldiz gutxiago gertatuko direla justifikatzen bada, algoritmoari buruzko azterlanaren zatia alde batera utz daiteke tuneleko auto-pilaketak gertatzen direnean.

Auto-pilaketak gertatzen direnean, garrantzitsua da keen estratifikazioari eustea; hori lortu ahal izateko, airearen abiadura konstantea behar da. Ahal dela ez dira piztuko aire-fluxu zurrumbilotsua sor dezaketen eta sua sortu den tokitik hurbil dauden haizegailuak; hortaz, suaren sorburutik urrun dauden haizegailuak martxan jartzea gomendatzen da, ahal dela suaren beheko partean.

Azterlan osoa egin ahal izateko, aireztapenaren algoritmoak aldaketak aurreikusitu beharko dira baldin eta sua gertatzen bada norabide bakarrekotunelean, non tunelak, mantentzea dela-eta, bi norabideko erregimenean funtzionatzen duen. Salbuespenezko kasu honetan, auto-pilaketak alde batera utz daitezke, zeren eta mantentze lanak trafikoko dentsitatea txikia denean egiten baitira beti.

### 5.5.2. Funcionamiento Normal

En lo anteriormente expuesto, puede verse que durante el funcionamiento Normal o Ventilación Sanitaria, los equipos funcionarán de acuerdo a la concentración de gases y humos presentes en el túnel, procedentes de la continua emisión de los automóviles. Esta actuación será preferentemente de forma automática y de acuerdo a unos determinados criterios de explotación y umbrales de referencia anteriormente prefijados, es decir, función de los niveles de CO, NOx, y Opacidad. También se tendrá en cuenta las horas de funcionamiento de cada ventilador, de tal forma que se consiga que todos los ventiladores trabajen un número de horas aproximadamente iguales.

### 5.5.3. Funcionamiento de Emergencia

En condiciones de Emergencia, en las cuales es necesario controlar los humos del incendio a fin de facilitar tanto la evacuación de los usuarios como la entrada al túnel del personal de rescate, el funcionamiento de los ventiladores será en función del manual de explotación y de acuerdo a las distintas asunciones en cuanto a la situación del fuego, es decir bien próximo a cualquiera de las bocas o en la parte central o intermedia según longitud.

Con este fin, deberá realizarse un estudio específico para el control de los humos en caso de incendio. En él se determinará cómo deberá actuar la ventilación dependiendo de la localización del fuego. El estudio concluirá con un algoritmo que se debe implementar en el software de control para un correcto funcionamiento de forma automática en caso de que haya un incendio y se confirme el incidente y su localización.

En el diseño de los algoritmos de ventilación en caso de incendio hay que considerar que aquellos ventiladores que se encuentren a menos de 50 metros del foco estarán fuera de servicio, por lo que no se podrá disponer de ellos.

Como norma general, y como ya se ha comentado, en los túneles unidireccionales, sin congestión, se deberá arrancar la ventilación en el sentido de la circulación, para que una vez que los vehículos y usuarios que se encuentren aguas abajo del foco hayan evacuado el túnel, se produzca un arrastre de humos en esa dirección. El resto de usuarios que se encuentren aguas arriba del foco evacuarán por la entrada del túnel.

En el caso de túneles unidireccionales, para la realización de los algoritmos de control, se debe estudiar al menos tres posiciones representativas, buscando el caso más desfavorable dentro de cada una de ellas:

- Próxima a la boca de entrada.
- Próxima a la boca de salida.
- En el medio del túnel.

El número de posiciones a estudiar deben aumentar en el caso de la existencia de especificidades geométricas o técnicas (chimeneas de evacuación de humos, ramales de acceso o salida en el interior del túnel...). Para cada posición se debe estudiar cómo se accionaría la ventilación en caso de incendio, analizando por separado tanto el caso de tráfico fluido como el supuesto de que haya retenciones en el interior del túnel. Si se justifica que en el túnel se van a producir menos de 5 retenciones al año se podrá obviar la parte del estudio del algoritmo en caso de retenciones en el túnel.

En caso de tráfico con retenciones es importante mantener la estratificación de los humos, esto se consigue con una velocidad del aire constante. Se evitará accionar los ventiladores próximos al foco que crean flujos de aire turbulentos, por tanto se recomienda poner en servicio aquellos ventiladores que se encuentren alejados del foco y preferiblemente aguas arriba del incendio.

Para realizar un estudio completo, se debe prever las variaciones en el algoritmo de ventilación en el caso de que se produzca un incendio en un túnel unidireccional que por motivos de mantenimiento funcione en régimen bidireccional. En este caso atípico se puede obviar las retenciones porque el mantenimiento siempre se realizará en situación de baja densidad de tráfico.

## 5.6. Galerien aireztapena kontrolatzeko sistemak

Instalazio honek, hasiera batean, larrialdietan funtzionatuko du soilik. Hala eta guztiz ere, galeria ohiko funtzionamenduan aireztatu ahal izateko, martxan jar daitezke maiztasun jakin batekin, ustiapenaren eskuliburuan ezarritakoaren arabera.

### *Funtzionatzeko modua*

Esan bezala, instalazioa bat dago tunel-zulo bakoitzean. Sua ez dagoen tunel-zuloari esleiturikoan jardun beharko da.

Sua detektatzen bada tunel-zuloren batean, zulo horretatik aire garbia xurgatzen duen haizegailua jarriko da martxan, halako moldez non airea, era berean, suebakiaren konportatik eta gainpresioetik irtengo baita; izan ere, galeria eta sua dagoen tunel-zuloak lotzen baititu konportak. Horretarako, sua dagoen tunel-zuloa airea xurgatzen duen haizegailua geldirik egongo da, eta itxita egongo dira haizegailuarena berarena eta irteerakoa gainpresioa dela-eta.

## 6. TUNELAREN AIREZTAPEN SISTEMA DISEINATZEKO IRIZPIDEAK

### 6.1. Sarrera

Atal honen xedea da diseinatu beharreko proiektuan kontuan izan behar diren diseinu irizpideak zehaztea da, tunel osoaren segurtasun parametroak bete daitezken eta, hortaz, ebakuazio galeriak eta gela tekniko erantsiak barne direla.

Erabiltzaileak, pertsonalak, arlo teknikoetan kokaturiko ekipoak eta elementuak eta transformazio zentroak funtzionamendu normalean edo larrialdietan egokiak izango diren ingurumen-baldintza egokietan egongo dira, eta diseinatu beharreko aireztapen sistemak hori lortzeko beharrezko baldintzak bete beharko ditu.

### 6.2. Tunelaren aireztapenaren gaineko hasierako oharbideak

Tunelaren parametro berezko parametroak kontuan izanik, hau da, geometriaren aldetik (sezkoa, luzera, malda, etab.), zein zirkulazioaren, egoera geografikoaren, eta abarren aldetik dauden parametroak, ezinezkoa da ezarri beharreko aireztapena definitzea horiek parametro guztiak kontuan izan barik. Horrek esan nahi du ezen, parametro jakin batzuk dituen tunel batean nahikoa izan badaiteke ere, beste sistema batzuk kontuan izanik ezinbestekoa dela aireztapen behartua erabiltzea. Kasu honetan, aireztapen sanitarioko edo aireztapen normaleko edo sua dagoenean izan behar den aireztapeneko beharrak izan beharko dira kontuan. Hori dela-eta, hurrengo atalean ezarritakoa gorabehera, ezarritako sistema justifikatuko duen azterlana egin daiteke.

#### 6.2.1. Aireztapen sanitarioa

Arauan esan den bezala, hauexek dira eragina duten eta beraz aireztapen sanitarioari buruzko azterlanean kontuan izan behar diren parametroak: trafikoaren norabidea eta intentsitatea, tunelean onartutako gehieneko abiadura, tunelaren luzera eta malda, tune-laren batezbesteko altitudea, ibilgailu astunen ehunekoa eta inguruetan nagusi den haizea.

Horiek parametro guztiak aintzat hartuta, tunelean modu naturalean edo pistoi-efektuaren eraginez mugitu daitekeen emaria edo haizeak eragindako emaria lortzeko parte hartzen duten faktoreak kalkulatu daitezke. Abiapuntu hori izanik, eta legeria etab eraz onartutako kutsadura aintzat hartuta, aireztapena naturala aireztapen sanitario gisa nahikoa izan daitekeen edo horretarako aireztapen behartua behar den jakiteko modua izango da.

Aireztapen sanitarioaren beharrak, hasiera batean, dokumentu honetako 4.7. atalean agertzen direnak izango dira.

#### 6.2.2. Larrialdietako aireztapena

Lehenago esanenez, sistemaren helburua egoera honetan, funtsean, sutetik datorren kea kontrolatzea da. Hala eta guzti zere, larrialdia eragin dezaketen bestelako gorabehera-motak ere izan beharko dira kontuan, non aireztapena garrantzitsua izan daitekeen, hala nola gas toxikoak igortzen dituzten produktuen isurketa.

## 5.6. Sistemas de control de la ventilación de galerías

En principio esta instalación solamente funcionará en emergencia. No obstante, con el fin de poder ventilar la galería en funcionamiento normal, podrán ponerse en funcionamiento con una determinada periodicidad, de acuerdo al Manual de Explotación.

### *Modo de funcionamiento*

Como ya se ha indicado, para cada tubo existe una instalación. La actuación corresponderá a la asignada al tubo en el que no existe incendio.

Cuando exista detección en uno de ellos, se pondrá en funcionamiento el ventilador que aspira del tubo con aire limpio, de forma que el aire saldrá asimismo por la compuerta cortafuego y de sobrepresión que la galería conecta con el propio tubo sin incendio. Para ello, el ventilador que aspira del tubo con incendio permanecerá parado, y las compuertas de incendios de ese tubo, la del propio ventilador y la de salida por sobrepresión, permanecerán cerradas.

## 6. CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL TÚNEL

### 6.1. Introducción

El presente apartado tiene por objeto definir los criterios de diseño a tener en cuenta en el proyecto a diseñar, a fin de cumplir con los parámetros de seguridad del conjunto del túnel, incluyendo por tanto las galerías de evacuación y los cuartos técnicos anexos.

El Sistema de Ventilación a diseñar deberá cumplir con los requisitos necesarios para conseguir que los usuarios, el personal empleado, así como los equipos y elementos situados en las áreas técnicas, tal como los centros de transformación, se encuentren en las condiciones ambientales adecuadas a la situación de funcionamiento tanto Normal como en Emergencia.

### 6.2. Consideraciones iniciales sobre la ventilación del túnel

Teniendo en cuenta los distintos parámetros característicos del túnel tanto desde el punto de vista geométrico, (sección, longitud, pendiente, etc.), como de circulación, situación geográfica, etc., la ventilación a implantar no es posible definirla sin contar con todos ellos. Ello significa que si bien para un túnel con unos determinados parámetros, pudiera ser suficiente una ventilación de tipo natural, la consideración de otros obliga a la utilización de ventilación forzada. En este caso, se tendrán en cuenta las distintas necesidades que concurren en una ventilación sanitaria o normal, ó en una situación de fuego. Por esta razón, a pesar de lo indicado en el siguiente apartado, deberá realizarse un estudio que justifique el sistema implantado.

#### 6.2.1. Ventilación Sanitaria

Como ya se indica en la norma, los parámetros que influyen y que por tanto deberán ser tenidos en cuenta en el estudio de la ventilación sanitaria son: dirección e intensidad del tráfico, velocidad máxima admitida en el túnel, longitud y pendiente del túnel, altitud media del túnel, % de vehículos pesados, y el viento dominante en la zona.

Teniendo en cuenta todos estos parámetros podrá calcularse los factores que intervienen en la obtención del caudal que de forma natural se moverá dentro del túnel, o consecuencia del efecto pistón, o el originado por el viento. Partiendo de ello, y teniendo en cuenta la legislación y por tanto la contaminación admitida, podrá conocerse si la ventilación natural puede ser suficiente como ventilación sanitaria o si para ello es necesario disponer de una ventilación forzada.

En principio se considerarán como necesidades de Ventilación Sanitaria, las indicadas en el apartado 4.7. del presente documento.

#### 6.2.2. Ventilación de Emergencia

Como ya se ha comentado anteriormente, la finalidad del Sistema en esta situación es fundamentalmente el control del humo procedente de un posible incendio. No obstante, también deberá tenerse en cuenta otro tipo de incidentes que puedan causar una emergencia en los que la ventilación pueda tener importancia, como podría ser un vertido de productos con desprendimiento de gases tóxicos.

Larrialdietako egoera aztertu ahal izateko, ondoren azalduko diren puntu guztiak izan beharko dira kontuan.

#### 6.2.2.1. Larrialdietako irteeren egoera

Baldin eta larrialdietako irteerak badaude eta suaren potentziaren edo pertsonak mugitzeko abiaduraren gaineko edozein hipotesietan pertsonak irteera batera iritsi badaitezke inolako arazorik gabe, ez litzateke beharrezkoa izango larrialdietako aireztapena egoera. Egoera hori kasurik gehienetan teknikoki zaila eta ekonomikoki garestia denez gero, biak bateratu beharra dago.

Hortaz, hori oinarritzat hartuta, larrialdietako aireztapena jarriko da baldin eta ebaluazioko irteeren arteko distantzia nahiko hurbil ez badaude, hots, tuneleko erabiltzaileak ebakuatzeko arazorik ez eragiteko moduan.

Nahiz eta galerien arteko distantziaren definizioan hasierako balio gisa 150 - 350 m-ko distantzia kontsideratu den, parametro zehatzagoak edukiz gero, larrialdietako irteeren arteko beharrezko luzerak agertuko dira ondoren, mugitzeko abiaduraren eta ebakuazioan aurreikusitako denboraren arabera.

| Ebakuazio galerien arteko distantzia |                        |                   |          |          |          |                  |                  |
|--------------------------------------|------------------------|-------------------|----------|----------|----------|------------------|------------------|
| Ebakuazio denbora (min)              | Desplazamendu-abiadura |                   |          |          |          |                  |                  |
|                                      | 0,3 m/s (Itsua)        | 0,5 m/s (Ezindua) | 0,67 m/s | 0,75 m/s | 0,83 m/s | 1,0 m/s (Ohikoa) | 1,5 m/s (Ohikoa) |
| 3                                    | 108                    | 180               | 241      | 270      | 299      | 360              | 540              |
| 4                                    | 144                    | 240               | 322      | 360      | 398      | 480              | 720              |
| 5                                    | 180                    | 300               | 402      | 450      | 498      | 600              | 900              |
| 6,25                                 | 225                    | 375               | 503      | 563      | 623      | 750              | 1.125            |
| 7,5                                  | 270                    | 450               | 603      | 675      | 747      | 900              | 1.350            |

#### 6.2.2.2. Kearen jokabidearen azterlana eta pertsonen desplazamendua era honetako gaitzada batean

Jarraian, kearen jokabidea eta pertsonak mugitzeko abiadura eta, beraz, ebakuazioan erabil daitekeen denbora.

| Kearen jokabidea               |                          |                               |               |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------|
|                                | Aireztapen beharturik ez | Batez. potentzia Ert. (20 Mw) | Altua (50 Mw) |
| Goiko aldeko hedapen-abiadura  | 2 - 2,5 m/s              |                               |               |
| Gehieneko luzera               | 800 m                    |                               |               |
| Erori gabe ematen duen denbora | 7 min (Max. 10 min)      | 5 - 6 min                     | 3 - 4 min     |
| Kea jaisten hasi               |                          | 5 min                         | 3 min         |
| daKak sekzio osoa hartzen du   |                          | 6 min                         | 4 min         |
| Kearen batez. abiadura         |                          | 2,2 m/s                       | 3,4 m/s       |
| Kearen gehieneko abiadura      |                          | 3,8 m/s                       | 5,2 m/s       |

#### 6.2.3. Giroko parametroak

Proiektua garatzeko abiapuntu gisa, kontuan izango dira hai-zegailuen eta sistemako gainerako osagaien ezaugarriak definitzeko egin beharreko kalkuletan eragina izango duten parametroak. Adibidez, bultzadaren definizioan, garrantzitsua da bideraturiko airearen dentsitatea zein den jakitea; hori dela-eta, honako parametro hauek zein diren jakin beharra dago:

- Kokapen geografikoa.
- Kanpoko baldintza klimatikoak, temperatura eta hezetasuna.
- Hartuneen inguruetan nagusitzen diren haizeak.

#### 6.2.4. Barneko giroko baldintzak

Giroko zarataz gain, aireztapen sistemarekin lotura zuzena duten hiru parametro daude: temperatura, airearen abiadura eta giroko kalitatea.

Para el estudio de la situación de Emergencia, deberán tenerse en cuenta los distintos puntos que a continuación se indican.

#### 6.2.2.1. Situación de las Salidas de Emergencia

Si existiesen salidas de emergencia de tal forma que en cualquiera de las hipótesis de potencia de fuego o velocidad de desplazamiento de las personas, éstas pudieran alcanzar una salida sin problemas, no sería necesaria la existencia de una Ventilación de Emergencia. Dado que esta situación en la mayoría de los casos es técnicamente difícil y económicamente costosa, es necesario compaginar ambas.

Por tanto, en base a ello, se situará una Ventilación de Emergencia siempre que la distancia entre las salidas de evacuación no se encuentre lo suficientemente próximas como para evitar problemas de evacuación a los usuarios del túnel.

Aunque en la definición de la distancia entre galerías ya se ha considerado como valor inicial el de 150 - 350 m, caso de disponer de parámetros más concretos, se indican a continuación las longitudes necesarias entre las salidas de emergencia en función de la velocidad de desplazamiento y el tiempo previsto en una evacuación.

| Distancia entre galerías de evacuación |                             |                       |          |          |          |                 |                 |
|--|-----------------------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------------|-----------------|
| Tiempo de evacuación (min)             | Velocidad de desplazamiento |                       |          |          |          |                 |                 |
|  | 0,3 m/s (Invidente)         | 0,5 m/s (Discapitado) | 0,67 m/s | 0,75 m/s | 0,83 m/s | 1,0 m/s (Usual) | 1,5 m/s (Usual) |
| 3                                      | 108                         | 180                   | 241      | 270      | 299      | 360             | 540             |
| 4                                      | 144                         | 240                   | 322      | 360      | 398      | 480             | 720             |
| 5                                      | 180                         | 300                   | 402      | 450      | 498      | 600             | 900             |
| 6,25                                   | 225                         | 375                   | 503      | 563      | 623      | 750             | 1.125           |
| 7,5                                    | 270                         | 450                   | 603      | 675      | 747      | 900             | 1.350           |

#### 6.2.2.2. Estudio del comportamiento del humo y desplazamiento de las personas en este tipo de incidentes

A continuación puede verse comportamiento del humo y la velocidad del desplazamiento de las personas, y por tanto, el tiempo posible a utilizar durante una evacuación.

| Comportamiento del humo                 |                       |                            |                           |
|---|-----------------------|----------------------------|---------------------------|
|   | Sin ventilac. Forzada | Con potencia Media (20 Mw) | Con potencia Alta (50 Mw) |
| Velocidad expansión humo parte superior | 2 - 2,5 m/s           |                            |                           |
| Longitud Max                            | 800 m                 |                            |                           |
| Tiempo que se mantiene sin caer         | 7 min (Max. 10 min)   | 5 - 6 min                  | 3 - 4 min                 |
| El Humo empieza a bajar                 |                       | 5 min                      | 3 min                     |
| El Humo ocupa toda la sección           |                       | 6 min                      | 4 min                     |
| Velocidad media del humo                |                       | 2,2 m/s                    | 3,4 m/s                   |
| Velocidad max del humo                  |                       | 3,8 m/s                    | 5,2 m/s                   |

#### 6.2.3. Parámetros ambientales

Como bases de partida para el desarrollo del proyecto, se tendrán en cuenta aquellos parámetros que tengan influencia en los cálculos a realizar para la definición de las características de los ventiladores y resto de componentes del sistema. Por ejemplo, en la definición del empuje es importante conocer la densidad del aire vehiculado, de ahí que sea necesario conocer parámetros como:

- Situación geográfica.
- Condiciones climáticas en el exterior, temperatura y humedad.
- Vientos dominantes en el entorno de las bocas.

#### 6.2.4. Condiciones ambientales internas

Además del ruido ambiente, existen parámetros directamente relacionados con el Sistema de Ventilación, la temperatura, la velocidad del aire y la calidad ambiental.

#### 6.2.4.1. *Temperaturak, normala eta larrialdietakoa*

Tunelaren ohiko funtzionamenduaren aldetik, aireztapen sisteman ez dagoen parametroa da temperatura, ez tunelean, ez ebaquazio galerietan. Hala ere, tunelaren inguruetan jarriko diren gela teknikoetan, transformadoreen gelan adibidez, finkatu beharreko gehieneko temperatura egon da, eta horren araberakoa izango da jarri beharreko haizegailuen emaria, zertarako-eta giroko egoera egokietan lan egiteko, bero gehiegi dagoela-eta transformadorearen babesa ez betetzeagatik arazorik egon ez dadin.

Ekipo elektrikoek fabrikatzaileak datu zehatzik eman ezik, gela horietan kontsideratu beharreko giroko gehieneko temperatura 40 °C-koa da.

SAI gela bat badago, aire egokitua eduki beharko du bertan.

Larrialdiari dagokionez, pertsonak ebakuazioak iraun bitartean jasan behar duten giroko gehieneko temperatura 80 °C-koa izango da; hori dela-eta, premisa hori izango da ebaluazioari buruzko azterlana.

#### 6.2.4.2. *Airearen kalitatea, normala eta larrialdietakoa*

Parametro hau, beharbada, garrantzitsuena da erabiltzailearentzat tunelean dagoen edozein egoeratan. Jakina, maila onargarriak, ordea, ezberdinak izango dira egoeraren arabera.

Ohiko funtzionamenduak iraun bitartean, halako diluzioa lortu behar du aireztapena non mailek ez baitituzte gaindituko ondoko taulan agertzen diren balioak; balio horiek, berez, diluzio emaria kalkulatzeko abiapuntuak izango dira.

| Ke eta gasen diluzioko muga onargarriak |                             |                                    |                                    |
|---|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Tunel-mota                              | Zirkulazio arina (100 km/h) | Zirkulazio arina (60 - 80 km/h)    | Trafiko-pilaketa                   |
| CO maila                                |                             |                                    |                                    |
| Ez hirikoa                              | 100 - 150 PPM               | 150 - 150 PPM                      | 150 - 200 PPM                      |
| Hirikoa                                 | 100 - 150 PPM               | 100 - 150 PPM (250 lantzean behin) | 100 - 150 PPM (250 lantzean behin) |
| Kea dagoen ikuspenaren K lim faktorea   |                             |                                    |                                    |
| Edozein                                 | 0,005 m-1                   | 0,005 - 0,007 m-1                  | 0,007 - 0,009 m-1                  |

Baldin eta ikuspena murrizten bada K lim faktorea 0,012 m-1-ra iritsi arte, itxi egingo da tunela.

Larrialdietarako aireztapenaren kasuan, abiadura kritikoari buruzko azterlana eta tunelaren sekzioa izango dira emaria kalkulatzeko oinarriak, zeren eta, horrela, suaren goiko urek kerik gabeko giroa izango baitute.

Nahiz eta haizegailuen beharrezko emariaren kalkulua larrialdietan, oro har, tunelaren batezbesteko 3 m/s-ko arraste-abiadura abiapuntua izanik egiten den, abiadura kritikoa kalkulatu beharko da; izan ere, abiadura hori haizegailuak hautatzeko kontuan hartu beharreko gutxieneko balioa izango da. Jarraibide egokian ikus daiteke kalkulua egiteko metodoa.

#### 6.2.4.3. *Airearen abiadurak, normala eta larrialdietakoa*

Balio hauek izango dira kontuan.

| Aintzat hartu beharreko airearen abiadurak |  |             |
|--|--|-------------|
| Kontzeptua                                 | Gutx. abiad.                           | Geh. abiad. |
| <i>Tunela</i>                              |  |             |
| Funtzionamendu normala                     | Beharrezkoa, diluzio emariaren gainean | 11 m/s      |
| Larrialdietako funtzionamendua             | Abiadura kritikoa                      | 11 m/s      |
| <i>Ebaluazio galeriak eta aterpeak</i>     |  |             |
| Giro orokorra                              | 0,25 m/s                               | 11 m/s      |
| Tunel-zuloak                               | 6 - 10 m/s                             |             |
| Inputso saretoak                           | 2,5 - 4 m/s                            |             |
| Ebaluazio saretoak                         | 4 m/s                                  |             |

#### 6.2.4.1. *Temperaturas, Normal y Emergencia*

Desde el punto de vista del Funcionamiento Normal del túnel, la temperatura es un parámetro que no se encuentra bajo el control del Sistema de Ventilación, ni en el túnel ni en las galerías de evacuación. No obstante, en los cuartos técnicos que se localicen en el entorno del túnel, como por ejemplo, la sala de los transformadores, existirá una temperatura máxima a fijar, de la cual dependerá el caudal de los ventiladores a disponer, a fin de que estos trabajen dentro de las condiciones ambientales adecuadas para evitar problemas de suministro de energía por saltar las protecciones del transformador, por exceso de calor.

A falta de datos concretos suministrados por el fabricante de los equipos eléctricos, la temperatura máxima del ambiente a considerar en estas salas será de 40 °C.

En caso de que existiese una sala SAI, ésta deberá disponer de Aire Acondicionado.

En cuanto a la situación de Emergencia, se considera que la temperatura máxima del ambiente a soportar por las personas durante la evacuación será de 80 °C, motivo por el cual, el estudio de evacuación estará basado en esta premisa.

#### 6.2.4.2. *Calidad del aire, Normal y Emergencia*

Este parámetro es tal vez el más importante para el usuario en cualquiera de las situaciones en las que se encuentre el túnel, aunque lógicamente los niveles aceptables serán distintos en función de la situación.

Durante el Funcionamiento Normal, la ventilación deberá conseguir una dilución tal, que los niveles no sobrepasen los valores que se indican en la siguiente tabla, los cuales por tanto serán la base de partida para los cálculos del caudal de dilución.

| Límites admisibles en la dilución de humos y gases |                               |                                   |                                |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Tipo de túnel                                      | Circulación fluida (100 km/h) | Circulación fluida (60 - 80 km/h) | Circulación parada             |
| Nivel de CO  |                               |                                   |                                |
| No urbano  | 100 - 150 PPM                 | 150 - 150 PPM                     | 150 - 200 PPM                  |
| Urbano   | 100 - 150 PPM                 | 100 - 150 PPM (250 esporádico)    | 100 - 150 PPM (250 esporádico) |
| K lim de visibilidad por Humos                     |                               |                                   |                                |
| Cualquiera   | 0,005 m-1                     | 0,005 - 0,007 m-1                 | 0,007 - 0,009 m-1              |

Caso de que la visibilidad se reduzca hasta que el factor K lim alcance 0,012 m-1, deberá cerrarse el túnel.

En el caso de la Ventilación de Emergencia el caudal estará basado fundamentalmente en el estudio de la velocidad crítica y la sección del túnel, puesto que con ello la zona aguas arriba del incendio dispondrá de aire ambiente sin humo.

Aunque el cálculo del caudal necesario de los ventiladores en situación de emergencia suele realizarse de forma genérica partiendo de una velocidad de arrastre de 3 m/s de velocidad media en el túnel, deberá realizarse el cálculo de la velocidad crítica, la cual será el valor mínimo a tener en cuenta para la elección de dichos ventiladores. El método de cálculo puede verse en la correspondiente instrucción.

#### 6.2.4.3. *Velocidades del aire, Normal y Emergencia*

Se tendrán en cuenta los siguientes valores.

| Velocidades de aire a considerar         |                               |             |
|--|-------------------------------|-------------|
| Concepto                                 | Veloc. min.                   | Veloc. max. |
| <i>Túnel</i>                             |                               |             |
| Funcionamiento Normal                    | Necesaria, s/ caudal dilución | 11 m/s      |
| Funcionamiento en Emergencia             | Veloc. Crítica                | 11 m/s      |
| <i>Refugios y galerías de evacuación</i> |                               |             |
| Ambiente general                         | 0,25 m/s                      | 11 m/s      |
| Conductos                                | 6 - 10 m/s                    |             |
| Rejillas de impulsión                    | 2,5 - 4 m/s                   |             |
| Rejillas de evacuación                   | 4 m/s                         |             |

#### 6.2.4.4. *Haizegailuaren emaria eta presioa*

Tunelaren girorako eskatzen diren gasak eta keak diluitzeko behar den emariaren kalkuluetatik aterako da aireztapen sanitarioaren emaria. Larrialdietarako aireztapenean, suak eragindako keak arrastatzeko behar den abiadura kritikoari buruzko azterlana izango da kalkuluaren oinarria.

### 6.3. **Ebakuazio galerien aireztapenari buruzko oharbide orokorrak**

Galerien egoera zehaztu ondoren, izan beharreko giroaren alde-tik kontuan hartu beharreko irizpideak ere zehaztu beharko dira.

#### 6.3.1. **Suebakiien atekak**

Nahiz eta sektORIZAZIOAREN gaia suaren kontrako babesaren sistemaren barruan kokatu, horixe izango da lehen irizpidea, hots, galeriek ate suebakiak izango dituzte bi tunel-zuloekiko komunikazioan.

#### 6.3.2. **Barneko giroaren kontrola**

Eutsi beharreko giroari dagokionez, honako parametro hauek izan beharko dira kontuan: galeriaren gainpresioa, saretoetatik igarotzean dagoen abiadura eta abiadura terminala, zuloen diseinuaren abiadura.

##### 6.3.2.1. *Giroko airea berritzea*

Giroari muga onargarri batzuen barruan eusteko, orduko 6 berriztapeni dagokien emaria inpulsatuko da galerian.

##### 6.3.2.2. *Tunel-zuloekiko presio diferentziala*

Suteko kerik sar ez dagin, gainpresio txikia izango da bi zuloekiko edo kanpoko aldearekiko. Balio hori gutxienez 8 mm.c.a-koa izango da.

##### 6.3.2.3. *Airearen abiadurak tune-zuloetan eta elementu terminalaetan*

6.2.4.3. atalean ezarritako balioak izan beharko dira kontuan zuloak eta saretoa diseinatzerakoan.

##### 6.3.2.4. *Giroko airearen abiadurak*

Okupazio-guneko airearen abiadura gehienez 2 m/s-raino hartuko da baliozkotzat.

#### 6.3.3. **Suebakiien konportak**

Esan moduan, suaren kontrako konportak jarriko dira tunel-zuloekiko komunikaziorako hormak zeharkatzen dituzten zuloetan zein airea itzultzeko zuloetan.

## 7. AURRETIAZKO AZTERKETA-OINARRIZKO PROIEKTUAREN FASEA

### 7.1. **Orokortasunak**

Proiektua egiteko, lehenengo eta behin kalkulu egokiak egin behar dira, betiere abiapuntuko oinarrietatik hasita, hala nola ezauzgarri geometrikoak, trafikoa, etab.

Atal honen xedea da araua betetzeko beharrezko kalkuluak egiterakoan kontuan izan beharreko abiapuntuko oinarriak adieraztea, baita ekipu nagusien zehaztapenak, muntaketa, martxan jartzea eta instalazioaren ustiapenaren oinarrizko zehaztapenak definitzea ere.

### 7.2. **Aireztapen naturala**

Oro har, ez da beharrezkotzat jotzen aireztapen behartua norabide bakarreko tuneletan, III. motakoetan. Hala ere, beharrian hori aztertu egin behar da II. motako tuneletan, eta nahitaezkoa da I. motako tuneletan.

Erregela orokor gisa, bi norabideko tunelen kasuan, beharrezkoa da nahitaezko aireztapena I, II eta III. motako tuneletan.

#### 6.2.4.4. *Caudal y presión del ventilador*

El caudal de Ventilación Sanitaria se deducirá de los cálculos del caudal necesario a vehicular para conseguir la dilución de gases y humos exigidos para el ambiente del túnel. Para la Ventilación de Emergencia, el cálculo estará basado en el estudio de la velocidad crítica necesaria para el arrastre de los humos producidos por el incendio.

### 6.3. **Consideraciones generales sobre la Ventilación de Galerías de Evacuación**

Una vez definida la situación de las galerías, es necesario así mismo definir los criterios a tener en cuenta desde el punto de vista del ambiente que deban tener.

#### 6.3.1. **Puertas cortafuego**

Aunque el tema de la sectorización se encuadra dentro del Sistema de Protección Contra Incendios, este será el primer criterio, es decir las galerías dispondrán de puertas cortafuegos en su comunicación con ambos tubos.

#### 6.3.2. **Control del ambiente interior**

En cuanto al ambiente a mantener, los parámetros a tener en cuenta serán, la sobrepresión de la galería, la velocidad a su paso por las rejillas y velocidad terminal, así como la velocidad de diseño de los conductos.

##### 6.3.2.1. *Renovación del aire ambiental*

Con el fin de mantener al ambiente dentro de unos límites aceptables, se impulsará a la galería el caudal correspondiente a 6 renovaciones por hora.

##### 6.3.2.2. *Presión diferencial respecto a los tubos*

Con el fin de evitar entradas de humos procedentes del incendio, deberán mantenerse en ligera sobrepresión respecto a ambos tubos o exterior. Este valor no será inferior a 8 mm.c.a.

##### 6.3.2.3. *Velocidades del aire en conductos y elementos terminales*

En el dimensionamiento de los conductos y rejillas, deberán considerarse los valores: ya indicados en el apartado 6.2.4.3.

##### 6.3.2.4. *Velocidades del aire Ambiente*

La velocidad del aire en la zona de ocupación se considerará válida hasta 2 m/s.

#### 6.3.3. **Compuertas cortafuego**

Como ya se ha indicado, se instalarán compuertas cortafuego tanto en los conductos que atraviesen las paredes de comunicación con los tubos, como en los huecos de retorno de aire.

## 7. ANÁLISIS PRELIMINAR- FASE DEL PROYECTO BÁSICO

### 7.1. **Generalidades**

Para la realización del proyecto, en primer lugar deberán realizarse los correspondientes cálculos, partiendo de las bases de partida, como son, características geométricas, tráfico, etc.

El presente apartado tiene como objetivo indicar las bases de partida a tener en cuenta en los cálculos necesarios para el cumplimiento de la norma, así como especificar de forma básica las especificaciones de los equipos principales, el Montaje, Puesta en Marcha y Explotación de la instalación.

### 7.2. **Ventilación Natural**

Como norma general, para túneles unidireccionales no se considera necesaria la ventilación forzada en los túneles Tipo III, deberá estudiarse su necesidad en Tipo II y es obligatoria para túneles Tipo I.

Como norma general, para túneles bidireccionales se considera necesaria la ventilación forzada en los túneles Tipo I, II y III.

Horretarako, lehenengo eta behin aireztapen naturalean parte hartzen duten parametroak edo faktore nagusiak hartu beharko dira aintzat eta matematikoki aztertu beharko da horien arteko erlazioa; oinarri hori izanik, aireztapen naturala kasu bakoitzean nahikoa den ala ez ondorioztatuko da.

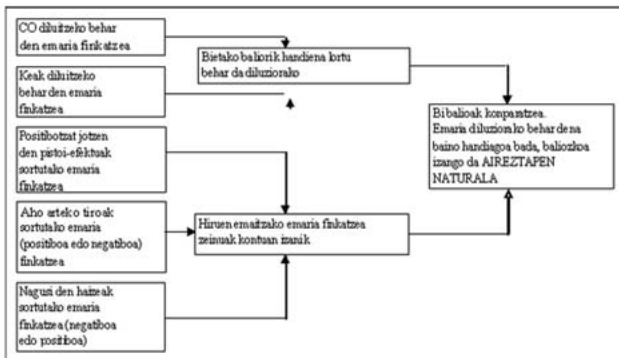
Hauexek dira kontuan hartu beharreko faktore nagusiak:

- a) *Trafikoaren norabidea*: Trafikoak sortutako pistoi-efektua eta, beraz, horren aireztapena guztiz ezberdina da norabide bakarreko edo bi norabideko tuneletan.
- b) *Trafikoaren intentsitatea*: Intentsitatea handitzen bada, tunelean sartzen den gas kopuruak ere gora egiten du eta trafikoa handitzeak, aldiz, pistoi-efektua areagotzen du norabide bakarreko tuneletan.
- c) *Tunelean onartutako gehieneko abiadura*: Parametro honen eragina aurreko atalean adierazitakoaren antzekoa da.
- d) *Tunelaren luzera*: Erlazio zuzena dago tunelaren luzeraren eta tiro naturalari kontra egiten dion karga-galeraren artean.
- e) *Hartuneen arteko koten diferentzia*: Zuzenean hartzen du parte aireztapen naturalean.
- f) *Tunelaren malda*: Tunelaren malda zenbat eta handiagoa izan, orduan eta gas kantitate handiagoa izango da tunelean, ibilgailuen erregaien kontsumoak gora egiten duelako.
- g) *Tunelaren batezbesteko altuera*: Eragina txikia badu ere, horren araberrakoak izango dira oro har ingurunearen klimaren egoera eta, beraz, mugimenduan den airearen dentsitatea; izan ere, faktore horrek eragina du aireztapenean airearen mugimenduaren kontrako erresistentziari dago-kionez.
- h) *Aldean nagusitzen den haizea*: Parametro honek zuzenean izango du eragina gainerako faktoreen arabera, gehienbat trafikoaren noranzkoari dagokiona. Haizea parametro aldakorra denez gero, inguruko datuen edo azterlanen edo araudiaren bidez ezagutzen den balioarekin egingo da kalkulua erabakia hartzeko.
- i) *Ibilgailu astunen ehunekoa*: Era horretako ibilgailuek kutsadura handiagoa sortzen dute; abiapuntuzat hartu behar da kontuan faktore hori.
- j) *Legeria*: Horren guztiarengandik ondoriozta daiteke zein izan daitekeen lor daitekeen aireztapen naturala. Aitzitik, tunelean zein diluzio lor daitekeen adieraziko zaigu soilik eta, beraz, beharrezkoa izango da harekin lotura zuzena duen legeria ezagutzea; hala, lorturiko diluzioa arautegiaren aldetik onargarria den ala ez ondorioztatzeko modua izango da.

Azaldutako parametro horiek konbinatuta eta aztertuta, aztertu beharreko tunelean aireztapen naturala izan daitekeen ala ez ondorioztatu ahal izango da, betiere tunelerako nahikoa segurua den aireztapentzat jotzeko.

*Kalkulu metodoa*

Ondoko fluxu-diagraman aireztapen naturala baliozkotzat ematea edo ez ahalbidetzen duen kalkuluaren garapena ikus daiteke.



Hurrengo ataletan adierazitako eskakizun guztiei buruzko azterketa egingo da.

Con este fin, se deberán considerar en primer lugar los parámetros o factores principales que intervienen en la ventilación natural, y analizar de forma matemática la relación entre ellos deduciendo con esa base si dicha ventilación natural es suficiente en cada caso.

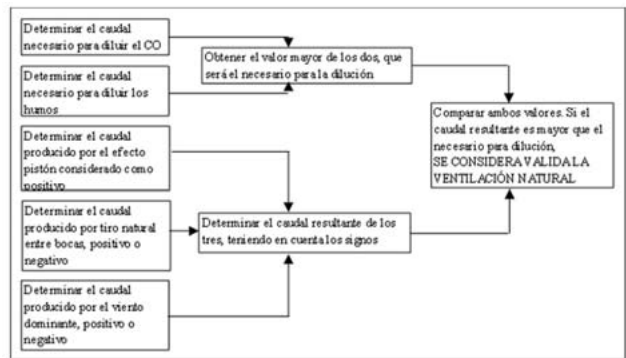
Los principales factores a tener en cuenta son los siguientes:

- a) *Dirección del tráfico*: El efecto pistón producido por el tráfico y por tanto la ventilación que produce, es totalmente distinta en el caso de túneles unidireccionales o bidireccionales.
- b) *La intensidad del tráfico*: Al aumentar la intensidad, aumenta la cantidad total de gases que se introducen en el túnel. El incremento del tráfico aumenta el efecto pistón en túneles unidireccionales.
- c) *Velocidad máxima admitida en el túnel*: La influencia de este parámetro es similar a lo indicado en el apartado anterior.
- d) *La longitud del túnel*: Existe una relación directa entre la longitud del túnel con la pérdida de carga que se contrapone al tiro natural.
- e) *Diferencia de cotas entre las bocas*: Interviene directamente en la ventilación natural.
- f) *Pendiente del túnel*: La mayor pendiente del túnel aumenta la cantidad de gases en el túnel por un aumento del consumo de combustible en los vehículos.
- g) *Altitud media del túnel*: Aunque su influencia es pequeña, de ella dependen en general las condiciones climáticas del entorno, y por tanto la densidad del aire en movimiento, factor que influye en la ventilación en relación con la resistencia al movimiento del aire.
- h) *Viento dominante en la zona*: Este parámetro influirá directamente dependiendo del resto de factores, fundamentalmente de la dirección del tráfico. Puesto que el viento es un parámetro variable, el cálculo para la decisión, se realizará con el valor conocido por normativa o estudios o datos de la zona.
- i) *Porcentaje de vehículos pesados*: Este tipo de vehículos producen una mayor contaminación, este factor deberá tenerse en cuenta como base de partida.
- j) *Legislación*: De lo anteriormente expuesto, se podrá deducir cuál puede ser la ventilación natural que puede llegar a conseguirse. No obstante, ello solamente nos indica qué dilución se podrá conseguir en el túnel y por tanto será necesario conocer la legislación directamente relacionada con ella, que permita deducir si la dilución alcanzada es aceptable o no desde el punto de vista normativo.

De la combinación y estudio de los parámetros anteriormente expuestos, se podrá deducir si el túnel a estudio permite o no disponer de una Ventilación Natural que se considere suficientemente segura para dicho túnel.

*Método de cálculo*

En el siguiente diagrama de flujo puede verse el desarrollo de cálculo que permite validar o no una ventilación natural.



En los siguientes apartados se realiza un análisis de cada uno de los requerimientos que se indican.



### 7.2.1. CO diluitzeko beharrezko emaria

Kalkulu horietarako eskatzen diren datuak trafikoari dagozkion datuak (ordu bakoitzeko ibilgailuak, astunak zein arinak) eta tunelean baimendutako gehieneko abiadurak. Halaber, kontuan izan behar da tunelaren geometria (luzera, maldetako tarreak, etab.).

Motoreek igorritako karbono monoxidoaren kontzentrazioa mugatuta izateko behar den emaria kalkulatu da, eta gainera ia kasu guztietan nitrogeno oxidoak diluitzeko gai ere bada.

Hauxe da erabili beharreko formula orokorra:

$$Q_{CO} = \frac{q_{CO} * F_h * F_i * F_v * L * N * M * 10^6}{\delta * V * 3.600} \quad (m^3/s)$$

Non hauxe baitugu:

$Q_{CO}$  = CO diluitzeko behar den aire freskoaren emaria ( $m^3/s$ ).

$q_{CO}$  = CO igorpena batezbesteko ibilgailuko ( $m^3/ordua/ibilgailua/T$ ).

Kontsideraturiko abiaduraren arabera aldatzen da balio hori. Batezbesteko igorpena galtzada horizontalean doan ibilgailu baterako denez gero, itsasoaren mailan eta denbora unitateko, benetako baldintzak zuzentzeko  $F_i$ ,  $F_h$  eta  $F_v$  faktoreak erabiltzen dira.

$F_h$  = *Altitudearen faktorea*: Faktore honetan CO igorpen diferentziak hartzen dira kontuan ibilgailua dagoen altueraren arabera itsasoaren altuerarekiko, zeren eta altitudearekin aldatu egiten baitira atmosferaren egoera, airearen dentsitatea eta aireak duen oxigeno kantitatea; hortaz, errekuntza ezberdina da.

$F_i$ , ibilgailu astunetarako zein autoetarako kontsideratzen da. Adierazpen honen bidez kalkulatu da, altitudearen arabera.

$$F_h = 1 + 0,001 * H$$

Non  $H$  itsasoaren mailaren gaineko altuera baita, metrotan adierazia.

$F_i$  = *Maldaren faktorea*: Faktore honek CO igorpen diferentziak hartzen ditu kontuan galtzadaren makurduren arabera.

Maldaren eraginez, motoreak potentzia handia behar du eta erregai gehiago erretzen du; hortaz, gas kantitate handiagoa sortzen du (Malda handiagoko dauden martxa-aldaketek ere eragina dute, martxa txikiagoak erabiltzen baitira).

$F_i$  maldaren koefizienteak balio berdinak hartzen ditu ibilgailu astunetarako eta autoetarako.  $F_i$  balioak adierazpen hauen bidez kalkulatu daitezke:

—  $i \leq 0\%$  bada,  $F_i = 1$

—  $i > 0\%$  bada,  $F_i = 1 + i/12$

Non ehunekoetan ematen baita  $i$  malda.

Malda positibotzat hartzen da ( $i > 0$ ) igoera denean eta malda negatiboa ( $i < 0$ ) jaitsieran denean.

Malda ezberdineko hainbat tarte badago tunelean, kalkuluak egingo dira tarte bakoitzerako, apartekoak, bakoitzak bere malda, luzera, etab. dituela, eta beharrezko guztizko emaria kalkulatu da tarte bakoitzari dagozkion emari partzialak batuta.

$F_v$  = Abiaduraren faktorea. Faktore honek zirkulazioaren abiadura hartzen du kontuan, zeren eta abiaduraren arabera erregai kantitate ezberdina kontsumituko baita eta errekuntzako hondakin kopuru ezberdina sortuko baita. Ekuazio honen bidez lortzen da faktore hau:

$V < 10$  (km/h) bada,

$$F_v = 0,08 * V.$$

$V$  10 eta 60 (km/h) tartean badago,

$$F_v = 0,76 + 0,004 * V.$$

$V$  60 eta 90 (km/h) tartean badago,

$$F_v = 0,6 + 0,006667 * V.$$

### 7.2.1. Caudal necesario para dilución del CO

Los datos que se requieren para estos cálculos son, los datos del tráfico, (vehículos por hora, tanto ligeros como pesados), y sus velocidades máximas admitidas en el interior del túnel. Así mismo, deberá tenerse en cuenta la geometría del túnel (longitud, tramos de distintas pendientes, etc.).

Se calcula el caudal requerido para mantener limitada la concentración de monóxido de carbono emitido por los motores, siendo también capaz de diluir los óxidos de nitrógeno en prácticamente todos los casos.

La fórmula general a emplear es:

$$Q_{CO} = \frac{q_{CO} * F_h * F_i * F_v * L * N * M * 10^6}{\delta * V * 3.600} \quad (m^3/s)$$

Siendo:

$Q_{CO}$  = Caudal de aire fresco necesario para diluir el CO, en  $m^3/s$ .

$q_{CO}$  = Emisión de CO por vehículo medio, en  $m^3/h/vehículo/T$ .

Este valor varía con la velocidad considerada. Dado que la emisión media es la dada para un vehículo circulando por una calzada horizontal, a nivel del mar y por unidad de tiempo, la corrección para las condiciones reales se hace mediante los factores  $F_i$ ,  $F_h$  y  $F_v$ .

$F_h$  = *Factor de altitud*: Este factor tiene en cuenta las diferencias de emisión de CO según la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el vehículo, ya que con la altitud varían las condiciones atmosféricas, la densidad del aire y su riqueza en oxígeno, con lo que la combustión es diferente.

$F_h$ , se considera igual tanto para los vehículos pesados como para los turismos. Viene dado, en función de la altitud, de acuerdo a la expresión.

$$F_h = 1 + 0,001 * H$$

Siendo  $H$ , la altura sobre el nivel del mar en (m).

$F_i$  = *Factor de pendiente*: Este factor tiene en cuenta las diferencias de emisión de CO según las distintas inclinaciones de la calzada.

La pendiente hace que el motor tenga que desarrollar mayor potencia, quemando más combustible y produciendo, por tanto, mayor cantidad de gases. (También influyen los posibles cambios de marcha a mayor pendiente, marchas más cortas).

El coeficiente de pendiente  $F_i$ , toma los mismos valores para vehículos pesados y para turismos. Los valores de  $F_i$  pueden calcularse mediante las expresiones:

— Para  $i \leq 0\%$   $F_i = 1$

— Para  $i > 0\%$   $F_i = 1 + i/12$

Donde la pendiente,  $i$ , viene dada en tanto por ciento.

Se considera pendiente positiva ( $i > 0$ ) cuando es subida, y pendiente negativa ( $i < 0$ ) cuando se trata de bajada.

Cuando en el túnel existan varios tramos con distinta pendiente, se realizarán los cálculos para cada tramo por separado, con su pendiente, longitud, etc. y se calcula el caudal total necesario mediante la suma de los caudales parciales correspondientes a cada tramo.

$F_v$  = Factor de velocidad. Este factor tiene en cuenta la velocidad de circulación, dado que en función de ella se consumirá una distinta cantidad de combustible y se producirá una distinta cantidad de residuos de combustión. Este factor se obtiene mediante las ecuaciones:

Si  $V < 10$  (km/h)

$$F_v = 0,08 * V.$$

Si  $V$  entre 10 y 60 (km/h)

$$F_v = 0,76 + 0,004 * V.$$

Si  $V$  entre 60 y 90 (km/h)

$$F_v = 0,6 + 0,006667 * V.$$

V 90 eta 120 (km/h) tartean badago,

$$F_v = -0,6 + 0,02 \cdot V.$$

V zirkulazio-abiadura: Errepideko tuneletan 60 km/h-ko abiadura hartu ohi da, eta 20 km/h ingurukoak hiriko tuneletan, eta trafikoko azkarra (arina) eta trafikoko astuna (astunak eta zenbait ibilgailu arin) bereiz daitezke.

$L$  = Tunelaren luzera km-tan, adierazia edo, hala denean, aztertu beharreko tuneleko tarteari dagokiona.

N = Trafikoaren dentsitatea, orduko ibilgailu kopuruarekin emana.

Datu hori ez da zehatza eta finkoa, baizik eta gutxi gorabeherako kalkuletan oinarritzen da. Aurreikusitako gehieneko trafikoko orduari dagokion intentsitatea hartuko da, ibilgailu-motak kontuan izanik: arinak eta astunak.

$\delta$  = Onarturiko COren mugako proportzioa, milioiko partetan adierazia (MP).

Onarturiko COren mugako proportzioa,  $\delta$ , 225 izan ohi da aireztapen longitudinalaren sistema hartzen bada, eta 150 beste sistema batekin.

Ondoko taulan onarturiko COren gehieneko MP mailak agertzen dira tunel-motaren arabera (hirikoa edo hiri artekoa) eta aurreikusitako zirkulazio-motaren arabera (auto-ilarak dituen edo arina). Aurrekoaren irizpide osagarria dakar.

#### Onartutako gasen gehieneko kontzentrazioak

| Tunel-mota                                 | Zirkulazio-pilaketak | Zirkulazio arina |
|--|----------------------|------------------|
| Hiri arteko tunelak (errepidea edo mendia) | 150 - 200            | 100 - 150        |
| Hiriko tunelak                             |                      |                  |
| Ohiko pilaketak                            | 150 - 200            | 100 - 150        |
| Pilaketa urriak                            | 100 - 150            | 100 - 150        |

Ibilgailuko CO igorpena, esan den moduan, zirkulazio-abiaduraren arabera izango da. 60 km/h-koa toki laueta eta itsasoaren mailan; 0,6 eta 1 m<sup>3</sup>/h/ibilgailu/T-ko balioak hartzen dira herrialde bakoitzeko auto kopuruaren arabera.

Ondoko taula honetan, karbono monoxidoen eta nitrogeno oxidoen oinarritzko igorpenak agertzen dira, ibilgailuen igorpenen inguru herrialde bakoitzean aplikatu beharreko arautegiaren arabera.

#### Substantzia kutsakorren oinarritzko igorpenak

| Igorpenen legea | Kontrola | q <sup>o</sup> CO (m3/h, pc) | q <sup>o</sup> NO (g/h, pc) |
|-----------------|----------|------------------------------|-----------------------------|
| Legerik ez      | Bai      | 1 - 1.5                      | 120                         |
| CEE R 15/04     | Bai      | 0,7                          | 120                         |
| CEE R 15/04     | Bai      | 0,5                          | 100                         |
| CEE R 89/458    | Bai      | 0,16                         | 60                          |
| FTP 75          | Bai      | 0,12                         | 40                          |
| Diesel motorea  | —        | 0,08                         | 40                          |

V = Kontsideraturiko zirkulazioaren abiadura (km/h).

Errepideko tuneletan 60 km/h-ko abiadura hartu ohi da, eta 20 km/h ingurukoak hiriko tuneletan, eta trafikoko azkarra (arina) eta trafikoko astuna (astunak eta zenbait ibilgailu arin) bereiz daitezke.

M = Ibilgailuen tonak edo pisua (T).

Autoetarako eta ibilgailu astunetarako pisuak ezberdinak direnez gero, ibilgailu arinei dagokien aire-emaria kalkulatu behar da beti eta beste emari bat ibilgailu astunei dagokienez, ondoren bi emariak batzeko. Horren ondorioz, trafikokoaren dentsitatearen datuan zehatza egin behar da orduko autoen kopurua eta ibilgailu astunen kopurua. Ibilgailu arinen batezbesteko pisua tona batekoa da, eta ibilgailu astunetarako, berriz, 6 eta 30 tona bitartekoa, bide-motaren arabera.

Si V entre 90 y 120 (km/h)

$$F_v = -0,6 + 0,02 \cdot V.$$

La velocidad de circulación, V: Habitualmente se suele tomar 60 km/h, en túneles de carretera, y próxima a 20 km/h en túneles urbanos, pudiendo discriminarse tráfico rápido (ligeros), respecto a tráfico lento (pesados y parte de ligeros).

$L$  = Longitud del túnel en km, o en su caso, del tramo del túnel a estudio.

N = Intensidad de tráfico, medida en vehículos por hora.

Este dato no es exacto y fijo, sino que se basa en estimaciones. Se tomará la intensidad correspondiente a la hora de máximo tráfico previsto, teniendo en cuenta los tipos de vehículos: ligeros y pesados.

$\delta$  = Proporción límite de CO admitida, expresada en partes por millón (ppm).

La proporción límite de CO admitida,  $\delta$ , es habitualmente 225 si se adopta el sistema de ventilación longitudinal y 150 con otro sistema distinto.

La siguiente tabla muestra los niveles máximos de PPM admitidos de CO en función del tipo de túnel (urbano o interurbano), y del tipo de circulación prevista (congestionada o fluida). Representa un criterio complementario al anterior.

#### Concentraciones de gases máximas admitidas

| Tipo de túnel                              | Circulación congestionada o parada | Circulación fluida |
|--|------------------------------------|--------------------|
| Túneles interurbanos (carretera o montaña) | 150 - 200                          | 100 - 150          |
| Túneles urbanos                            |                                    |                    |
| Congestión habitual                        | 150 - 200                          | 100 - 150          |
| Raramente congestión                       | 100 - 150                          | 100 - 150          |

La emisión de CO por vehículo medio depende, como se ha dicho, de la velocidad de circulación. 60 km/h, para terreno llano y al nivel del mar, se adoptan valores entre 0,6 y 1 m<sup>3</sup>/h/vehículo/T, en función del tipo de parque móvil de cada país.

La siguiente tabla muestra las emisiones básicas de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno contemplados según la normativa aplicable en cada país para las emisiones de los vehículos.

#### Emisiones básicas de contaminantes

| Ley de emisiones | Control | q <sup>o</sup> CO (m3/h, pc) | q <sup>o</sup> NO (g/h, pc) |
|------------------|---------|------------------------------|-----------------------------|
| Ninguna ley      | No      | 1 - 1.5                      | 120                         |
| CEE R 15/04      | No      | 0,7                          | 120                         |
| CEE R 15/04      | No      | 0,5                          | 100                         |
| CEE R 89/458     | Si      | 0,16                         | 60                          |
| FTP 75           | Si      | 0,12                         | 40                          |
| Motor Diesel     | —       | 0,08                         | 40                          |

V = Velocidad de circulación considerada en km/h.

Habitualmente se suele tomar 60 km/h, en túneles de carretera, y próxima a 20 km/h en túneles urbanos, pudiendo discriminarse tráfico rápido (ligeros), respecto a tráfico lento (pesados y parte de ligeros).

M = Tonelaje o peso de los vehículos en T.

El que los pesos sean distintos para turismos y vehículos pesados, hace que haya que calcular, siempre, un caudal de aire correspondiente a los vehículos ligeros y otro caudal correspondiente a los pesados para luego sumarlos. Esto exige que en el dato de intensidad de tráfico se tengan que especificar el número de turismos y el número de vehículos pesados por hora. Se adopta como peso medio de los vehículos ligeros 1 T y para los pesados valores entre 6 y 30 T, según el tipo de vía.

**7.2.2. Kea diluitzeko beharrezko emaria**

Keari dagokionez, kea ikuspena zailtzen duen eragilea den alde-tik, ibilgailu arinek igortzen duten keari ez zaio garrantzirik ematen ibilgailu astunek igortzen dutenekin alderatuta. Hori dela-eta, azken horiek hartzen dira kontuan kalkuluetan, autoen trafikoaren dentsitatea nahikoa altua bada ere.

Igorritako kearen eta aireko emariaren arteko gehieneko proportzioa ezartzea da kontua, keek atmosferan opakotasun handirik eragin ez dezaten: hain opakotasun handia, mugako balioa gaindituko da. Muga horren gaitetik, ibilgailuen martxarako eragozpen izan daitekeen objektua ez litzateke ibilgailua garaiz gelditzeko ikusiko. Ibilgailua gelditzeko beharrezko distantzia, ikuspena edo galgatze-distantzia deritzona, onartutako zirkulazioaren abiaduraren funtzioa da.

Ibilgailu astunek sortutako kean oinarrizko kantitatea, zirkulazioaren abiadura, galtzadaren malda, tunelaren luzera (edo kontsideraturiko tuneleko tartea), trafikoaren intentsitatea eta onartzen den gehieneko proportzioaren faktorea zein diren jakin beharra dago.

CO kalkulatzeko aurreko kasuan gertatu bezala, tunelak malda ezberdineko hainbat tarte badu, tarte bakoitzari dagokion emaria kalkulatu da aparte eta gero emari partzial guztiak batuko dira.

Hauxe da erabili beharreko formula orokorra:

$$Q = \frac{q_{op} * Fh * Fiv * L * N2 * M}{K1 * V * 3.600} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Non hauxe baitugu:

Q = Aurreikusitako diluzioa lortzeko beharrezko airearen emaria, m<sup>3</sup>/s-tan adierazia.

q<sub>op</sub> = Ke igorpenen oinarrizko balioa pisu unitateko, 2/h/ibilgailu eta tonatan adierazia.

Ibilgailu astun bakoitzak pisu unitateko igorritako kean kopurua da, qop, zirkulazioa abiaduraren, maldaren eta altitudaren arabera. Lur horizontalean, itsasoaren mailan eta 60 km/h-ko abiaduran izango dira balioak, 16 eta 25 m<sup>2</sup>/h/ibilgailua/Tm bitarteko balioak, herrialde bakoitzeko parke mugikorraren arabera.

Ondoko taulan kean oinarrizko igorpena agertzen da, betiere kamioen tona-kopuruaren eta ibilgailuen igorpenei buruz herrialde bakoitzean dagoen arautegi aplikagarriaren arabera.

*Keen oinarrizko igorpenak*

| Igorpenen legea | Kontrola | q <sub>e</sub> T (m <sup>2</sup> /h, v) 60 km/h |           |           |           |
|-----------------|----------|---|-----------|-----------|-----------|
|                 |          | Pisuak (Tonak)                                  |           |           |           |
|                 |          | 5   | 10        | 20        | 40        |
| Bat ere ez      | Ez       | 80 / 1130                                       | 160 / 250 | 300 / 400 | 400 / 600 |
| CEE R 49+24     | Ez       | 80  | 160       | 240       | 280       |
| CEE R 40+24     | Bai      | 65  | 130       | 200       | 240       |
| CEE 88/77       | Bai      | 40  | 80        | 130       | 160       |
| US Transient 88 | Bai      | 50  | 100       | 160       | 200       |
| US Transient 91 | Bai      | 30  | 60        | 100       | 140       |
| US Transient 94 | Bai      | 30  | 40        | 70        | 110       |

Fh = Altitudearen faktorea COren aurreko kasuan bezala ulertu behar da.

Hortaz, honela egingo da kalkulua:

$$Fh = 1 + 0,001 * H.$$

Fiv = Abiadura eta maldaren faktorea. Koefiziente honi esker, aldi berean zuzendu daitezke abiadura eta maldaren eragina; izan ere, oso erlazio estua dute ibilgailu astunen kasuan.

Ondoko adierazpenek emango dute parametro hau, Fiv, «i» maldaren eta abiaduraren arabera.

V abiadura: 10 – 20 km/h:

$$Fiv = 0,5586033 + 0.07679115 * i + 0.01608602 * i2 + 0.002237451 * i3.$$

**7.2.2. Caudal necesario para dilución de los humos**

En lo que respecta a los humos, como agentes que dificultan la visibilidad, se considera que los emitidos por los vehículos ligeros son despreciables frente a la mayor cantidad que expulsan los vehículos pesados. Por esta razón sólo se tienen en cuenta estos últimos en los cálculos, pese a que la densidad de tráfico de turistas siempre es bastante más elevada.

Se trata de establecer una proporción máxima entre los humos emitidos y el caudal de aire, para que aquellos no produzcan una opacidad tan grande en la atmósfera que se sobrepase el valor límite por encima del cual el objeto que pudiera representar un obstáculo a la marcha ya no sería visto a tiempo para detener el vehículo. La distancia, llamada de visibilidad o de frenado, necesaria para detener el vehículo, es función de la velocidad de circulación permitida.

Se necesita conocer la cantidad elemental de humos producida por los vehículos pesados, la altitud, la velocidad de circulación, la pendiente de la calzada, la longitud del túnel (o tramo del túnel considerado) la intensidad de tráfico y el factor de proporción máxima que se admite.

Como en el caso anterior del cálculo del CO, si el túnel tiene varios tramos de distinta pendiente se calculará el caudal correspondiente a cada tramo por separado y luego se sumarán todos los caudales parciales,

La fórmula general a emplear es:

$$Q = \frac{q_{op} * Fh * Fiv * L * N2 * M}{K1 * V * 3.600} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Siendo:

Q = Caudal de aire necesario para obtener la dilución prevista, expresada en m<sup>3</sup>/s.

q<sub>op</sub> = Valor de base de las emisiones de humo por unidad de peso expresado en m<sup>2</sup>/h/vehículo y tonelada.

La emisión de humos por vehículo pesado y unidad de peso, qop, depende de la velocidad de circulación, de la pendiente y de la altitud. En terreno horizontal, a nivel del mar y velocidad de 60 km/h, adopta valores entre 16 y 25 m<sup>2</sup>/h/vehículo/Tm, en función del tipo de parque móvil de cada país.

La siguiente tabla, muestra la emisión básica de humos en función del tonelaje de los camiones y de la normativa aplicable en cada país para las emisiones de los vehículos.

*Emisiones básicas de humos*

| Ley de emisiones | Control | q <sub>e</sub> T (m <sup>2</sup> /h, v) 60 km/h |           |           |           |
|------------------|---------|---|-----------|-----------|-----------|
|                  |         | Pesos (Toneladas)                               |           |           |           |
|                  |         | 5   | 10        | 20        | 40        |
| Ninguna          | No      | 80 / 1130                                       | 160 / 250 | 300 / 400 | 400 / 600 |
| CEE R 49+24      | No      | 80  | 160       | 240       | 280       |
| CEE R 40+24      | Si      | 65  | 130       | 200       | 240       |
| CEE 88/77        | Si      | 40  | 80        | 130       | 160       |
| US Transient 88  | Si      | 50  | 100       | 160       | 200       |
| US Transient 91  | Si      | 30  | 60        | 100       | 140       |
| US Transient 94  | Si      | 30  | 40        | 70        | 110       |

Fh = Factor de altitud Tiene el mismo significado que en el caso anterior del CO.

Por tanto el cálculo será:

$$Fh = 1 + 0,001 * H.$$

Fiv = Factor de velocidad y pendiente. Este coeficiente permite corregir simultáneamente la influencia de la velocidad y la pendiente, las cuales están muy relacionadas para los vehículos pesados.

Este parámetro, Fiv, viene dado por las siguientes expresiones, en función de la velocidad y la pendiente «i».

Velocidad V entre 10 – 20 km/h:

$$Fiv = 0,5586033 + 0.07679115 * i + 0.01608602 * i2 + 0.002237451 * i3.$$

V abiadura: 30 km/h:

$$Fiv = 0,6429837 + 0.1123668 * i + 0.04055351 * i^2 + 0.005725582 * i^3.$$

V abiadura: 40 km/h:

$$Fiv = 0,7931199 + 0.2051816 * i + 0.07016397 * i^2 + 0.008746805 * i^3.$$

V abiadura: 50 - 60 km/h:

$$Fiv = 0,8617066 + 0.3302357 * i + 0.1388543 * i^2 + 0.01703883 * i^3.$$

V abiadura: 70 km/h:

$$Fiv = 1.102172 + 0.5750724 * i + 0.1485977 * i^2 + 0.01303658 * i^3.$$

V abiadura: 80 km/h:

$$Fiv = 1.395459 + 0.9460765 * i + 0.2708469 * i^2 + 0.02466952 * i^3.$$

Hala ere, bitarteko balioak haztatuak izango dira; nolahi ere, hauxe izango da gehieneko balioa:

$$Fiv = 3,42 - 0,22 * i$$

L = Tunelaren luzera km-tan edo, hala denean, kontsideraturiko tuneleko tarteari dagokiona.

N<sub>2</sub> = Trafikoaren dentsitatea, orduko ibilgailu astunen kopuruan emana.

K<sub>1</sub> = Onarturiko keen kontzentrazioa ( m-1).

Koefiziente hori, xurgapen optikoko koefizientea edo ikuspena moteltzeko koefizientea deritzona distantzia unitateko, tunel-motaren eta zirkulazio abiaduraren arabera izango da.

Ikuspenaren muga onargarria, K<sub>1</sub>, trafikoaren abiaduraren eta tunel-motaren arabera hartzen da, 0,005 m-1-ko balioekin hiriko tunel azkarretan eta autopistetan, eta 0.0075 m-1-koa abiadura normalak diren errepideko tuneletan.

#### Onartutako gehieneko ke-kontzentrazioak

| Zirkulazio-mota                           | K lim (m-1) puntako trafikoa |
|---|------------------------------|
| Zirkulazio arina V max = 60 - 80 km/h.... | 0.005 - 0.007                |
| V max = 100 km/h.....                     | 0.005                        |
| Zirkulazio-pilaketa .....                 | 0.007 - 0.009                |
| Tunelaren itxiera .....                   | 0.012                        |
| Mantentze lanak .....                     | 0.003 (geldirik)             |

#### 7.2.3. Pistoi-efektuak eragindako emaria

Ibilgailuek zirkulazioaren ondorioz tuneleko airera igortzen duten bultzadari deritzo pistoi-efektua; zirkulazioaren gehikuntzaren proportzionala da. Baina tuneleko aireztapenean duen eragina aireztapena norabide bakarrean izatearen edo ez izatearen arabera izango da gehienbat.

Norabide bakarrean bada, efektu horrek tunelaren aireztapenari laguntza handia ematen diola kontsideratzen da; bi norabideko trafikoan, berriz, efektua hutsa edo oso txikia da norabide batean. Hala denean, norabide bakarrean kontsideraturikoaren 1/7 dela kontsideratzen da.

Emaria kalkulatzeko, lehenik eta behin sortutako bultzada aztertu behar da, eta ondoren horrek dakarren emaria kentzea.

Hauxe da pistoi-efektua kalkulatzeko erabili beharreko formula:

$$H_p = \sum [(Cw * Fv / S) * i * \delta * ((V - Va) / (2 * g))] \text{ (mm.c.a.)}$$

Guztizko balioa lortzeko, aparte egin behar diren kalkulatu guzti-guztiak izango dira kontuan, betiere ibilgailu arinak eta astunak aintzat hartuz.

Bi norabideko zirkulazioaren kasuan, norabide bakarrekoa izan bidez balitz moduan kalkulatu behar da, eta gero 1/7 balioa edo irizpidetzat hartzen den beste edozein ehuneko balio.

Velocidad V 30 km/h:

$$Fiv = 0,6429837 + 0.1123668 * i + 0.04055351 * i^2 + 0.005725582 * i^3.$$

Velocidad V 40 km/h:

$$Fiv = 0,7931199 + 0.2051816 * i + 0.07016397 * i^2 + 0.008746805 * i^3.$$

Velocidad V entre 50 - 60 km/h:

$$Fiv = 0,8617066 + 0.3302357 * i + 0.1388543 * i^2 + 0.01703883 * i^3.$$

Velocidad V 70 km/h:

$$Fiv = 1.102172 + 0.5750724 * i + 0.1485977 * i^2 + 0.01303658 * i^3.$$

Velocidad V 80 km/h:

$$Fiv = 1.395459 + 0.9460765 * i + 0.2708469 * i^2 + 0.02466952 * i^3.$$

No obstante, los valores intermedios serán ponderados y en cualquier caso el valor máximo será:

$$Fiv = 3,42 - 0,22 * i$$

L = Longitud del túnel en km, o en su caso, del tramo de túnel considerado.

N<sub>2</sub> = Intensidad del tráfico, en vehículos pesados por hora.

K<sub>1</sub> = Concentración de humos admisibles, en m-1.

Este coeficiente, denominado coeficiente de absorción óptico ó coeficiente de atenuación de la visibilidad por unidad de distancia, depende del tipo de túnel y de la velocidad de circulación.

El límite admisible de visibilidad, K<sub>1</sub>, se adopta en función de la velocidad de tráfico y tipo de túnel, con valores de 0,005 m-1 en túneles urbanos rápidos y de autopista y 0.0075 m-1 en túneles de carretera con velocidades normales.

#### Concentraciones de humos máximas admitidas

| Tipo de circulación              | K lim (m-1) tráfico de punta |
|----------------------------------|------------------------------|
| Fluida V max = 60 - 80 km/h..... | 0.005 - 0.007                |
| V max = 100 km/h.....            | 0.005                        |
| Congestionada .....              | 0.007 - 0.009                |
| Cierra de túnel.....             | 0.012                        |
| Trabajos de mantenimiento .....  | 0.003 (parado)               |

#### 7.2.3. Caudal producido por el efecto pistón

Denominamos efecto pistón al empuje que los vehículos transmiten al aire del túnel consecuencia de la circulación, siendo proporcional al aumento de circulación. Pero su efecto en la ventilación del túnel dependerá de forma importante de si ésta es en sentido único o no.

En el primer caso, se puede considerar que este efecto colabora con la ventilación del túnel de forma importante, mientras que en tráfico bidireccional el efecto es nulo o muy bajo en un sentido. En este caso se suele considerar del orden de 1/7 del considerado en un solo sentido.

Para el cálculo del caudal, debe estudiarse en primer lugar el empuje producido y posteriormente deducir el caudal que ello puede suponer.

La fórmula a emplear para el cálculo del efecto pistón es:

$$H_p = \sum [(Cw * Fv / S) * i * \delta * ((V - Va) / (2 * g))] \text{ (mm.c.a.)}$$

Para la obtención del valor total se tendrá en cuenta cada uno de los cálculos que de forma independiente deberá realizarse, considerando los vehículos ligeros y los pesados.

En el caso de circulación bidireccional se realiza el cálculo como si fuese unidireccional y posteriormente se obtiene el valor de 1/7 o cualquier otro % considerado como criterio.

Hona hemen aldagaiak:

$H_p$  = Pistoi-efektuaren ondoriozko gutzizko presioa, ur-zutabeko mm-tan.

$F_v$  = Ibilgailuen zeharkako sekzioaren gainazala. Batezbesteko gainazal bat hartzen da autoentzat eta beste bat ibilgailu astunentzat. Erabilitako balioak 2 m<sup>2</sup> eta 8 m<sup>2</sup> bitartekoak izan ohi dira, hurrenez hurren.

$C_w$  = Bultzada-koefizientea. Atalek beren itxura dela-eta duten jokabide aerodinamiko ezberdina izatea hartzen da kontuan.

Batezbesteko balioa 0,6 izan ohi da autoentzat, eta 0.8 ibilgailu astunentzat.

$S$  = Tunelaren zeharkako sekzioa, m<sup>2</sup>-tan.

$\delta$  = Tunelaren barruko airearen dentsitatea, kg/m<sup>3</sup> -tan.

$g$  = Grabitatearen azelerazioa, m/s<sup>2</sup>-tan.

$V$  = Ibilgailuen kontsideraturiko abiadura, m/s-tan, ibilgailu arinen eta astunen abiadurak kontuan izanik.

$V_a$  = Tunelaren barruko airearen abiadura, m/s-tan. Kalkulu honetan abiadura zero dela suposatzen da. Haizegailuak mar-tan dituen aireztapen sanitarioari buruzko azterlanetan, abiadurak balio jakin bat izango du, edo hasierako balio teoriko gisa, CO edota keak diluitzeko beharrezko emari teknikoa kenduko da. Larrialdietako bultzadei buruzko azterlanaren kasuan, bestelako balioa kontsideratzen da.

$i$  = Tunelean aldi berean dagoen ibilgailu kopurua, autoei dago-kiena zein ibilgailu astunei dagokiena.

Lehenbizi egin behar dena autoak ezkerreko erreian eta eskuineko erreian banatzea izango da, errei bakoitzari ehunekoak esleituta (hauexek dira erabili ohi diren zenbait balio: ezkerreko erreiko autoen %65 eta eskuineko erreiek %35).

Horrekin hauxe lortuko dugu:

— Eskuineko erreian dagoen auto-kopurua orduko: N1.

— Ezkerreko erreian dagoen auto-kopurua orduko: N'1.

— Eskuineko erreian dagoen ibilgailu astunen kopurua orduko: N2.

Datuak tunelean aldi berean dauden ibilgailuen kopuru bihurtzeko, honela kalkulatu behar da:

$$I = N \cdot L / V$$

Non hauexek ditugun:

$L$  = Tunelaren luzera da km-tan.

$V$  = Erreietako kontsideratu den abiadura km/h-tan.

$L / V$  = Ibilgailu bakoitzak tunelean ematen duen denbora da (orduetan). Tuneletik ordu bakoitzeko pasatzen den ibilgailu kopurua ( $N$ ) ibilgailu bakoitzak tunelean ematen duen ordu kopuruarekin biderkatuta tunelean aldi berean dagoen ibilgailu-kopurua izango dugu.

Pisto-efektuari dagokion presioa ezagututa, oinarri hau hartuta lortuko dugun emaria: balio hori desplazatzen duten airearen presio dinamikoari dagokion balioa izango da, hots, presio horri dagokion abiadura lortuko dugu eta, tunelaren sekzioa zein den bada-kigunez, emaria zein den jakin ahal izango dugu.

$$HP = \frac{\delta V_a^2}{2g} \text{ (mm.a.c.) non hauxe lortuko baitugu } V_a$$

Emaria =  $V_a$  \* Tunelaren sekzioa.

#### 7.2.4. Tiro naturalak sortutako emaria

Ahoen arteko altueren eta bien arteko baldintza atmosferikoen arteko balizko diferentziaren ondorioz, tiro naturala egongo tunelean. Are gehiago: tunelaren barruko eta kanpoko dentsitateen arteko diferentziak tiroa eragin dezake. Balio horiek, osotasunean, txikiak badira oro har, honelaxe hartu ahal izango dira kontuan.

Las variables son las siguientes:

$H_p$  = Presión total debida al efecto pistón, en mm de columna de agua.

$F_v$  = Área de la sección transversal de los vehículos. Se toma un área media para los turismos y otra para los pesados. Los valores empleados usualmente están alrededor de 2 m<sup>2</sup> y 8 m<sup>2</sup> respectivamente.

$C_w$  = Coeficiente de empuje. Tiene en cuenta el diferente comportamiento aerodinámico de los cuerpos debido a su forma.

Los valores que usualmente se toman como medios son 0,6 para turismos y 0,8 para pesados.

$S$  = Sección transversal, del túnel, en m<sup>2</sup>.

$\delta$  = Densidad del aire en el interior del túnel, en kg/m<sup>3</sup>.

$g$  = Aceleración de la gravedad, en m/s<sup>2</sup>.

$V$  = Velocidad considerada de los vehículos, en m/s, teniendo en cuenta la de ligeros y pesados.

$V_a$  = Velocidad del aire en el interior del túnel, en m/s. En el presente cálculo esta velocidad se supone como valor cero. En los estudios de ventilación sanitaria funcionando ya ventiladores, ésta tendría un determinado valor, o como valor teórico inicial se deducirá del caudal teórico necesario para la dilución de CO/humos. En el caso del estudio del empuje en situación de emergencia el valor a considerar es distinto.

$i$  = Número de vehículos en el túnel, simultáneamente, de cada tipo considerado, de turismos y de pesados.

Lo primero que habrá que hacer será repartir los turismos entre el carril izquierdo y el carril derecho, asignando unos porcentajes a cada carril (unos valores utilizados son 65% de los turismos por el carril izquierdo y 35% por el derecho).

Con esto ya se tendrá:

— Número de turismos por el carril derecho por hora: N1.

— Número de turismos por el carril izquierdo por hora: N'1.

— Número de pesados por el carril derecho por hora: N2.

Para pasar los datos a números de vehículos presentes simultáneamente en el túnel, se calcula:

$$I = N \cdot L / V$$

Donde:

$L$  = Es la longitud del túnel en km.

$V$  = Es la velocidad considerada para el carril correspondiente, en km/h.

$L / V$  = Será el tiempo, en horas, que cada vehículo está en el túnel. Multiplicando el número de vehículos por hora que pasa por el túnel ( $N$ ), por el número de horas que cada vehículo permanece en el túnel, se tiene el número de vehículos que se encuentran simultáneamente en el mismo.

Una vez conocido la presión correspondiente al efecto pistón, el caudal correspondiente lo obtendremos basándonos en que dicho valor será el correspondiente a la presión dinámica del aire que desplazan, es decir, obtendremos la velocidad correspondiente a esa presión y al conocer la sección del túnel conoceremos el caudal.

$$HP = \frac{\delta V_a^2}{2g} \text{ (mm.a.c.) donde obtendremos } V_a$$

Caudal =  $V_a$  \* Secc del túnel.

#### 7.2.4. Caudal producido por el tiro natural

Consecuencia de la diferencia de alturas entre bocas y la posible diferencia de condiciones atmosféricas en ambas, existirá un tiro natural a través del túnel. Incluso la diferencia de densidades entre el interior y exterior del túnel puede provocar ese tiro. Aunque estos valores en conjunto en general son pequeños, se podrán tener en cuenta de la siguiente forma.

Kalkuluaren garapena berdinduta edo parekatuta lortuko da, tuneleko bi ahoen edo kanpoko eta barruko giroko dentsitateen arteko diferentzia eragiten duen presio diferentziaren pareko karga-galera duen emari jakin bat berdinduta hain zuzen.

Dagoeneko esana dugunez, lorturiko balioek zeinua izan behar dute kontuan, zeren eta zirkulazioaren noranzkoaren aldekoa edo kontrakoa izan baitaiteke norabide bakarrek tunelean. Bi norabideko tunelaren kasuan, berriz, kontrako baldintzatat joko dira beti.

Formula hauek aplikatu ahal izango dira:

$$\Delta p = \Delta H (\delta_1 - \delta_2) \text{ (mmc.a.)}$$

Non hauexek baititugu:

$\Delta H = 1$  eta  $2$ . Puntuen arteko koten diferentzia (m).

$\delta_1$  y  $\delta_2 = 1$  eta  $2$ . puntuetako airearen dentsitateak, ahoetan zein tunelaren kanpoko edo barruko aldean ( $\text{kg/m}^3$ ).

Balio horiek zein diren jakin ezik, honelaxe lor daitezke:

$$\delta = \frac{\frac{10862}{6366198 \cdot 2A} (1-0.002837 \cos 2\phi) (H - \frac{3}{8} e p)}{1 - \frac{t}{273}}$$

Non honelaxe adierazten da sinbolo bakoitza:

A = Kontsideraturiko tartearen erdiko puntuaren altuera (m.s.n.m.).

$\phi$  = Puntu beraren latitudea, gradu hirurogeigarrenetan.

H = Puntu beraren altuera barometrikoa, mm Hg-tan adierazia.

e = Saturazio-maila, bateko horrenbesteko balioetan emana.

t = Temperatura toki berean: °C.

p = Saturazio-tentsioa, mm Hg-tan.

Saturazio-tentsioa temperaturaren funtzioa da, eta formula honen bidez kalkula daiteke gutxi gorabehera:

$$p = 4.58 + 0.373t + 0,011 t^2$$

Ahoen arteko presio-diferentzia ezagututa, tuneleko zehar aho batetik bestera pasatzeko karga-galera bera duen emariarekin parekatuz kalkulatu behar da emaria, hots, tuneleko frikzio bidezko galera eta galera bereziak kontsideratuz.

### 7.2.5. Haizeak sortutako emaria

Kontzeptu hau aplikatzeko, inguruetan nagusi den haizea zein den jakin behar da. Horretaz gain, haizearen norabidea eta aztertuko beharreko tunelaren norabide longitudinala konparatu behar dira, tunelaren barruko airearen abiadura ondorioztatzeko Gainera, aplikatu beharreko faktore jakin bat kontsideratuko da, ahoak aire zabalean, kaxetan sartuta, etab. dauden ala ez kontuan izateko.

Hauxe da, beraz, emaria:

$$Q_v = St * V_{vc} / 3,6$$

Non hauexek ditugun:

$Q_v$  = Haizeak eragindako emaria ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

St = Tunelaren sekzioa ( $\text{m}^2$ ).

$V_{vc}$  = Tuneleko airearen abiadura, haizeari buruz ezagutzen den abiaduraren ( $\text{km/h}$ ) norabideari eta sarrerari dago-kinez zuzenduta dagoena.

### 7.2.6. Aireztapen naturala baliozkotzat ematea

Aurreko hiru faktoreak konbinatuz lortuko emaitzetatik azken balioa emango da, CO edo keak diluitzeko behar den emariarekin konparatu beharrekoa. Hona hemen izan daitezkeen konbinaketak:

Lorturiko datuak konparatuz izandako emaitzen arabera erabakiko da ea aireztapen naturala nahikoa den edo aireztapen sanitario behartua behar den.

El desarrollo del cálculo será por igualación de un determinado caudal que tenga una pérdida de carga igual a la diferencia de presión que produce la diferencia de densidades del ambiente de ambas bocas, o interior/exterior.

Como ya se ha comentado, los valores obtenidos deberán tener en cuenta el signo, puesto que puede ser a favor o en contra del sentido de circulación para túnel unidireccional, mientras que el caso bidireccional se considerará siempre como condiciones desfavorables.

Se podrán aplicar las siguientes fórmulas:

$$\Delta p = \Delta H (\delta_1 - \delta_2) \text{ (mmc.a.)}$$

Siendo:

$\Delta H$  = Diferencia de cotas entre los puntos 1 y 2 en (m).

$\delta_1$  y  $\delta_2$  = Densidades del aire en los puntos 1 y 2, bien sean las bocas o exterior e interior, en ( $\text{kg/m}^3$ ).

Estos valores si no se conocen, podrán obtenerse de la siguiente forma:

$$\delta = \frac{\frac{10862}{6366198 \cdot 2A} (1-0.002837 \cos 2\phi) (H - \frac{3}{8} e p)}{1 - \frac{t}{273}}$$

En la cual cada símbolo representa:

A = Altura del punto medio del tramo considerado, en msnm.

$\phi$  = Latitud del mismo punto, en grados sexagesimales.

H = Altura barométrica del mismo punto, en mm Hg.

e = Grado de saturación, en tanto por uno.

t = Temperatura en el mismo punto, en °C.

p = Tensión de saturación, en mm Hg.

La tensión de saturación es función de la temperatura y puede calcularse de forma aproximada mediante la fórmula:

$$p = 4.58 + 0.373t + 0,011 t^2$$

Una vez conocida la diferencia de presión entre las bocas, el caudal correspondiente deberá calcularse mediante la equiparación a un caudal que tenga esa misma pérdida de carga para el paso de una a otra boca a través del túnel, es decir considerando las pérdidas singulares y las pérdidas por fricción en el túnel.

### 7.2.5. Caudal producido por el viento dominante

Para la aplicación de este concepto, deberá conocerse el viento dominante en la zona. Además de ello deberá compararse la dirección del viento con la dirección longitudinal del túnel a estudio a fin de deducir la velocidad del aire en el interior del túnel, consecuencia de este. También deberá tener en consideración un cierto factor a aplicar para tener en cuenta si las bocas están al aire libre, encajonadas, etc.

El caudal por tanto será:

$$Q_v = St * V_{vc} / 3,6$$

Siendo :

$Q_v$  = Caudal consecuencia del viento ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

St = Sección del túnel en ( $\text{m}^2$ ).

$V_{vc}$  = Velocidad del aire en el túnel, ya corregida respecto a la dirección y entrada, de la velocidad conocida del viento en ( $\text{km/h}$ ).

### 7.2.6. Validación de la Ventilación Natural

De la combinación de los resultados de los tres factores anteriores se obtendrá un valor final a comparar con el caudal necesario para la dilución del CO o humos. Las posibles combinaciones serán:

En función de los resultados de la comparación de los datos obtenidos, se decidirá si se considera suficiente la ventilación natural o se considera necesario una ventilación sanitaria forzada.

| Sortutako emaria  |   | Kontsideratu beharreko emaria                   |  |   |
|---|---|---|--|---|
| Pistoi-efektuaren bidezko emaria  | C ep  | C ep  | C ep   | C ep  |
| Haizearen bidezko emaria trafikoaren norabidean                               | C v   | C v   |  |   |
| Haizearen emariaren bidezko emaria, trafikoaren kontrako norabidean           |   |   | -C v   | -C v  |
| Ahoen arteko tiro naturalaren bidezko emaria, trafikoaren norabidean          | C tn  |   | C tn   |   |
| Ahoen arteko tiro naturalaren bidezko emaria, trafikoaren kontrako norabidean |   | -C tn   |  | -C tn   |
| Sortutako emaria  | Σ emari   | Σ emari   | Σ emari  | Σ emari   |
| Beharrezko emaria   | C nec.  | C nec.  | C nec.   | C nec.  |
| Aireztapen naturala   | (Σ emari - C nec) ≥ C nec = Aireztapen naturala | (Σ emari - C nec) ≥ C nec = Aireztapen naturala | (Σ emaria - C nec) ≥ C nec = Aireztapen naturala | (Σ emari - C nec) ≥ C nec = Aireztapen naturala |

| Caudal producido  |   | Caudal a considerar                                 |   |   |
|---|---|---|---|---|
| Caudal por efecto pistón  | C ep  | C ep  | C ep  | C ep  |
| Caudal por viento en dirección tráfico                                | C v   | C v   |   |   |
| Caudal por viento en dirección contraria al tráfico                   |   |   | -C v  | -C v  |
| Caudal por tiro natural entre bocas en dirección tráfico              | C tn  |   | C tn  |   |
| Caudal por tiro natural entre bocas en dirección contraria al tráfico |   | -C tn   |   | -C tn   |
| Caudal producido  | Σ caudales  | Σ caudales  | Σ caudales  | Σ caudales  |
| Caudal necesario  | C nec.  | C nec.  | C nec.  | C nec.  |
| Ventilación Natural   | Si (Σ caudales C nec) ≥ C nec = Ventilación Natural | Si (Σ caudales C nec) ≥ C nec = Ventilación Natural | Si (Σ caudales C nec) ≥ C nec = Ventilación Natural | Si (Σ caudales C nec) ≥ C nec = Ventilación Natural |

### 7.3. Nahitaezko aireztapena (Aireztapen sanitarioa eta larrialdietako aireztapena)

Aurreko atalari esker ondorioztatu eta erabaki dezakegu aireztapen naturala nahikoa den, tuneleko aireztapen sanitarioak. Aireztapen nahikoa ez bada, aireztapen sanitario behartura jo beharko da.

#### 7.3.1. Aireztapen sanitarioaren emariaren gaineko azterlana

Emari hau kalkulatzeko modua dagoeneko azaldutako dago aurreko atalean aireztapen naturalaren gaineko azterketa egingo dugunean, zeren eta beharrezko emaria CO edo keak edo gasak diluitzeko behar den emaria baita.

#### 7.3.2. Larrialdietako aireztapenaren emariaren gaineko azterlana

Abiadura kritikoaren arabera izango da larrialdietako emaria; izan ere, abiadura horren bultzadaz, keak ezarri nahi den aire-fluxuaren kontrako norabidean aurrera egiteko modua dago, hots, sua dagoenean kearen abiadurak atzera ez egiteko abiadura. Hortaz, abiadura horretatik eta tunelaren sekzioetik ondorioztatutako da kalkulatu beharreko emaria.

$$Q_e = V_c * S_t$$

Non hauexek ditugun:

$Q_e$  = Larrialdietarako emaria ( $m^3/s$ ).

$V_c$  = Abiadura kritikoa ( $m/s$ ).

$S_t$  = Tunelaren sekzioa ( $m^2$ ).

Abiadura kritikoaren kontzeptua hobeto ulertzeko, «keak tunelean duen jokabidea» izeneko atalak dakarren eskema ikus daiteke.

#### 7.3.3. Abiadura kritikoaren gaineko azterlana

Nahiz eta larrialdietan haizegailuen behar duten emariaren kalkulua, oro har, tunelean neurturiko 3 m/s-ko batezbesteko arraste-abiadura abiapuntutzat hartuta egiten den, abiadura kritikoa kalkulatu beharko da, hots, haizegailuak hautatzeko eta kalkulua egiteko kontuan hartu beharreko gutxienezko balioa.

Empirikoki ematen da dagoeneko definitu dugun abiadura kritikoa, eta gehienbat honako funtzio hauek daude:

- Suaren kaloria-ekarpena.
- Sua sortzen den posizioaren ezaugarri geometrikoak, honako hauetatik abiatuz:
- Puntuaren sekzio garbia.
- Altuera.
- Tartearen malda.

### 7.3. Ventilación Forzada (Ventilación Sanitaria y en Emergencia)

Mediante el apartado anterior podemos deducir y decidir si la ventilación natural puede ser suficiente para la ventilación sanitaria del túnel. En el caso de que esta no sea suficiente, será necesario recurrir a una ventilación sanitaria forzada.

#### 7.3.1. Estudio del caudal en la Ventilación Sanitaria

El cálculo de este caudal ya se ha desarrollado en el apartado anterior al hablar de la Ventilación Natural, puesto que el caudal necesario es el que hace falta para la dilución del CO ó de los humos y gases.

#### 7.3.2. Estudio del caudal en la Ventilación de Emergencia

El caudal en caso de emergencia viene dado en función de la «Velocidad Crítica», que es aquella velocidad que con su empuje es capaz de evitar que el humo avance en sentido contrario al flujo de aire que se pretenda establecer, es decir una velocidad antirretroceso de la velocidad del humo en caso de fuego. Por tanto, el caudal a calcular será deducido de dicha velocidad y de la sección del túnel.

$$Q_e = V_c * S_t$$

Siendo:

$Q_e$  = Caudal de emergencia en ( $m^3/s$ ).

$V_c$  = Velocidad Crítica en ( $m/s$ ).

$S_t$  = Sección del túnel ( $m^2$ ).

Para mejor comprensión del concepto de la Velocidad Crítica, puede verse el esquema que se incluye en el apartado correspondiente a «comportamiento del humo en túneles».

#### 7.3.3. Estudio de la velocidad crítica

Aunque el cálculo del caudal necesario de los ventiladores en situación de emergencia suele realizarse de forma genérica partiendo de una velocidad de arrastre de 3 m/s de velocidad media en el túnel, deberá realizarse el cálculo de la velocidad crítica, la cual será el valor mínimo a tener en cuenta para el cálculo y la elección de los ventiladores.

La velocidad crítica ya definida, viene dada de forma empírica, siendo función principalmente de:

- Aportación calorífica del fuego.
- Características geométricas de la posición donde se produce el incendio a partir de:
- Sección neta del punto.
- Altura.
- Pendiente del tramo.

Formula hauen iterazioaren bidez egiten da kalkulua:

$$V_c = Kg \cdot k \left( \frac{g \cdot H \cdot Q}{\rho_a \cdot C_p \cdot A \cdot T_f} \right)^{1/3}$$

$$T_f = \frac{Q}{\rho_a \cdot C_p \cdot A \cdot V_c} + T_a$$

Non hauexek ditugun:

$V_c$  = Abiadura kritikoa (ft/sek).

$g$  = Grabitatearen azelerazioa (ft/sek<sup>2</sup>).

$H$  = Sekzioaren altuera (ft).

$A$  = Sekzioa (ft<sup>2</sup>).

$\rho_a$  = Giroko airearen dentsitatea (lb/ft<sup>3</sup>).

$C_p$  = Etengabeko presioko airearen bero espezifiko (BTU/lb. °Rankine).

$T_f$  = Gas beroaren tenperatura (°Rankine).

$k$  = Konstante enpirikoa (dimentsiorik ez) = 0,61.

$Kg$  = Zuzenketaren faktorea, tarteko maldaren funtzioa (dimentsiorik ez).

Formula honek emango du faktore hori:

$$Kg = 1,005644 + 0,0341012 \cdot Pte - 0,0023704 \cdot Pte^2 + 0,0001253839 \cdot Pte^3$$

Non malda tartearen malda da, ehunekoetan adierazia.

$T_a$  = Giroko tenperatura (°Rankine).

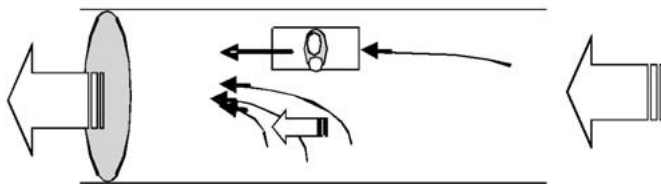
Hori oinarri hartuta,  $V_c$ , abiadura kritikoa lortuko da.

**7.3.4. Haizegailuen bultzadari buruzko azterlana**

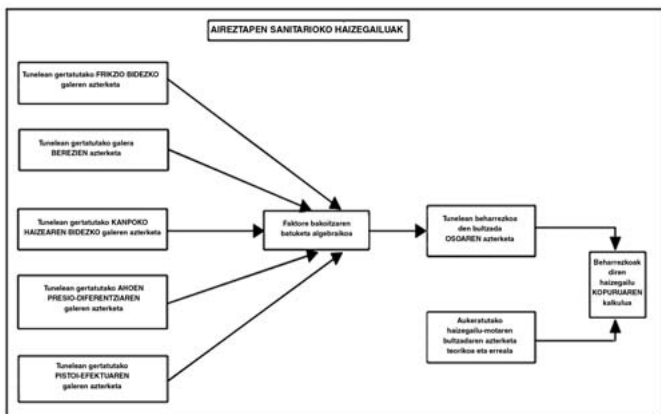
Bultzada bidez transmititzen dute Bufada-haizegailuek beren potentzia airera.

Horretarako, tuneleko aire-kantitate jakin bat hartzen da, eta aire horri bere potentziaren baliokidea den mugimendu-kantitate jakin bat gehitzen zaio eta energia horren bidez inpulstaturiko airea tuneleko aire osoari aire osoa mugit dadin.

Hona hemen adierazpen eskematikoa:



Jarri beharreko haizegailu-kopurua zehazteko, ondoko garapena jarraitu beharko da kontuan, aireztapen sanitarioa edo larrialdiko aireztapena kalkulatzearen arabera.



Su cálculo se realiza mediante la iteración de las fórmulas:

$$V_c = Kg \cdot k \left( \frac{g \cdot H \cdot Q}{\rho_a \cdot C_p \cdot A \cdot T_f} \right)^{1/3}$$

$$T_f = \frac{Q}{\rho_a \cdot C_p \cdot A \cdot V_c} + T_a$$

Donde:

$V_c$  = Velocidad crítica (ft/sec).

$g$  = Aceleración de la gravedad (ft/sek<sup>2</sup>).

$H$  = Altura de la sección (ft).

$A$  = Sección (ft<sup>2</sup>).

$\rho_a$  = Densidad del aire ambiente (lb/ft<sup>3</sup>).

$C_p$  = Calor específico del aire a presión constante (BTU/lb. °Rankine).

$T_f$  = Temperatura del gas caliente (°Rankine).

$k$  = Constante empírica (sin dimensión) = 0,61.

$Kg$  = Factor de corrección, función de la pendiente del tramo (sin dimensión).

Este factor viene dado por la fórmula:

$$Kg = 1,005644 + 0,0341012 \cdot Pte - 0,0023704 \cdot Pte^2 + 0,0001253839 \cdot Pte^3$$

Siendo Pte la pendiente del tramo en %.

$T_a$  = Temperatura ambiente (°Rankine).

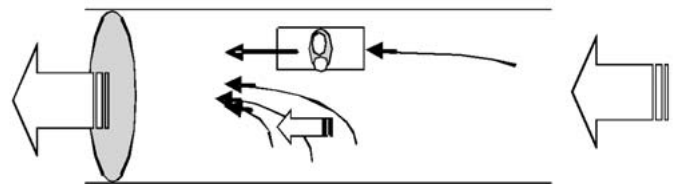
En base a ello, se obtendrá la Velocidad Crítica,  $V_c$ .

**7.3.4. Estudio del empuje de los ventiladores**

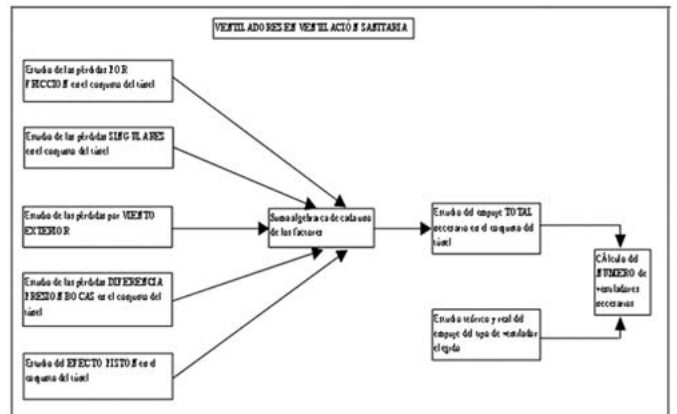
La forma en que los ventiladores de chorro transmiten su potencia al aire del túnel, es mediante el empuje.

Para ello, recogen una cierta cantidad de aire del túnel, al cual le incorporan una determinada cantidad de movimiento equivalente a su potencia, transmitiendo el aire impulsado esa energía al conjunto del aire del túnel para el movimiento de éste.

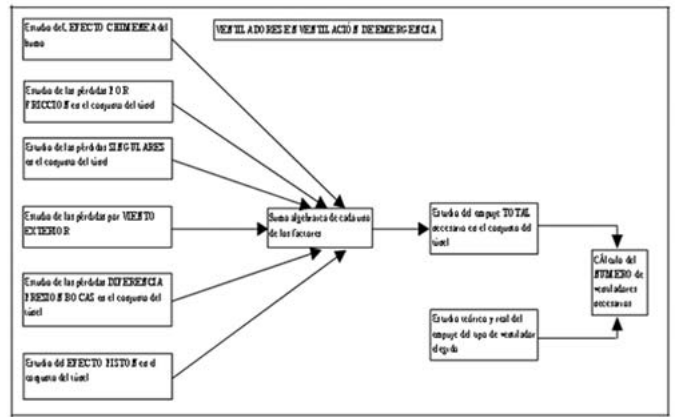
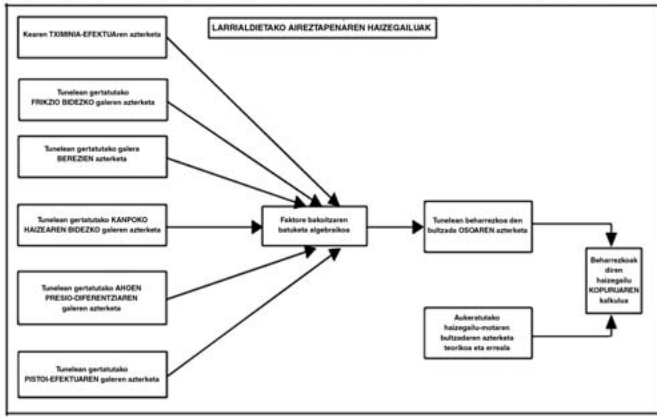
Su representación esquemática es:



Para la definición del número de ventiladores a implantar, se deberá seguir el siguiente desarrollo, según sea para el cálculo de la Ventilación Sanitaria o de Emergencia.







Jarraian aireztapen sanitarioarako faktore hauek aztertuko ditugu:

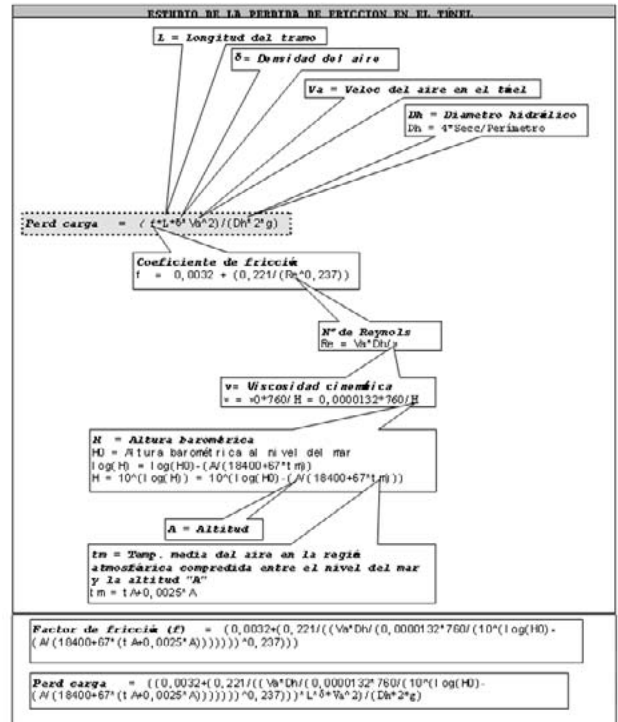
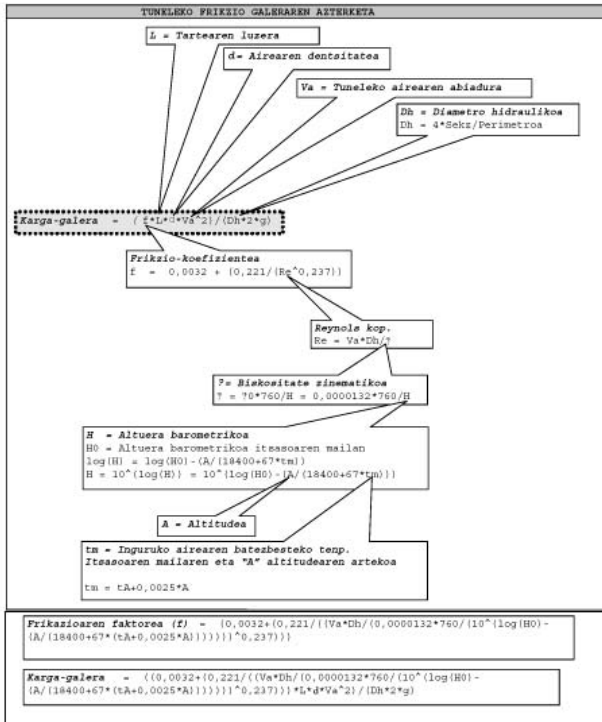
Estudiemos a continuación los factores que se indican, para el caso de la Ventilación Sanitaria:

7.3.4.1. *Tuneleko paretetako frikzioa eragindako galerak*

7.3.4.1. *Pérdidas por fricción en las paredes del túnel*

Erabili beharreko formula Darcy-Weisbacch-ena, ondoren agertzen dena:

La fórmula a utilizar será la de Darcy-Weisbacch, que a continuación se indica:



7.3.5. *Galera bereziak*

7.3.5. *Pérdidas singulares*

Konsideratu beharreko era horretako galera bakarrak tuneleko sarreran eta irteeran gertatzen direnak dira. Hona hemen horren formula:

Las únicas pérdidas de este tipo a considerar, son las que se producen a la entrada y salida del túnel, cuya fórmula es:

$$H_{\text{sin g}} = (\alpha \cdot \beta) \frac{\delta V_a^2}{2g} \text{ (mm.c.a.)}$$

$$H_{\text{sin g}} = (\alpha \cdot \beta) \frac{\delta V_a^2}{2g} \text{ (mm.c.a.)}$$

Non hauexek baititugu:

Siendo:

- delta = Airearen dentsitatea (kg/m³).
- Va = Airearen batezbesteko abiadura tunelean (m/s).
- alpha = Galera berezien koefizientea sarreran. Honelakoa da balioa: 0,5 - 0,6 bitartekoa.
- beta = Galera berezien koefizientea irteeran; horren balioa 1 ingurukoa da.

- delta = Densidad del aire (kg/m³).
- Va = Velocidad media del aire en el túnel (m/s).
- alpha = Coeficiente de pérdidas singulares en la entrada. Este valor se considera del orden de 0,5 a 0,6.
- beta = Coeficiente de pérdidas singulares en la salida, cuyo valor se considera del orden de la unidad.

7.3.5.1. *Kanpoko haizearen presioak eragindako galerak*

7.3.5.1. *Pérdidas por presión del viento exterior*

Kontrako haizeak eragiten duen presioa kontsideratzen badugu, balioa, beraz, abiadura horretan dagokion presio dinami-

Si consideramos la presión que produce un viento desfavorable, el valor será por tanto la presión dinámica que a esa velocidad le

koa izango da, betiere haizearen eta tunelaren norabidearen angelua kontua izanik. Hortaz:

$$H_{vto} = \frac{dV_v^2 \cos^2 \epsilon}{2g} \text{ (mm.c.a.)}$$

Non hauek baititugu:

$\delta$  = Kanpoko airearen dentsitatea (kg/m<sup>3</sup>). Balio hori esan den moduan kalkulatu behar da.

$\epsilon$  = Haizearen eraginaren angelua tunelaren ardatz longitudinalarekiko. Kasurik txarrena kontsideratzea da normalean, hots, tuneleko airearen zirkulazioaren kontrako haizea zuzenean. Kasu honetan,  $\epsilon = 0$  eta  $\cos \epsilon = 1$ , gehienekoa H<sub>vto</sub> izanik.

V<sub>v</sub> = haizearen abiadura, m/s.

7.3.5.2. Pistoi-efektua eta hartuneen arteko presioa

Lehenago aztertu dira dagoeneko faktore hauek.

7.3.5.3. Tunelean kontsideratu beharreko guztizko bultzada

Lehenik eta behin, tunel osoan konpentsatu beharreko guztizko presioa lortuko da. Horretarako, kontsideraturiko faktoreen batuketa algebrakoa egingo da.

Kompentsatu beharreko guztizko presioa finkatu ondoren, hauxe izango da haizegailuren guztizko bultzada:

$$\text{Guztizko bultzada (Nwts)} = \text{Guztizko presioa (mm.c.a.)} \times g \times \text{Tunelaren sekzioa (m}^2\text{)}$$

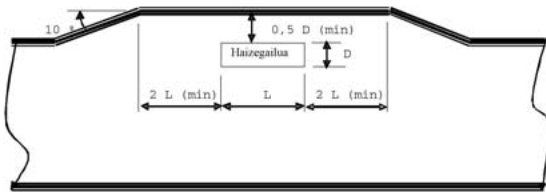
7.3.6. Ezarri beharreko haizegailu-kopurua

Tunelaren guztizko bultzada ezagututa, jarri beharreko haizegailu-kopurua lortuko dugu, balio hori zati aukeraturiko haizegailuaren bultzada eginez.

Hautaturiko haizegailuaren bultzada kontsideratzerakoan, kontuan izan behar da katalogoan agertzen diren balioak balio teknikoak direla, hots, haizegailuak jartzeko moduaren arabera balio hori murriztu egin daitekeela «instalazioaren faktorearen» ondorioz.

Ezarri beharreko haizegailuei buruz fabrikatzaileak datu zehatzik eman ezik, honako hauek kontsideratuko dira:

1. Haizegailua, nitxo batean kokatzen bada, honako eskema hau izan beharko da kontuan.



2. Instalazioaren faktoretzat hartuko da, haizegailuaren ardatza eta hurbilen dagoen horma edo sabaiaren arteko tartearen arabera:

| INSTALAZIOAREN FAKTOREAREN AZTERLANA |        |          |        |        |
|--------------------------------------|--------|----------|--------|--------|
| Tartea                               | 1 Diam | 1,5 Diam | 2 Diam | 3 Diam |
| Faktorea                             | 0,87   | 0,91     | 0,94   | 0,99   |

Horretaz gain, zarata, haizegailuen arteko distantzia, etab. izan beharko da kontuan haizegailua aukeratzeko.

Larrialdiko aireztapenari buruzko azterlanaren kasuan, lehenago esandakoaz gain, ke beroak eragindako tximinia-efektua izan beharko da kontuan.

Hasiera batean, honako formula hau erabili behar da:

$$\text{Keen bultzada} = (\text{Giroko airearen dentsitatea} - \text{Keen dentsitatea}) \times g \times \text{Keen sekzioa} \times \text{Pentxoaren luzera.}$$

Hasierako balioa lortzeko aplikatzen da formula hori, zeren eta kalkulu zehatza programa informatiko egokiaren bidez lortu beharko baita.

corresponde, teniendo en cuenta el ángulo de la dirección de este y el túnel. Por tanto:

$$H_{vto} = \frac{dV_v^2 \cos^2 \epsilon}{2g} \text{ (mm.c.a.)}$$

Siendo:

$\delta$  = Densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>) en el exterior. Este valor puede calcularse tal como ya se ha indicado.

$\epsilon$  = Ángulo de incidencia del viento con respecto al eje longitudinal del túnel. Lo normal será considerar el peor caso, es decir, viento opuesto directamente a la circulación del aire en el túnel. En este caso  $\epsilon = 0$  y  $\cos \epsilon = 1$  siendo máxima H<sub>vto</sub>.

V<sub>v</sub> = Velocidad del viento, en m/s.

7.3.5.2. Efecto pistón y presión entre bocas

Los estudios de estos factores ya se han desarrollado anteriormente.

7.3.5.3. Empuje total a considerar en el túnel

En primer lugar se obtendrá la presión total a contrarrestar en el conjunto del túnel. Para ello, se efectuará la suma algebraica de los distintos factores considerados.

Una vez determinada la presión total a contrarrestar, el empuje total de los ventiladores será:

$$\text{Empuje Total (Nwts)} = \text{Presión total (mm.c.a.)} \times g \times \text{Secc del túnel (m}^2\text{)}$$

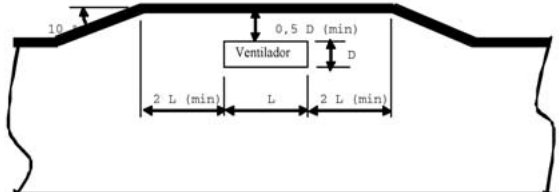
7.3.6. Número de ventiladores a implantar

Una vez conocido el empuje total del túnel, obtendremos el número de ventiladores a implantar dividiendo este valor por el empuje del ventilador elegido.

Deberá tenerse en cuenta a la hora de considerar el Empuje del ventilador elegido, que los valores indicados en catálogo, son valores teóricos, es decir, que en función de la forma de instalación ese valor puede quedar reducido consecuencia del «factor de instalación».

A falta de datos concretos del fabricante de los ventiladores a implantar se considerarán los siguientes puntos:

1. Si el ventilador se sitúa en un nicho, deberá tenerse en cuenta el siguiente esquema.



2. Se considerarán como factores de instalación, dependiendo de la separación del eje del ventilador a la pared o techo más próximo, los siguientes:

| ESTUDIO DEL FACTOR DE INSTALACIÓN |        |          |        |        |
|-----------------------------------|--------|----------|--------|--------|
| Separación                        | 1 Diám | 1,5 Diam | 2 Diam | 3 Diam |
| Factor                            | 0,87   | 0,91     | 0,94   | 0,99   |

Además de ello deberá tenerse en cuenta a la hora de elegir el ventilador, el ruido, la posible separación entre ellos, etc.

En el caso del estudio de la Ventilación de Emergencia, además de lo anteriormente expuesto, deberá tenerse en cuenta el efecto chimenea producido por los humos calientes.

En principio, la fórmula a utilizar será:

$$\text{Empuje de los humos} = (\text{Densidad del Aire Ambiente} - \text{Densidad de los humos}) \times g \times \text{Sección de los humos} \times \text{Longitud del penacho.}$$

La aplicación de esta fórmula es para la obtención de un valor inicial, puesto que el cálculo preciso deberá obtenerse a través del correspondiente programa informático.

Suaren inguruko airearen dentsitatea txikitzearen ondorioz hai-zegailuen potentzia txikitzeaz gain, kontuan izan behar da sutik hurbilen dagoen haizegailua suaren eraginez indargabetu egin daitekeela.

## 8. XEHETASUN AZTERLANAK – ERAIKUNTZA PROIEKTUAREN FASEA

### 8.1. Tunelaren aireztapena

Oinarritzko proiektuaren faseko azterlanek iraun bitartean aurreikusitako aireztapen sistemaren jokabidea egiaztatzeko asmoz, zenbakizko ereduak dituzten azterlanekin osatu beharko da behin betiko proiektua; izan ere, eredu horiek baliatuz, proiektuko aireztapen sistemaren ahalmena egiaztatu eta kontrola egiteko jarduketa-ildoak zehaztu ahal izango dira.

Eredu horiei esker, sistemaren jokabidea egiaztatu ahal izango da, bai ohiko funtzionamenduan, bai sua dagoenean.

Hasiera batean, programa informatikoren bat erabili beharko da. Kalkulua egiteko erabiliko den metodoa deskribatu beharko da, baita eginiko hipotesiak ere. Emaitzak aurkeztearekin batera, horien interpretazioa egingo da, eta bertan zehaztuko dira auke-raturiko irtenbideetan dauden ekarpenak. Erakutsitako emaitzek lorturiko magnitude-unitateak izan behar dituzte.

#### 8.1.1. Funtzionamendu normalerako azterlana

Eredu iraunkorrak egingo dira, sistemaren jokabidearen egoerarik adierazgarrienen definiziotik abiatuta; horretarako, honako hauek izan beharko dira kontuan:

1. Trafikoa: trafikoaren osaera, erreien arteko banaketa, etorkizuneko aurreikuspenak, trafikoko kurbak, etab. kontuan izan diren eredu makroskopikoen bidez.

2. Ibilgailuen igorpenak eta muga onargarriak: nazioarteko gomendioekin edo jarraibideekin bat etorri; PIARC-ek emandakoak lehenetsiko dira.

3. Tunelaren ezaugarri geometrikoak: arreta berezia jarriko da arlo hidraulikoan eragin handia dutenei (sektzioa, perimetroa), baita horren malda, altitua, orientazioa, eta abar.

4. Egoera atmosferikoak: atmosferak aireztapen sistemaren jokabidean izan dezakeen eragina aztertuko da.

5. Aireztapen ekipoak: ezaugarri hidraulikoei dagokienez nahiz horien kokapenak errendimenduan izan dezakeen eraginari dagokionez.

Azterlan horien xedea sistemak tunelean substantzia kutsagarriak diluitzeko dituen beharrak betetzeko duen ahalmena egiaztatzea da, bai CO, bai ibilgailuen keak ere. Gainera, NO<sub>x</sub> mailek ez dituzte maila onargarriak gaintutuko.

#### 8.1.2. Larrialdietarako azterlanak

Bi eredu-mota egingo dira.

##### 8.1.2.1. Erregimen iraunkorreko ereduak

Funtzionamendu normalari buruzko azterlanekin bezala, erregimen iraunkorreko ereduak egingo dira, suak sortutako ke-hodeia kontrolatzeko jarri den aireztapen sistemaren ahalmena egiaztatu ahal izateko.

Lehenago aipaturiko faktoreez gain, honako hauek izango dira kontuan:

- 1) Proiektuko suaren ezaugarriak: potentzia, substantzia kutsakorrek igortzea, eta abar.
- 2) Maldak keen mugimenduan duen eragina (tximinia-efektua).
- 3) Suaren kokapena.

Además de la disminución de la potencia de los ventiladores originada por la disminución de la densidad del aire en las proximidades del incendio, debe tenerse en cuenta la posibilidad de que el ventilador más próximo al fuego pueda ser inutilizado por este.

## 8. ESTUDIOS DE DETALLE – FASE DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO

### 8.1. Ventilación del túnel

Con el fin de verificar el posible comportamiento del sistema de ventilación previsto durante los estudios de la fase de proyecto básico, el proyecto definitivo deberá complementarse mediante estudios con modelos numéricos que permitan comprobar la capacidad del sistema de ventilación proyectado y definir los criterios de actuación para su control.

Dichos modelos permitirán comprobar el comportamiento del sistema tanto en situación de Funcionamiento Normal como en situación de fuego.

En principio, deberá emplearse algún programa informático. Deberá describirse el método de cálculo empleado, así como las hipótesis realizadas. Simultáneamente a la presentación de resultados, se realizará una interpretación de los mismos en las que se detallan las aportaciones que tienen sobre la solución adoptada. Los resultados mostrados deberán incluir las unidades de las magnitudes obtenidas.

#### 8.1.1. Estudio para situación de Funcionamiento Normal

Se realizarán modelos en régimen permanente a partir de la definición de los escenarios más representativos del comportamiento del sistema, para lo cual será necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Comportamiento del tráfico: mediante modelos del tipo macroscópico en los que se contemplen la composición, reparto entre carriles, previsiones a futuro, curvas de tráfico, etc.

2. Emisiones de vehículos y límites admisibles: de acuerdo con las recomendaciones o indicaciones internacionales, dándose preferencia a las dadas por PIARC.

3. Características geométricas del túnel: en particular se prestará atención a las de gran influencia en el comportamiento hidráulico (sección, perímetro), así como su pendiente, altitud, orientación, etc.

4. Condiciones atmosféricas: Se estudiará la influencia que su magnitud pueda implicar en el comportamiento del sistema de ventilación.

5. Equipos de ventilación: tanto sus características hidráulicas y eléctricas como la influencia que su colocación pueda tener en su rendimiento.

El objetivo de estos estudios será la comprobación de la capacidad del sistema para cumplir con las necesidades de dilución de contaminantes en el túnel, tanto para el CO como los humos generados por los vehículos. Además se verificará que los niveles de NO<sub>x</sub> no superen niveles aceptables.

#### 8.1.2. Estudios para la situación de Emergencia

Se realizarán dos tipos de modelos.

##### 8.1.2.1. Modelos en régimen permanente

Al igual que para los estudios en situación de Funcionamiento Normal, se realizarán modelos en régimen permanente que permitan comprobar la capacidad del sistema de ventilación instalado para el control de la nube de humos generada por el incendio.

Además de los factores enumerados anteriormente se tendrán en cuenta los siguientes:

- 1) Características del incendio de proyecto: potencia, emisiones de contaminantes, etc.
- 2) Influencia de la pendiente en el movimiento de la nube de humos (efecto chimenea).
- 3) Posición del incendio.

### 8.1.2.2. Erregimen iragankorreko ereduak

Eredu hauen xedea sistemak denborarekin duen jokabidea egiaztatzea da; hala, ez da hasierako edo amaierako erregimen iraunkorreko azterlanean ezarri ez den bitarteko egoerarik gertatuko. Horretarako, honako hauen jokabide iragankorraren simulazioa egiteko gauza izan behar du ereduak:

- 1) *Sua*: substantzia kutsagarrien igorpenari buruzko denborabilakaeraren kurben bidez.
- 2) *Trafikoa*: auto-pilaketak sortzeko prozesuak aintzat hartzea, sutetik hurbilen dauden ibilgailuak antzemateko lanei datzekienak.
- 3) *Tximinia-efektua*: temperatura gradienteez tunelaren barruan eragindakoa.
- 4) *Haizegailuak*: konexioa, desconexioa, matxura, inbertsioa, etab.

Era horretako ereduak esker, egoera ezberdinak egiaztatzeko modua egon behar da eredu iraunkorrean, eta gainera honako hauek izan behar dira kontuan:

- 1) Suaren sorburua aurkitzea.
- 2) Iheserako galerien egoera zuloen edo ur hartuenean artean.
- 3) Erabiltzaileen desplazamendua iheserako ibilbideetan.
- 4) Kontroleko zentroaren erreakzio-denborak, erabiltzaileenak, etab.

### 8.1.3. Kontrolerako irizpideen definizioa

Parametroei buruzko azterlanen bidez, kontrola egiteko irizpideak landuko dira, eta irizpide horiei esker, aireztapenaren kudeaketa tekniko zentralizatuaren sistemarekin integratu ahal izango dira.

Ezinbestekoa izango da aireztapen sisteman jarduteko ildoak eskema gisa eta modu egokian zehaztea kudeaketa informatikorako (ahal dela egoera ezberdinetarako tauletan).

Proposaturiko sistemak kontuan izan behar du tunelaren funtzionamenduaren egoera sua hasi baino lehen. Egoera hori abiapuntutzat hartuta, ke-hodia baztertzearrartzat duten aireztapeneko ekipoen gaineko jarduketak definituko dira.

Parametroei buruz egin beharreko azterlanetan, sistemaren tamaina egiaztatzeko eta azterlan iragankorrak burutzeko erabilietako fenomenoak baloratu eta zenbatu behar dira (trafikoa, aireztapen ekipoa, fenomeno atmosferikoak, etab.).

## 8.2. Galerien aireztapena

Aurretiazko fasean eginiko azterlanak eta kalkuluak berrikusiko dira xehetasunaren fase honetan.

## 9. EKIPAMENDUAREN ESKAKIZUNAK

### 9.1. Haizegailuak ezartzea

#### 9.1.1. Ezarpena

Haizegailuak tunelaren gakoan kokatuko dira. Binaka, baterian edo hiru edo batería gehiagokoa eta tarte uniformeetan banatuta jarriko dira tunelean zehar. Halako tarte egongo da haizegailuen artean non haizagailu-parearen fluxuak ez baitira hurbilegi egongo elkarrengandik, hurbilegi egoteak errendimendua mugatu dezakeelako. Printzipioz, egokitze joko da 60-70 m-ko bako tarte handiagoa. Norabide bakarretako tunelen ahoetan dauden arteko tarte gutxienez 25-50 m-ko izango da.

Alabaina, haizegailuak tuneleko ahoetan multzoka jartzea merkeagoa denez gero, haizegailuak taldeka jar daitezke merkeagoa izan dadin ezarpena, betiere ondoko erregela hauek betetzen baldin badira:

### 8.1.2.2. Modelos para régimen transitorio

El objetivo de estos modelos es la comprobación del comportamiento del sistema a lo largo del tiempo de forma que no existan situaciones intermedias no contempladas en el estudio del régimen permanente inicial o final. Para ello el modelo debe de ser capaz de simular el comportamiento transitorio del:

- 1) *Incendio*: mediante curvas de evolución temporal de la emisión de contaminantes.
- 2) *Tráfico*: que contemplen los procesos de formación de colas propios de la detención de los vehículos más próximos al incendio.
- 3) *Efecto chimenea*: originado por los gradientes de temperaturas en el interior del túnel.
- 4) *Ventiladores*: conexión, desconexión, avería, inversión, etc.

Este tipo de modelos debe permitir la comprobación de los escenarios dimensionantes para el modelo en régimen permanente, teniendo en cuenta además la:

- 1) Localización del foco del incendio.
- 2) Situación de las galerías de escape entre tubos o las bocas.
- 3) Desplazamiento de los usuarios en sus trayectorias de escape.
- 4) Tiempos de reacción del centro de control, usuarios, etc.

### 8.1.3. Definición de criterios para el control

Mediante la realización de estudios paramétricos se desarrollarán los criterios de control que permitan su integración con el sistema de Gestión Técnica Centralizada de la ventilación.

Será imprescindible que las pautas de actuación del sistema de ventilación queden definidas de una forma esquemática apropiada para su gestión informática (preferiblemente en forma de tablas para los distintos escenarios).

El sistema propuesto debe tener en cuenta la situación de funcionamiento del túnel previamente al desarrollo del incendio. Partiendo de esta situación se definirán las actuaciones sobre los distintos equipos de ventilación que faciliten el confinamiento de la nube de humos.

En los estudios paramétricos a realizar se deberán valorar y cuantificar los distintos fenómenos empleados para la verificación del dimensionamiento del sistema y la elaboración de los estudios en régimen transitorio (tráfico, equipos de ventilación, fenómenos atmosféricos, etc.).

## 8.2. Ventilación de galerías

En esta fase de detalle se revisarán los estudios y cálculos realizados en la fase previa, en base a los datos aparecidos en esta fase.

## 9. REQUISITOS DEL EQUIPAMIENTO

### 9.1. Implantación de ventiladores

#### 9.1.1. Implantación

Los ventiladores se situarán en la clave del túnel. Se implantarán preferentemente por parejas o en baterías de 3 o más ventiladores, en función de la sección transversal del túnel. La separación entre ellos será tal que el flujo de una pareja no se encuentre excesivamente próxima a la siguiente de forma que limite su rendimiento. En principio se considera adecuada una separación uniforme a lo largo del túnel con una interdistancia superior a 60-70 m. Los situados próximos a las bocas de entrada en túneles unidireccionales, se recomienda situarlos a una distancia no superior a 25-50 m de las bocas.

No obstante, y puesto que la agrupación en la zona de las bocas supone una instalación eléctrica más económica, podrá realizarse la implantación en grupos de ventiladores que permitan una cierta economía, siempre que se cumplan las siguientes reglas:

### 9.1.2. Haizegailuen arteko tartea

Gutxieneko tartea da norabide longitudinalean, 60 - 70 m-koa hain zuzen. Balio horrek nolabaiteko segurtasun-marjina du, haizegailura iristen den aireak aurreko haizegailuaren turbulenziazirik izan ez dezan.

Distantzia hori definitzeko oinarri teori lez, honako formula hauek kontsidera ditzakegu:

*Hondar-abiadura:* Haizegailu tubular bateko airearen hondar-abiadura, aire librean eta distantzia jakin batean (d).

| Haizegailuaren diam. (cm) | Airearen hondar-abiadura, «d» distantziaren funtzioa |
|---------------------------|--|
| 71                        | r abiad. = -3,697909518*LN(d) + 12,4951652025        |
| 80                        | r abiad. = -3,9861622979*LN(d) + 13,6039880254       |
| 90                        | r abiad. = -4,2706382915*LN(d) + 4,6982826731        |
| 100                       | r abiad. = -4,5251107391*LN(d) + 6,771625917         |
| 125                       | r abiad. = -5,0640591802*LN(d) + 7,750337158         |

*Minutuko biraketa-kopuruaren aldaketa:* Balio hau aire librean eta minutuko 1.500 biraketa dituzten haizegailuetan gertatzen da. Hortaz, biraketa-kopurua ezberdina bada, proiektuko haizegailuko balioak aldatu beharko dira; izan ere, haizegailuen legeekin bat etorri, emariarekiko zuzenketa proportzionalak izango dira eta, beraz, irteerako abiadurarekiko eta, hortaz, hondar-abiadurarekiko, hots:

$$\frac{Abi(r)}{Abi(r')} = \frac{mbk}{mbk'}$$

*Coanda-efektua:* Aurrekoaz gain, eta «Coanda-efektua»ren ondorioz, % 30ekoa izango da gutxi gorabehera hondar-abiadurarako kalkulaturiko distantziaren balioa.

Kalkulu horiek oinarritzat hartuta, distantziak 30 - 40 m bitartekoak izango dira; hori dela-eta, segurtasun handiagoa izateko, gutxienez 60 - 70 m-ko distantzia proposatzen da. Aitzitik, azterlan espezifiko egin behar bada, aurretik adierazitakoa izango da oinarria.

### 9.1.3. Oztupoak

Ez da egongo eragozpenik aire korrontearen kontra 15 - 20 m-ko gutxieneko distantzian inpultsoan, eta aurretik eta ondoren ere itzulezinak badira, hala nola seinalea, etab.

### 9.1.4. Instalazio faktorea

Haizegailuak tuneleko gakoan kokatuko dira, behar bezala zentratuta, eta

- Haizegailuaren ardatzetik sabairainoko gutxieneko distantzia: diametroa behin.
- Haizegailuen ardatzen arteko gutxieneko distantzia: 2 aldiz diametroa.

Balio horien arabera, «Instalazio-faktorea», hots, haizegailuaren bultzada teorikoa %94koaren ingururako da. Sabaiarekiko distantzia 3 aldiz handiagoa bada, faktorea %99koa izango da. 0,5 aldiz handiagoa bada, ordea, sabaia jotzen badago, %83raino murrizten da balioa.

### 9.1.5. Euskarria eta ainguraketa

Haizegailuen horniduran tuneleko egituraren euskarriak ere sartzeko dira. Horretarako, aurretik fabrikatu beharko dira euskarriak eta ainguraketa, ondorengo puntu hauek kontuan izanik:

- Tuneleko azken muntaketaren egoera.
- Muntaketa baino lehenago ahalik eta osagai gehien izatea eta prestatzea, muntaketa lehenbailehen egiteko.
- Dardaren kontrako gailuak izango ditu, tunelaren egiturari dardarik ez eragiteko, lehenago esandakoarekin bat etorri.

## 9.2. Ekipoak eta elikagaiak sobera izatea

Aireztapen sistemak berebiziko garrantzia duenez zuzen dagoenean, egin beharreko kalkuluetan kontuan izango da ondorengoak:

### 9.1.2. Separación entre ventiladores

Separación mínima en sentido longitudinal, de 60 - 70 m. Este valor tiene un cierto margen de seguridad, a fin de que el aire que llega a la aspiración de un ventilador no tenga ninguna turbulencia procedente del ventilador anterior.

Como base teórica para la definición de esa distancia, podremos considerar las siguientes fórmulas:

*Velocidad residual:* La velocidad residual del aire procedente de un ventilador tubular al aire libre y a una distancia (d), determinada.

| Diam. Ventilador (cm) | Velocidad residual del aire, función de la distancia «d» |
|-----------------------|--|
| 71                    | Vel r = -3,697909518*LN(d) + 12,4951652025               |
| 80                    | Vel r = -3,9861622979*LN(d) + 13,6039880254              |
| 90                    | Vel r = -4,2706382915*LN(d) + 4,6982826731               |
| 100                   | Vel r = -4,5251107391*LN(d) + 6,771625917                |
| 125                   | Vel r = -5,0640591802*LN(d) + 7,750337158                |

*Variación por rpm:* Este valor se supone al aire libre y para ventiladores a 1500 rpm. Por tanto, si las revoluciones son distintas, deberá transformarse a las del ventilador del proyecto, que de acuerdo a las leyes de los ventiladores será directamente proporcional al caudal, por tanto a la velocidad de salida y, como consecuencia, a la residual, es decir:

$$\frac{Vel(r)}{Vel(r')} = \frac{rpm}{rpm'}$$

*Efecto Coanda:* Además de lo anterior, y consecuencia del «efecto Coanda», el valor de la distancia calculada para la velocidad residual será del orden del 30% superior.

En base a estos cálculos, las distancias varían entre 30 - 40 m, por lo cual para mayor seguridad se propone el mínimo de 60 - 70 m. No obstante, en los casos en los que sea necesario un estudio específico, el cálculo se basará en lo expuesto anteriormente.

### 9.1.3. Obstáculos

No existirán obstáculos a la corriente de aire, tales como señales, etc., a una distancia mínima de 15 - 20 m en la impulsión, y antes y después, si son reversibles.

### 9.1.4. Factor de instalación

Los ventiladores se situarán en la clave del túnel perfectamente centrados y;

- Distancia mínima del eje del ventilador al techo: 1 vez el diámetro.
- Distancia mínima entre ejes de ventiladores: 2 veces el diámetro.

Se considera que con estos valores, el «Factor de Instalación», es decir, el aprovechamiento del empuje teórico del ventilador es del orden del 94%. Si la distancia al techo se eleva a 3 veces, el factor alcanza el 99%. Al contrario, si fuese 0,5 veces, es decir, pegado al techo, el valor se reduce hasta el 83%.

### 9.1.5. Soportado y anclaje

El suministro de los ventiladores incluirá los soportes a la estructura del túnel. Para ello, se deberán prefabricar los soportes y anclajes, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Situación que se encontrará en su montaje final en el túnel;
- Disponer y preparar el máximo número de componentes previos al montaje, a fin de que éste se realice con la mayor celeridad.
- Dispondrá de los correspondientes antivibratorios a fin de no transmitir vibraciones a la estructura del túnel de acuerdo a lo anteriormente indicado.

## 9.2. Redundancia de equipos y de alimentación

Dada la importancia del Sistema de Ventilación en la situación de incendio, en los cálculos a realizar se tendrá en cuenta que puesto

sua haizegailu-bikotearen azpi-azpian gerta daitekeenez gero eta horrek aireztatena murriztea dakarrenez gero, kalkulua egiteko prozesuan haztatu egin behar da emaitza, halako moldez non haizegailuen guztizko kopurua bikoitua izango baita. Horrekin ulertu behar da ezen, haizegailuak 2 orduz 400 °C-ko temperatura jasateko gai badira ere, funtzionamenduan izango den denbora oso laburra izango dela.

Argindarrari dagokionez, nahiz eta gai honen inguruko atal espezifikoa izan, haizegailuek larrialdietako elikadura izatea da jarraitu beharreko irizpidea, bai kanpoko elikadura bikoitzarekin eraztun itxurarekin, bai talde dieselaren bidez.

**9.3. Eskakizun funtzionalak**

**9.3.1. Haizegailuak lehengoratzeko gaitasuna eta suaren kontrako erresistentzia**

Suaren kontrako erresistenteak izango dira haizegailu guztiak, eta 2 orduz 400 °C-ko temperatura jasan behar dute osagaietako bat behar bezala funtzionatzeari utzi baino lehen. Halaber, haizegailu guztiek itzulgarriak izan behar dute, eta kontrako norabidean gutxienez %95eko errendimendua izan behar dute.

**9.3.2. Ekipoen eta giroko zarataren maila**

Zarataren parametroa kontuan izan behar da tuneleko giroan, megafoniako sistemak ahalik eta errendimendurik eta eraginkortasunik handiena izan behar duelako, zeren eta sistema hori segurtasun-sistemaren multzoaren barruan sartzen baita larrialdietan; are gehiago, ohiko egoeretan ere bai, adibidez mantentze lanak egiten direnean.

Haizegailuak dira tuneleko giroko bigarren zarata-iturri nagusia; izan ere, altuegia bada, zarata-iturri nagusiarekin batera, hau da, trafikoarekin batera, zarata-maila handia izaten da.

Hori dela-eta, isilgailuak eduki behar dituzte sarreran zein irteeran, baina funtsean norabide bakarrean funtzionatuko dute, halako moldez non zarataren presio-maila gehienez 73 dB(A)koa izango baita metro batera eta ardatzarekiko 45º-ko angeluan.

**9.3.3. Ekipoen dardara-maila**

Era horretako haizegailu-motak egiten dituztenentzako egungo arautegiaren araberakoa izango da haizegailuaren dardara-maila. Hala eta guztiz ere, ardatzak jarri ondorengo neurketetan ez dira gaindituko ondorengo grafikoko balioak.

que el incendio puede ocurrir justamente debajo de una pareja de ventiladores, con la consecuente reducción de la capacidad total de ventilación, en el proceso de cálculo, el resultado deberá ser mayorado de forma que el total de ventiladores sea un valor par. En lo anteriormente expuesto se entiende que a pesar de que los ventiladores sean capaces de soportar 400 °C durante 2 horas, con la proximidad del incendio, su tiempo de funcionamiento será muy breve.

En cuanto a la alimentación eléctrica, aunque existe un apartado específico sobre este tema, el criterio a seguir es disponer que los ventiladores tengan alimentación de emergencia, bien a través de doble alimentación exterior segura y en anillo o bien mediante un grupo diesel.

**9.3. Requisitos funcionales**

**9.3.1. Reversibilidad y resistencia al fuego de los ventiladores**

Todos los ventiladores serán resistentes al fuego, debiendo soportar 400 °C durante 2 horas antes de que alguno de sus componentes deje de actuar correctamente. Así mismo, todos los ventiladores serán reversibles con rendimiento mínimo del 95% en sentido inverso.

**9.3.2. Nivel de ruido en equipos y ambiente**

La razón de que el parámetro del ruido deba ser tenido en cuenta en el ambiente del túnel, tiene su fundamento en la necesidad de que el Sistema de Megafonía tenga el máximo rendimiento y efectividad, dado que este sistema, se encuentra dentro del conjunto de sistemas de seguridad en caso de situación de emergencia, o incluso en situaciones cotidianas, como por ejemplo durante operaciones de mantenimiento.

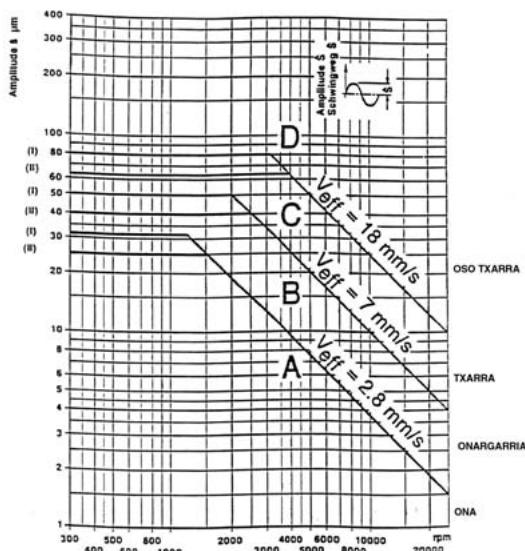
Los ventiladores son la segunda fuente de ruido más importante en el ambiente del túnel, que si fuese excesivamente alta, produciría un aumento al alza del ya producido por el propio tráfico, principal foco emisor.

Por esta razón, los ventiladores deberán disponer de silenciadores tanto en la entrada como en la salida, aunque vayan a funcionar fundamentalmente en una dirección, de tal forma que el nivel de presión sonora a 1 m de distancia y en ángulo de 45º con el eje no sea superior a 73 dB(A).

**9.3.3. Nivel de vibraciones de equipos**

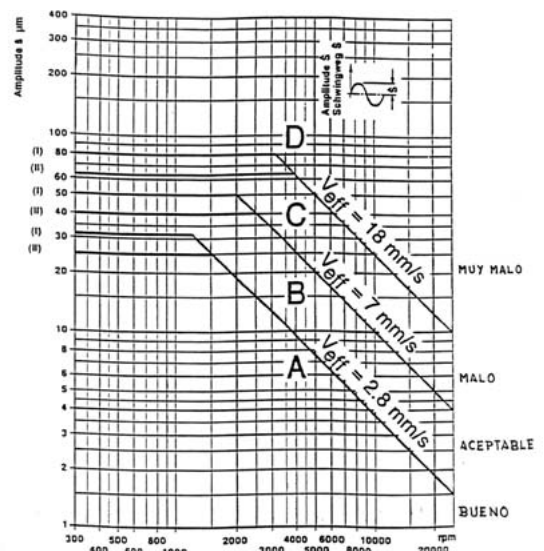
El nivel de vibraciones del ventilador estará de acuerdo a la normativa actual para los fabricantes de este tipo de ventiladores. No obstante, las mediciones en los tres ejes una vez instalados no sobrepasarán los indicados en el siguiente gráfico.

**Vibration diagram**

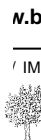


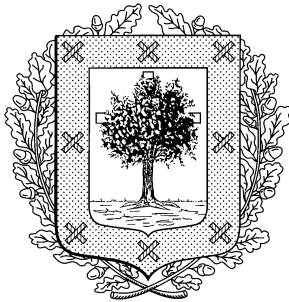
Informazio-iturria ISO 2372-74 / VDI-2056 5. ERANSKINA

**Vibration diagram**



Fuente informac. ISO 2372-74 / VDI 2056 ANEXO 5 (Jarraitzen du / Continúa)





# BIZKAIKO ALDIZKARI OFIZIALA

# BOLETIN OFICIAL DE BIZKAIA

Legezko Gordailua / Depósito Legal BI-1958-1 - ISSN. 1134-8720

BAO. 240. zk. 2008, abenduak 15. Astelehena

— 30593 —

BOB núm. 240. Lunes, 15 de diciembre de 2008

## Bigarren zatia / Segunda parte

### I. Atala / Sección I

## Bizkaiko Lurralde Historikoko Foru Administrazioa

## Administración Foral del Territorio Histórico de Bizkaia

### Foru Aldundia / Diputación Foral

#### Herri Lan Saila

**Bizkaiko Foru Aldundiaren 134/2008 FORU DEKRETUA, abuztuaren 20koa, errepideetako tuneletako seguratsun eta ustiapen jarraibide teknikoak onartzen dituena.**

#### Departamento de Obras Públicas

**DECRETO FORAL de la Diputación Foral de Bizkaia, 134/2008, de 20 de agosto, por el que se aprueban las instrucciones técnicas de seguridad y explotación en túneles de carreteras.**

#### Artikulu bakarra

Errepideetako tuneletarako segurtasun eta ustiapen jarraibide teknikoak onartzen dituen foru dekretua onartzen da. Jarraibide horiek ondoren zehazten dira eta horiei buruzko testu osoa agiri honi erantsi zaio, Eranskin gisa:

- Tunelak Segurtaunez Diseinatzeko Jarraibide Teknikoak. I: Azpiegitura.
- Tunelak Segurtaunez Diseinatzeko Jarraibide Teknikoak. II: Energia elektrikoa.
- Tunelak Segurtaunez Diseinatzeko Jarraibide Teknikoak, III: Argiak.
- Tunelak Segurtaunez Diseinatzeko Jarraibide Teknikoak. IV: Aireztatzen sistema.
- Tunelak Segurtaunez Diseinatzeko Jarraibide Teknikoak. V: Suteen kontrako babes-sistema.
- Tunelak Segurtaunez Diseinatzeko Jarraibide Teknikoak. VI: Segurtasun, zaintza eta kontrol sistemak.
- Tuneletako Ustiapen Jarraibide Teknikoak.

(Amaiera)

#### Artículo único

Se aprueba el Decreto Foral por el que se determinan las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras que a continuación se detallan, y cuyo texto íntegro se adjunta a la presente a modo de Anexo:

- Instrucciones Técnicas para el Diseño Seguro de Túneles. I: Infraestructura.
- Instrucciones Técnicas para el Diseño Seguro de Túneles. II: Energía eléctrica.
- Instrucciones Técnicas para el Diseño Seguro de Túneles. III: Alumbrado.
- Instrucciones Técnicas para el Diseño Seguro de Túneles. IV: Ventilación.
- Instrucciones Técnicas para el Diseño Seguro de Túneles. V: Sistema de protección contra incendios.
- Instrucciones Técnicas para el Diseño Seguro de Túneles. VI: Sistemas de seguridad, vigilancia y control.
- Instrucciones Técnicas de Explotación de Túneles.

(Conclusión)

### 10. AIREZTAPEN SISTEMA ABIARAZTEA

#### 10.1. Orokortasunak

Honako atal honen xedea aireztapen sistema osoan egin beharko diren probak definitzea da.

Proben helburua bikoitza da; alde batetik, sistema proiektuaren eskakizunekin bat datorrela ziurtatzea, betiere ezarritako diseinuaren eskakizunak eta irizpideak beteta; eta beste aldetik, aipaturiko ekipo horien daturik garrantzitsuenen erregistroa izatea, hementdik aurrera historia eduki ahal izateko.

### 10. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

#### 10.1. Generalidades

El presente apartado tiene por objeto definir las pruebas que deberán realizarse en el conjunto del Sistema de Ventilación.

El objetivo de las pruebas es doble, por una parte, asegurar que el Sistema se corresponde con las exigencias del proyecto cumpliendo los Requisitos y Criterios de Diseño establecidos, y una segunda, disponer de un registro de los datos más importantes de dichos equipos para disponer en adelante del correspondiente historial.

## 10.2. Probaren prozedurak

Hornitzaileak sortuko ditu proben prozedurak; obra zuzendaritzak onetsi behar ditu prozedurok (hemendik aurrera O.Z.).

## 10.3. Probetako tresnak

Hornitzailearen aparatuekin egingo dira neurketa guztiak, baina aurretik erkatu egin behar dira eta egiaztagiriak obra zuzendaritzari eman behar zaizkio erabilera onetsi dezan. Inola ere ez dira erabiliko proba egiteko instalazioko aparatu finkoak, eta neurketak baliatu ahal izango dira aparatuen arteko erkaketa egiteko.

## 10.4. Egin beharreko probak eta helburuak

Hiru proba-mota egongo dira: hornitzaile edota fabrikatzailearen instalazioetako osagaiak, landako osagaiak eta sistema osoaren funtzionaltasuna.

### 10.4.1. Osagaien gaineko probak eta helburua hornitzailearen / fabrikatzailearen instalazioetan

Soilik osagaia probatuko da. Hala, instalazioan erabiltzen diren haizegailu-motak probatuko dira, edo haizegailu-eredua, koadro elektrikoak, etab.

Tuneleko aireztapenari zein ebakuazio galeriei, gela teknikoiei, eta abarri aplikatuko zaie puntu hau.

Honako osagai hauek probatu beharko dira:

- 1) Haizegailuak.
- 2) Aginte-toki elektrikoak.
- 3) Kontroleko sistemaren osagaiak.

#### 10.4.1.1. Haizegailuak

Haizegailuen motoreen parametro elektrikoak egiaztatzea:

— Fabrikatzailearen entsegu-dokumentuak egiaztatzea / izatea.

Haizegailu-mota bakoitzaren emaria-presioa-bultzada kurba egiaztatzea:

— Fabrikatzailearen entsegu-dokumentuak egiaztatzea / izatea.

Haizegailuaren gainerako parametroak egiaztatzea (dardarak, zarata):

- Dardaren neurketa.
- Zarataren neurketa.

#### 10.4.1.2. Aginte-toki elektrikoak

Parametro elektrikoak egiaztatzea:

- Zurruntasun dielektrikoa.
- Magnetotermikoen tara, diferentziala, etab.
- Jarduketa eta maniobra probak.

#### 10.4.1.3. Kontroleko sistema

Jarduketa egiaztatzea funtzionamenduaren logikaren araberak; hartara, hainbat seinaleren simulazioa egingo da.

### 10.4.2. Landako osagaien gaineko probak eta helburuak

Proba hauetan, osagaiak behar bezala jarri izanari buruzko probak egingo dira, baina muntaketa horrek gainerako osagaietan izan ditzakeen ondorioak aintzat hartu barik; adibidez, tuneleko haizegailuen proban, banan-banan probatuko dira geldirik dauden gainerako haizegailuekin. Ebakuazio galerietan eta gela teknikoetan, jakina, aparte egingo dira.

Hauexek izango dira landa-probak:

- 1) Muntaturiko elementuen hasierako begizko ikuskapena.
- 2) Osagai mekanikoen eta elektrikoaren probak.

#### 10.4.2.1. Muntaturiko elementuen hasierako begizko ikuskapena

Elementu mekanikoak, elektrikoak edo tresnak behar bezala muntatzen direla egiaztatzea, planoko kokapenaren araberak, etab.

## 10.2. Procedimientos de prueba

El Suministrador generará los procedimientos de pruebas, los cuales deberán haber sido aprobados por la Dirección de Obra (en adelante D.O.).

## 10.3. Instrumentación de pruebas

Todas las mediciones se realizarán con aparatos pertenecientes al Suministrador, los cuales deberán haber sido previamente contrastados y su certificación deberá ser entregada a la D.O. para la aprobación de su utilización. En ningún caso podrán utilizarse para la prueba los aparatos fijos pertenecientes a la instalación, sirviendo asimismo las mediciones para el contraste de éstos.

## 10.4. Pruebas a realizar y objetivos

Existirán tres tipos de pruebas, de componentes en las instalaciones del suministrador/fabricante, de componentes en campo y de funcionalidad del conjunto del sistema.

### 10.4.1. Pruebas de componentes y objetivos, en las instalaciones del suministrador / fabricante

En ellas, se probará el componente como tal. Así, deberá probarse uno de cada tipo de los ventiladores que se utilicen en la instalación ó un ventilador prototipo, cuadros eléctricos, etc.

Este punto es aplicable tanto a la ventilación del túnel como a las galerías de evacuación, cuartos técnicos, etc.

Los componentes que deberán probarse son:

- 1) Ventiladores.
- 2) Cuadros eléctricos.
- 3) Componentes del Sistema de Control.

#### 10.4.1.1. Ventiladores

Verificación de los parámetros eléctricos de los motores de los ventiladores:

— Verificar / disponer de documentos de ensayos del fabricante.

Verificación de la curva caudal-presión-empuje, de uno de cada tipo de ventilador:

— Verificar / disponer de documentos de ensayos del fabricante.

Verificación del resto de los parámetros del ventilador (vibraciones, ruido):

- Medición de vibraciones.
- Medición de ruido.

#### 10.4.1.2. Cuadros eléctricos

Verificación de los parámetros eléctricos:

- Rigidez dieléctrica.
- Tarado de magnetotérmicos, diferencial, etc.
- Pruebas de actuación y maniobra.

#### 10.4.1.3. Sistema de Control

Verificación de la actuación de acuerdo a la lógica de funcionamiento, mediante la simulación de las distintas señales.

### 10.4.2. Pruebas de componentes y objetivos, en campo

En ellas, se probará el componente como tal debidamente instalado, pero sin tener en cuenta las implicaciones que su montaje con el resto de componentes pueda tener, por ejemplo, durante la prueba de los ventiladores de túnel se probarán uno a uno, con el resto de ventiladores parados. En el caso de las galerías de evacuación cuartos técnicos, lógicamente también se realizarán de forma independiente.

Las pruebas en campo constarán de:

- 1) Inspección inicial visual de los elementos montados.
- 2) Pruebas de componentes mecánicos y eléctricos.

#### 10.4.2.1. Inspección inicial visual de los elementos montados

Verificar el correcto montaje de los distintos elementos mecánicos, eléctricos o instrumentos, de acuerdo a situación en planos, etc.



**10.4.2.2. Osagai mekanikoen eta elertikoen probak****Haizegailuak****AINGURAKETA**

Haizegailu guztietako ainguraketa-sistema egiaztatzea. Tune-laren aireztapenean, haizegailu bakoitzaren ainguraketa eta segurtasuneko elementuek jasandako balioa egiaztatuko da.

**PARAMETRO ELEKTRIKOAK**

Haizegailu guztien emaria-presioa-bultzada kurba egiaztatzea neurketen bidez eta horiek fabrikatzailearen datuekin eta diseinuarekin alderatzea. Haizegailu guztien eta osagai guztien emaria-presioa-bultzada kurba egiaztatzea neurketen bidez eta horiek fabrikatzailearen datuekin eta diseinuarekin alderatzea.

Honako neurketa eta eragiketa hauen bidez egongo da instalazio elektriko guztien proba:

- Motoreak eta gainerako ekipo elektrikoak eta elektronikoak konektatu baino lehen, lurrerako isolamenduaren erresistentzia eta eroaleen arteko erresistentzia neurtuko da, zirkuitu bakoitzean zein hornitzaile bakoitzean, eta gutxienez 750.000 ohmio eman behar dira.
- Motoreak eta gainerako ekipoak konektatu ondoren, modu berean neurtuko da berriz isolamenduaren erresistentzia, eta gutxienez 250.000 ohmio eman behar dira.
- Osagai guztien identifikazioa eta zirkuituetako seinalezta-pena egiaztatu beharko da.
- Elikatze orokorren eta partzialen tentsioa, intentsitate nominalean edo maximoan.
- Koadro orokorren frekuentzia.
- Koadroko lur orokorrak eta makinak partzialak.
- Haizegailu bakoitzaren proba berezian neurtuko da haizegailuen potentzia.
- Diferentzialen proba.
- Magnetotermikoen proba.
- Kalibraketa eta motoreak gordetzeko probak.
- Kalibraketa eta termikoen probak.
- Kalibraketa eta arrankatzeko probak.
- Katigamenduen egiaztatpena.

**HAIZEGAILUAREN KURBA KARAKTERISTIKOA**

Haizegailu guztien emaria-presioa-bultzada kurba egiaztatzea neurketen bidez eta horiek fabrikatzailearen datuekin eta diseinuarekin alderatzea:

- Bertatik igarotzen den emaria neurtzea, edo balio hori teorikoki ondorioztatzea neurketaren benetako intentsitate oinarritzat hartuta.
- Loturiko funtzionamenduaren puntua haizegailuaren balio teknikoarekin alderatzea.
- Minutuko bira-kopurua neurtzea.

**DARDARAK ETA ZARATA**

Haizegailuaren gainerako parametroak egiaztatzea (dardarak, zarata):

- Dardaren neurketa.
- Zarataren neurketa.

**10.4.3. Sistema osoaren funtzionaltasunaren gaineko probak eta helburuak**

Sistema orokorren funtzionaltasuna ikusiko da probetan, bai tunelaren aireztapena, bai gainerako azpisistemak (galeriak, etab.). Hala, ahal den neurrian, instalazioaren ohiko funtzionamenduaren antzeko baldintzen simulazioa egingo da.

Funtzionaltasuna egiaztatzeko, haizegailuak oro har probatuko dira, bai ohiko funtzionamenduan ari direnean, bai larrialdietan Ustiapenaren Eskuliburuan ezarritako modu ezberdinetan. Hona hemen probak:

**10.4.2.2. Pruebas de componentes mecánicos y eléctricos****Ventiladores****ANCLAJE**

Verificación del sistema de anclaje de cada uno de los ventiladores. En la ventilación de túnel, se comprobará el valor soportado por cada uno de los elementos de anclaje y seguridad, de cada ventilador.

**PARÁMETROS ELÉCTRICOS**

Verificación de los parámetros eléctricos de cada uno de los motores de los ventiladores mediante mediciones, y comparación con los datos de fabricante y diseño, así como del resto de componentes.

Toda la instalación eléctrica será probada mediante las siguientes medidas y operaciones:

- Antes de conectar los motores y demás equipos eléctricos y electrónicos se medirá la resistencia del aislamiento a tierra y entre conductores, haciéndose tanto de cada circuito como para alimentador, y debiéndose obtener un valor no inferior a 750.000 ohmios.
- Una vez conectados los motores y demás equipos se volverá a medir la resistencia del aislamiento en la misma forma, debiendo dar un valor no inferior a 250.000 ohmios.
- Deberá comprobarse la identificación de todos los componentes y comprobar la señalización de los circuitos.
- Tensiones de alimentación generales y parciales, a intensidad nominal o máxima.
- Frecuencia en cuadro general.
- Tierras generales de cuadro y parciales de máquinas.
- Las medidas de potencia en cada ventilador, se realizarán en la prueba particular de cada uno.
- Prueba de diferenciales.
- Prueba de magnetotérmicos.
- Calibrado y prueba de guardamotores.
- Calibrado y prueba de térmicos.
- Calibrado y prueba de arrancadores.
- Verificación de enclavamientos.

**CURVA CARACTERÍSTICA DEL VENTILADOR**

Verificación de la curva caudal-presión-empuje de cada uno de los ventiladores mediante mediciones, y comparación con los datos de fabricante y diseño:

- Medición del caudal que pasa por él, o deducir este valor de forma teórica basándose en la intensidad real medida.
- Comparación del punto de funcionamiento obtenido, con el valor teórico del ventilador.
- Medición de las r.p.m.

**VIBRACIONES Y RUIDO**

Verificación del resto de los parámetros del ventilador (vibraciones, ruido):

- Medición de vibraciones.
- Medición de ruido.

**10.4.3. Pruebas de funcionalidad y objetivos, del conjunto del sistema**

En ellas, se observará la funcionalidad del conjunto del Sistema, tanto la ventilación de túnel, como en los demás subsistemas, (galerías, etc.). Tratará de simularse en este punto, dentro de lo que se pueda, las condiciones más próximas al funcionamiento normal de la instalación.

Para la funcionalidad, se probarán todos los ventiladores funcionando como conjunto, tanto en Funcionamiento Normal como en Emergencia en las distintas formas previstas en el Manual de Explotación. Dichas pruebas serán:

**10.4.3.1. Funtzionamendu normalaren egoera**

Aurreikusitako haizegailuen funtzionamendua, opakotasun eta CO balioen arabera.

**10.4.3.2. Larrialdietako funtzionamenduaren egoera**

Haizegailuen funtzionamendua, suaren egoeren funtzioa ea galerien eta gela teknikoetako azpisistemen egoera ere.

**10.5. Probaren gaineko jarraibideak**

Haizegailu guztietan egin beharko dira ondoren agertzen diren atalak, eta neurketak formatu egokian abiaraziko dira. Hori aplikatu behar zaio tuneleko aireztapenari, baita ebaluazio galerietako eta gela teknikoetako aireztapenari ere.

**10.5.1. Haizegailuen ezarpena eta ainguraketa sistema egiaztatzea****10.5.1.1. Haizegailuak ezartzea**

Haizegailu guztiak proiektuarekin bat etorritz jartzen direla berrikustea.

**10.5.1.2. Haizegailuen ainguraketa**

Oro har, haizegailuetako ainguraketa-bernoen begizko ikuskapena egingo da: tamaina, eustea, etab.

Tuneleko aireztapeneko haizegailuen kasuan, euste eta segurtasun ainguraketa-berno guztien karga-proba egingo da, jasan beharreko pisua baino 10 aldiz handiagoko indarra izanik segurtasun-koefizientea.

**10.5.2. Haizegailuak ikuskatzea eta egiaztatzea**

Haizegailuak behar bezala muntatu ondoren egingo da ikuskapena.

**10.5.2.1. Ekipoaren begizko ikuskapena**

- Ainguratze sistema, zigilatze sistema, konexio elektrikoa, kolperik ez izatea, eta abar berrikustea.
- Ezaugarrien plaka egiaztatzea. Plaka behar bezala jarrita eta irakurtzeko moduko tokian dagoela egiaztatzea, baita proiektuko datuekin bat datorrela ere.

**10.5.2.2. Sistema elektrikoa egiaztatzea**

Koadroa zehaztapenen arabera berrikustea, konexioa, kableen markaketa, garbiketa, lanparen seinaleztapen egokia, etengailu nagusiaren zirkuitu laburraren intentsitatea, etab.

Osagaien tara egiaztatzea, hala nola magnetotermikoa, koadroko seinaleak eta ekipoaren benetako funtzionamendua bat etortzea, haizegailuaren biraketa egokia, etab. egiaztatzea.

**10.5.2.3. Haizegailuaren motorearen parametro elektrikoak egiaztatzea**

Arrankatzearen intentsitatearen eta nominalaren, tentsioaren eta abarren gaineko neurketak egitea.

**10.5.2.4. Haizegailuen emaria eta minutuko bira-kopurua egiaztatzea**

Probatu beharreko haizegailuaren kurbak izan behar dira. Intentsitatearen datuarekin eta emariarekin eta minutuko bira kopuruekin, proiektuan eskaturikoarekin egingo dira konparaketak bultzadari eta abarri dagokionez tunelen haizegailuen kasuan, edo presioen gainekoak gainerakoetan.

**10.5.2.5. Haizegailuaren gainerako parametroak egiaztatzea (dardarak, zarata)**

Haizegailuaren karkasako dardarak neurtuko dira.

Haizegailuaren zarata neurtuko da irteerako ahotik metro batera, 45º-ko angeluan haizegailuaren ardatzarekiko.

**10.4.3.1. Situación de Funcionamiento Normal**

Funcionamiento de los ventiladores previstos, en función de distintos valores de opacidad y CO.

**10.4.3.2. Situación de Funcionamiento de Emergencia**

Funcionamiento de los ventiladores, función de distintas situaciones de incendio, así como de los subsistemas de galerías y cuartos técnicos.

**10.5. Instrucciones de Prueba**

Los puntos que a continuación se exponen, deberán realizarse en cada uno de los ventiladores, e implementar las mediciones en el formato correspondiente. Ello es aplicable tanto a la ventilación del túnel como en las galerías de evacuación y cuartos técnicos

**10.5.1. Verificación de la implantación y sistema de anclaje de los ventiladores****10.5.1.1. Implantación de ventiladores**

Revisar situación de la implantación de acuerdo al proyecto, de cada uno de los ventiladores.

**10.5.1.2. Anclaje de ventiladores**

En general, se realizará una inspección visual de los pernos de anclaje de los ventiladores, tamaño, sujeción, etc.

En el caso de los ventiladores de la ventilación de túnel, se realizará la prueba de carga de cada uno de los pernos de anclaje de sujeción y seguridad, para una fuerza de al menos 10 veces el peso a soportar, como coeficiente de seguridad.

**10.5.2. Inspección y verificación de ventiladores**

Esta inspección se realizará una vez hayan sido debidamente montados los ventiladores.

**10.5.2.1. Inspección visual del equipo**

- Revisar el sistema de anclaje, sellado, conexión eléctrica, ausencia de golpes, etc.
- Verificación de la placa de características. Comprobar que dicha placa se encuentra perfectamente colocada y legible, y que se corresponde con los datos de proyecto.

**10.5.2.2. Verificación del sistema eléctrico**

Revisar apartada de cuadro s/especificación, conexiones, marcado de cableado, limpieza, señalización correcta de lámparas, intensidad de cortocircuito del interruptor principal, etc.

Verificación del tarado de los correspondientes componentes como magnetotérmico, correspondencia entre la señalización en cuadro y funcionamiento real del equipo, giro correcto del ventilador, etc.

**10.5.2.3. Verificación de los parámetros eléctricos del motor del ventilador**

Efectuar mediciones correspondientes a intensidad de arranque y nominal, tensión etc.

**10.5.2.4. Verificación del caudal y r.p.m. de los ventiladores**

Se deberá disponer de las curvas del ventilador a probar. Con los datos de intensidades, y caudal y r.p.m. medidos, se comparará con el solicitado en el proyecto, en cuanto a empuje, etc., en el caso de los ventiladores de túnel, o presiones en el resto.

**10.5.2.5. Verificación del resto de los parámetros del ventilador (vibraciones, ruido)**

Se medirán las vibraciones en la carcasa del ventilador.

Se procederá a la medición del ruido del ventilador a un metro de distancia de la boca de salida y con un ángulo de 45º respecto al eje del ventilador.

**10.5.2.6. Funtzionaltasunaren gaineko proba**

Haizegailu guztien funtzionaltasuna egiaztatuko da:

- Tokian arrankatzea edota gelditzea tokiko seinaleztapenarekin eta kontroleko zentroan, norabide zuzenean.
- Kontroleko zentrotik arrankatzea edota gelditzea tokiko seinaleztapenarekin, eta kontroleko zentroan kontrako norabidean.
- Egiaztapen berak baina alderantziz tuneleko haizegailuekin.
- Tuneleko airearen batezbesteko abiadura egiaztatzea Ustiapenaren Eskuliburuan ezarritakoarekin araberara. Anemometro finkoak dauden sekzio berean hartu beharko dira balio horiek, halako moldez non kontroleko zentroan lorturiko neurketarekin neurtuko baitira, bi neurketen arteko korrelazioa ezagutu ahal izateko.
- Zarata egiaztatzea. Tuneleko toki eta une ezberdinetan neurtuko da zarata, hala nola funtzionatzen ari den haizegailukopurua, eta megafoniakoak egoera horietan eraginkorrak direla egiaztatuko da.

**10.5.3. Lotuta tresnak ikuskatzea eta egiaztatzea****10.5.3.1. Ekipoaren begizko ikuspena**

- Elementu guztiak proiektuarekin bat etorri jartzen ari direla berrikustea.
- Ainguraketa-sistema berrikustea, kolperik ez dagoela egiaztatzea, etab., haizegailuekin lotutako tresna guztietan.
- Ezaugarrien plakak egiaztatzea. Plakak behar bezala jarrita eta erraz irakurtzeko modukoak direla egiaztatzea, baita proiektuko datuekin bat datozela egiaztatzea ere.

**SISTEMA ELEKTRIKOA EGIAZTATzea**

Konexioak berrikustea, kableen markaketa, garbiketa, etab., proiektuaren zehaztapenekin bat etorri.

Osagaien tara, koadroko seinaleztapenak eta ekipoaren benetako funtzionamendua bat datozela egiaztatzea, etab.

**FUNTZIONALTASUNAREN GAINEKO PROBA**

Tresna guzti-guztien funtzionaltasuna egiaztatuko da:

- Kontroleko zentroaren softwarearen seinaleztapena.
- Tresna horien irakurketen fidagarritasun-txantiloien bidezko egiaztapena.

**10.5.4. Tuneleko haizegailu guztien funtzionaltasunaren gaineko proba**

Tuneleko haizegailu guztiak eta tresna guztiak probatu eta abian jarrita, sistemaren funtzionaltasunaren proba egingo da, Ustiapenaren Eskuliburuan ezarritakoekin bat etorri betiere.

Ondoren agertuko denaren araberara, probaren unean benetakoa ezin izan daitekeenaren gaineko simulazioa egingo da. Honako katigamendu hauek egiaztatuko dira:

- Suak detektatzeko sistemarekiko katigamendua:
  - Ustiapenaren Eskuliburuan ezarritakoarekin bat etorri behar diren haizegailuak arrankatzea edota gelditzea, lotura duten tresnekiko katigamenduen araberara, hurrengo atalean agertzen denez.
- Lotura duten tresnen katigamendua:
  - Aurreikusitako haizegailuak automatikoki arrankatzea edota gelditzea, CO detektagailuek eta opazimetroek emandako balioen araberara.
  - Haizegailuak arrankatzea, barruko anemometroek edo hornituriko balioen, eta sua dagoenean, kanpoko anemometroek edo haize-hargailuek hornitutako balioen araberara. Sua dagoen tunel-zuloko haizegailuak behar den moduan

**10.5.2.6. Prueba de funcionalidad**

Se comprobará la funcionalidad de cada uno de los ventiladores:

- Arranque / parada de forma local con su señalización local y en Centro de Control, en sentido directo.
- Arranque / parada desde el Centro de Control con su señalización local y en Centro de Control, en sentido directo.
- Las mismas verificaciones pero en sentido inverso, en el caso de los ventiladores de túnel.
- Verificación de la velocidad media del aire en el túnel en las distintas asunciones del Manual de Explotación. Estos valores deberán de tomados en la misma sección donde se encuentran los anemómetros fijos, de forma que puedan ser comparados con la medición obtenida en el Centro de Control a fin conocer la correspondiente correlación entre ambas medidas.
- Verificación del ruido. Se realizarán mediciones de ruido en distintos puntos del túnel y en distintas asunciones, tales como número de ventiladores en funcionamiento, y se comprobará la efectividad de la megafonía en esas condiciones.

**10.5.3. Inspección y verificación de instrumentos asociados****10.5.3.1. Inspección visual del equipo**

- Revisar situación de la implantación de acuerdo al proyecto, de cada uno de los elementos.
- Revisar el sistema de anclaje, ausencia de golpes, etc, de cada uno de los instrumentos asociados a los ventiladores.
- Verificación de las placas de características. Comprobar que dichas placas se encuentran perfectamente colocadas y legibles, y que se corresponden con los datos de proyecto.

**VERIFICACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO**

Revisar conexiones, marcado de cableado, limpieza, etc. de acuerdo a las especificaciones del proyecto.

Verificación del tarado de los correspondientes componentes, correspondencia entre la señalización en cuadro y funcionamiento real del equipo, etc.

**PRUEBA DE FUNCIONALIDAD**

Se comprobará la funcionalidad de cada uno de los instrumentos:

- Señalización en software del Centro de Control.
- Verificación mediante patrón de la fiabilidad de las lecturas de dichos instrumentos.

**10.5.4. Prueba de funcionalidad del conjunto de los ventiladores del túnel**

Una vez probados y puesto en operación cada uno de los ventiladores del túnel, y sus correspondientes instrumentos, se procederá a la prueba de funcionalidad del Sistema de acuerdo a las asunciones previstas en el Manual de Explotación.

De lo expuesto a continuación, aquello que no pueda ser real en el momento de la prueba, deberá simularse. Se verificarán los siguientes enclavamientos:

- Enclavamiento con el Sistema de Detección de Incendios:
  - Arranque/parada de los ventiladores necesarios de acuerdo a las distintas asunciones del Manual de Explotación en función de los enclavamientos con los instrumentos asociados, tal como se indica en el siguiente apartado.
- Enclavamiento con los instrumentos asociados:
  - Arranque/parada de forma automática de los ventiladores previstos, de acuerdo a los valores suministrados por los detectores de CO y opacímetros.
  - Arranque de los ventiladores correspondientes en función de los valores suministrados por los anemómetros interiores y de los anemómetros exteriores y el catavientos, en caso de incendio. Verificar que el conjunto de ventila-

funtzionatzen dutela egiaztatzea, ebakuazio denboran aurreikusten den abiadura baxua lor dadin hasierako minutuetan, hain zuzen turbulenziazirik gerta ez dadin.

— Bi tuneletako haizegailuekin finkatzea sua dagoenean:

- Ukitu ez den tuneleko haizegailuetako batzuk automatikoki arrankatzea trafikoaren kontrako noranzkoan, kea berriz ibil ez dadin.

— Tresna elkartuen softwarea egiaztatzea:

- Tunelaren abiaduratzat hartu beharreko balioak honako hau kontuan hartzen duela egiaztatzea: suak ukituriko anemometroaren irakurketa ez dela kontuan hartzen anemometroen batezbestekoan. Baldin eta anemometroren baten tunelaren sekzio berezi batean badago, horren balioa zuzendu behar dela ere hartuko da aintzat.

### 10.5.5. *Ebakuazio galerien edo gela teknikoen aireztapenaren funtzionaltasunaren gaineko proba*

Osagai guzi-guztiak eta horien tresnak probatuta eta abian jarrita, funtzionaltasunaren gaineko proba egingo da.

Ondoren azalduko denetik proba egitean benetakoa ezin izan daitekeenaren inguruko simulazioa egin beharko da. Honako finkapen hauek egiaztatuko dira:

— Sua antzemateko sistemarekin finkatzea.

#### EBAKUAZIO GALERIAK

- Aurreikusitako haizegailuak automatikoki arrankatzea, suaren egoeraren eta ustiapenaren eskuliburuaren bestelako egoeren arabera.
- Suebakiaren konporta irekitzea, ustiapenaren eskuliburuan aurreikusitako egoeraren arabera.

#### GELA TEKNIKOAK

- Aurreikusitako haizegailuak automatikoki gelditzea, ustiapenaren eskuliburuan aurreikusitako egoeraren arabera.

## 11. AIREZTAPEN INSTALAZIOAK MANTENTZEA

Tunelaren kudeatzailea izango da ezarritako instalazioak mantentzeko arduraduna.

Ustiapenaren eskuliburuan beren beregi aipatu beharko da puntu hau, eta behar bezala garatu behar da, fabrikatzailearen gomendioen eta arautegi aplikagarriaren arabera.

### DISEINU SEGURURAKO JARRAIBIDE TEKNIKOAK

(V) SUAREN KONTRAKO BABESA

#### 1. XEDEA

Jarraibide Tekniko honen xedea Bizkaiko Foru Aldundiaren eremu geografikokoak diren tunelen ustiapenean, zerbitzuan jartzean, eraikuntzan, proiektuan eta plangintzan suaren kontrako babes sistema betetzeko xedapen eta zehaztapen teknikoak betetzea da.

Bizkaiko Foru Aldundiak ezarritako helburuak betetzea da dokumentu honen xedea.

Tuneletako plangintza-egileari, proiektu-egileari, eraikitzaileari edo ustiatazileari lagungarri izango zaien gida bat eman nahi da, nork bere etapen segurtasunaren eskakizunei buruzko diseinuaren, eraikuntzaren, zerbitzuan jartzearen eta ustiapenaren gaineko jarraibide teknikoak izan dezaten; hala, horien jarraibidearen edukia landu ahal izango dute.

Herri administrazioaren eskakizunak teknikoki zehaztea, eskatzekoa den lege markoaren eginkizuna bete dezaten.

dores en el tubo correspondiente al incendio pasan a funcionar en el sentido necesario para que en los primeros minutos se consiga la velocidad baja prevista durante el tiempo de evacuación que evite las turbulencias.

— Enclavamiento con los ventiladores de ambos túneles en caso de incendio:

- Arranque de forma automática de algunos de los ventiladores del túnel no afectado en sentido contrario al tráfico, para evitar recirculación del humo.

— Verificación del software de los instrumentos asociados:

- Verificar que el valor a considerar como velocidad del túnel tiene en cuenta que la lectura del anemómetro afectado por incendio no se tiene en cuenta en la media de los valores de los anemómetros. También se tendrá en cuenta que si algún anemómetro se encuentra en alguna sección especial del túnel, su valor deberá de ser corregido.

### 10.5.5. *Prueba de funcionalidad de la ventilación de galerías de evacuación o cuartos técnicos*

Una vez probados y puesto en operación cada uno de los componentes, y sus correspondientes instrumentos, se procederá a la prueba de funcionalidad.

De lo expuesto a continuación, aquello que no pueda ser real en el momento de la prueba, deberá simularse. Se verificarán los siguientes enclavamientos:

— Enclavamiento con el Sistema de Detección de Incendios:

#### GALERÍAS DE EVACUACIÓN

- Arranque de forma automática de los ventiladores previstos, de acuerdo a la situación del fuego y otras asunciones del Manual de Explotación.
- Apertura de la compuerta cortafuego correspondiente de acuerdo a la situación prevista en el Manual de Explotación.

#### CUARTOS TÉCNICOS

- arada de forma automática de los ventiladores previstos, de acuerdo a la situación prevista en el Manual de Explotación.

## 11. MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE VENTILACIÓN

El gestor del túnel será responsable del mantenimiento de las instalaciones implantadas.

El Manual de Explotación deberá hacer mención expresa a este punto, debiendo ser debidamente desarrollado, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y la normativa aplicable.

### INSTRUCCIONES TÉCNICAS PARA DISEÑO SEGURO DE TÚNELES

(V) PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

#### 1. OBJETO

La presente instrucción técnica tiene por objeto definir las disposiciones y especificaciones de carácter técnico y cálculos que debe satisfacer el Sistema de Protección Contra Incendios en los túneles en explotación, puesta en servicio, construcción, proyecto y planeamiento, pertenecientes al ámbito geográfico de la Diputación Foral de Bizkaia, en adelante D.F.B.

Este documento persigue los siguientes objetivos establecidos por la Diputación Foral de Bizkaia.

Disponer de una guía que sirva de ayuda al planificador, proyectista, constructor o explotador de túneles en carretera para que, cada uno en las etapas de su incumbencia, tenga una instrucción técnica clara de diseño, construcción, puesta en servicio y explotación sobre los requerimientos de seguridad que le permita desarrollar sus cometidos.

Concretar técnicamente las exigencias de la Administración Pública, de forma que sirvan de marco legal exigible.

Errepideetako tunelen ustiapenean zerbitzu-maila altuari eustea, tunelen barruan dauden pertsonen segurtasuna eta ongizatea hobetuz, baita tunelen kudeaketa ekonomikoa hobetzen laguntzea ere.

## 2. DOKUMENTUAREN NORAINOKOA

Jarraibide tekniko hau zerbitzuan dauden tunelei eta, oraindik ustiari ez arren, zerbitzuan jartzeko fasean, eraikitze fasean, proiektu fasean edo planeamenduko fasean dauden Bizkaiko Lurralde Historikoko errepide-sareko tunelei aplikatuko zaie, Bizkaiko Errepideei buruzko otsailaren 18ko 2/1993 Foru Arauan ezarritakoaren arabera, eta kontuan hartuta errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 2. artikuluan ezarritako tunel definizioa.

Jarraibide teknikoak nahitaz bete beharreko segurtasun-baldintzak zehaztu ditu.

Jarraibide hau argitaratzeko unean zerbitzuan edo eraikitze fasean dauden tunelen kasuan, praktikan betearazi ezin diren soluzio teknikoak erabili behar badira (jarraibidean adierazitako baldintza batzuk betetzeko) edo horien kostua neurritzeko beste neurri batzuk aplikatzeko baimena eman dezake, baldin eta arriskua murrizteko neurri segurtasun maila berbera edo handiagoa sortzen badute. Tunelaren kudeatzaileak, neurri horiek proposatzen dituenak, neurrien eraginkortasuna justifikatu beharko du, arriskuaren azterketa eginez.

Txosten hau Ikuskapen Erakundeak auditatuko du; Segurtasun Irizpenean bidaliko dio Administrazio Agintaritzari, eta aldeko balorazioa ezinbestekoa izango da Administrazio Agintaritzaren baimena lortzeko.

Tunelaren kudeatzaileak, zuzenean edo kontratista edo ustiatzen duen enpresaren bidez (kudeatzaile ordezkariak), errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 5. artikulua betetzen dela bermatzeko beharrezko giza baliabideak eta baliabide materialak jarriko ditu, eta bereziki, ikuskapen organoaren ikuskapenetan, probetan, entseguetan, ikuskapen-, gainbegiratze- eta ebaluazio-zereginetan, jardute-protokoloen simulakro edo simulazioetan, bai eta lanetan segurtasunerako baldintzak bermatzeko ere (adibidez: erriak ixtea, seinaleak jartzea).

## 3. KODEAK, ARAUAK ETA ARAUDIAK

Arau eta zuzentarau hauek suaren kontrako babes sistemarekin lotutako alderdiren bati buruzkoak dira.

- A.I.P.C.R.-en gomendioak.
- UNE arauak.
- NFPA 502 Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways.
- Europako Parlamentuak eta Kontseiluak 2004ko apirilaren 29an emandako 2004/54/CE Zuzentaraua, errepideen Europaz gairikoa sarearen tuneletarako segurtasunari buruzko gutxieneko eskakizunen gainekoa. 500 m-tik gorako tunelei aplikatu beharrekoa.
- 2004/54/EE Zuzentarauaren akats-zuzenketa.
- Abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretua, errepideetako tunelen segurtasunari buruzkoa; Bizkaiko Foru Aldundiko Gobernu Kontseiluak onetsita, 2006ko abuztuaren 23ko bileran.
- CEPREVEN erregela teknikoak.
- NFPA 24 Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances.
- UNE 25-500-90 arauak. Suaren kontrako ur horniduraren sistemak.
- UNE 23007 araua «Suteak automatikoki detektatzeko sistemen osagaiak».
- Azaroaren 5eko 1942/1993 Errege Dekretua, suaren kontrako babeseko instalazioen araudiari buruzkoa.

Mantener un elevado nivel de servicio en la explotación de túneles viarios, incrementando la seguridad y bienestar de las personas en su interior, así como contribuir a la mejor gestión económica de los túneles.

## 2. ALCANCE DEL DOCUMENTO

La presente Instrucción técnica se aplicará a los túneles en servicio y a los túneles que aún no estando en explotación, se encuentran en fase de puesta en servicio, en fase de construcción, en fase de proyecto o en fase de planeamiento, de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según Norma Foral 2/1993, del 18 de febrero de Carreteras de Bizkaia y según la definición de túnel establecida en el artículo 2 del Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

La Instrucción técnica define los requisitos de seguridad que serán de obligado cumplimiento.

Para túneles en servicio o en construcción en el momento de publicación de la presente Instrucción, en el caso de que determinados requisitos indicados en la instrucción solo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas de imposible ejecución en la práctica o que tengan un coste desproporcionado, la Autoridad Administrativa podrá autorizar que se apliquen otras medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando estas medidas de reducción del riesgo den lugar a un nivel equivalente o mayor de seguridad. El Gestor del Túnel, proponente de estas medidas, deberá justificar la eficacia de las mismas mediante un Análisis de riesgo.

Este informe será auditado por el Organismo de Inspección, quien remitirá a la Autoridad Administrativa un Dictamen de Seguridad, cuya valoración favorable será necesaria para obtener la autorización de la Autoridad Administrativa.

El gestor del Túnel, directamente o a través del contratista o empresa explotadora (gestores delegados), deberá poner los recursos materiales y humanos necesarios para garantizar el cumplimiento del DFST (DF 135/2006, de 23 de agosto, artículo 5), y particularmente en la ejecución de las inspecciones del Organismo de Inspección, pruebas, ensayos, tareas de inspección, supervisión y evaluación así como la realización de simulacros o simulaciones de protocolos de actuación, y para garantizar las condiciones de seguridad en los trabajos (ej. Cortes de carril, señalización).

## 3. CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

Las siguientes Normas, y Directivas hacen referencia a algún aspecto relacionado con el Sistema de Protección Contra Incendios.

- Recomendaciones de la A.I.P.C.R.
- Normas UNE.
- NFPA 502 Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways.
- Directiva 2004/54/CE del parlamento Europeo y del consejo, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras. Aplicable a túneles de más de 500 m.
- Corrección de errores de la Directiva 2004/54/CE.
- Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras, aprobado por el Consejo de Gobierno de la Diputación Foral de Bizkaia, en reunión de 23 de agosto de 2006.
- Reglas Técnicas de CEPREVEN.
- NFPA 24 Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances.
- Norma UNE 23500-90 Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.
- Norma UNE 23007 «Componentes de los sistemas de detección automática de incendios».
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.

- Azaroaren 5eko 1942/1993 Errege Dekretuko akats-zuzenketa; horren bidez, suaren kontrako babeserako instalazioen araudia onetsi da. 1994ko maiatzaren 7ko 109. zenbakiko EAO.
- 1998ko apirilaren 16ko Agindua: 1942/1993 Errege Dekretuko 5., 7. nahiz 9. atalak, 1. gehigarriko eranskina eta 2. gehigarriko I. zein II. taulak aldatzea.
- Martxoaren 26ko 635/2006 Errege Dekretua, Estatuko errepideetako tunelen segurtasunerako gutxieneko baldintzei buruzkoa.
- 2006ko uztailaren 31ko 635/2006 Errege Dekretuko akatsen zuzenketa.
- Urriaren 4ko 2177/1996 Errege Dekretua, Eraikuntzaren Oinarrizko Araua onetsi duena (NBE-CPI-96).

#### 4. SUAREN KONTRAKO BABESA TUNELETAN

##### 4.1. Sarrera

Tuneletako suaren kontrako babes sistemaren oinarrizko funtzioak beste edozein alorren antzekoak dira, baina zenbait berezitasun dago. Honako hauek hartu behar dira aintzat: suaren kontrako prebentzioa, halogenorik gabeko kableen bidez esaterako; sektorizazioa: aplikatu egingo da ebakuazio galerien kasuan; detektatzea eta aurkitzea: tunel osoan zehar eta zenbait tokitan izango da detekzioa, transformatzaileen geletan adibidez; alarmak, batez ere megafoni sistemaren bidez; sua itzaltzea: tunelaren kasuan kanpoko laguntzaren bidez egiten da; kea ebakuatzea, aireztapen sistemaren bidez, eta azkenik ebakuazio ibilbideak eta babes elementuen seinaleztapena.

##### 4.2. Suaren kontrako babes sistemaren helburuak

Suaren kontrako babes sistema tunelaren segurtasuna hobetzeko lagungarri diren sistemetako bat da honako arlo hauetan:

*Prebentzioa eta babes pasiboa:* Sua ez agertzea modu pasiboan lortzen da; horretarako, ahal dela material ez erregaiak jarriko dira hala nola suaren kontrako erresistentzia duten kableak eta sua dagoenean ahalik eta gutxien kaltetzen diren egiturako elementuak, sua izan ondoren tunela lehenbailehen zerbitzuan jar dadin berriz ere.

*Sektorizazioa:* Sektorizazioari esker, sua ez da zabaltzen zenbait aldetan; halaxe gertatzen da gela teknikoetan eta ebakuazio galerietan.

*Detekzioa:* Erabilitako detekzio-sistemei esker, tunelean dagoen ala ez jakin daiteke, betiere gutxieneko akats-marjina izanik puntu kilometrikoari dagokionez. Tunelean sumagailu linealak erabiliz gero, suaren sorburua detektatu eta koka daiteke. Giroa kontrolatzeko sistemekin osatzen dira sumagailu linealak (opazimetroak, CO<sub>2</sub> neurgailuak, etab.), eta zaintzako baliabide optikoak tunelean aplikatu behar badira; halaxe baieztatzen da tunelean sua dagoela. Horretaz gain, sumagailuak daude lokal teknikoetako zenbait tokitan.

*Alarma:* Sistema honen helburua SUSen kontroleko sisteman alarma eskuz ematea da, edo bestela automatikoki, adibidez itzalgailu bat SOS postutik desmuntatzean. Sistema horren barruan dago megafonia sistemaren osagarri gisa.

*Itzaltzea:* Tunelean sua itzaltzea da helburua sua itzaltzeko sistemen bidez hala nola itzalgailuak, SUS eta ur-paldoak, gela teknikoetan dauden sistema finkoetz gain. Bestalde, suhiltzaileen kanpoko itzaltze-ekipoa dago.

*Seinaleztapena:* Seinaleztapen sistemak bi funtzio ditu funtsean: bata itzaltze-elementuak, alarma, etab. erraz aurkitzea; bestea ihes edo ebakuaziorako bideen seinaleztapena izango litzateke.

*Ebakuazioa:* Sua dagoenean erabiltzaileek tuneletik modu seguruan alde egitea da helburua.

- Corrección de errores del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios. BOE número 109 del 7 de mayo de 1994.
- Orden de 16 de abril de 1998: modificación de los apartados 5, 7 y 9 y el anexo del apéndice 1 y las tablas I y II del apéndice 2 del Real Decreto 1942/1993.
- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- Corrección de errores del Real Decreto 635/2006, de 31 de julio 2006.
- Real Decreto 2177/1996, de 4 de Octubre, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación (NBE-CPI-96).

#### 4. LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN TÚNELES

##### 4.1. Introducción

Las funciones básicas del Sistema de Protección Contra Incendios en túneles son similares a las de cualquier otro campo, con ciertas peculiaridades. Podemos considerar las siguientes: Prevención de incendios, a base de situar cables libres de halógenos por ejemplo; Sectorización, con aplicación en el caso de las galerías de evacuación; Detección y localización, con la detección a lo largo del túnel y áreas puntuales, tales como salas de transformadores; Alarmas, fundamentalmente a base del sistema de megafonía; Extinción del incendio, que en el caso del túnel se realiza mediante ayuda exterior; Evacuación de humos, a base del Sistema de Ventilación, y por último, Señalización de rutas de evacuación y elementos de protección.

##### 4.2. Objetivos del Sistema de Protección Contra Incendios

El Sistema de Protección Contra Incendios es uno de los sistemas que contribuyen a la seguridad del túnel en las siguientes facetas:

*Prevención y protección pasiva:* Ello lo consigue evitando de forma pasiva la aparición de un incendio, para ello se dispone en lo posible de materiales no combustibles, tales como cables resistentes al fuego y elementos estructurales que en caso de fuego se deterioren lo mínimo posible a fin de que el túnel pueda ponerse en servicio en el mínimo tiempo posible después del incendio.

*Sectorización:* La sectorización permite la no extensión del fuego de determinadas zonas, como es el caso de las salas técnicas y las galerías de evacuación.

*Detección:* Los sistemas de detección utilizados permiten conocer de la existencia de un incendio en el túnel con un margen mínimo de error en cuanto al punto kilométrico. La utilización de detectores lineales a lo largo del túnel permite detectar y situar el foco del incendio. Los detectores lineales son complementados por los sistemas de control ambiental, (opacímetros, medidores de CO, etc.), y medios ópticos de vigilancia, si son de aplicación en el túnel, que confirma la existencia del fuego. Además de ello, también existen detectores puntuales en los locales técnicos.

*Alarma:* El objetivo de este sistema es dar alarma en el Centro de Control bien de forma manual, al pulsar un pulsador, o de forma automática, por ejemplo, al desmontar un extintor de un puesto SOS. Dentro de este sistema se encuentra como complemento el Sistema de Megafonía.

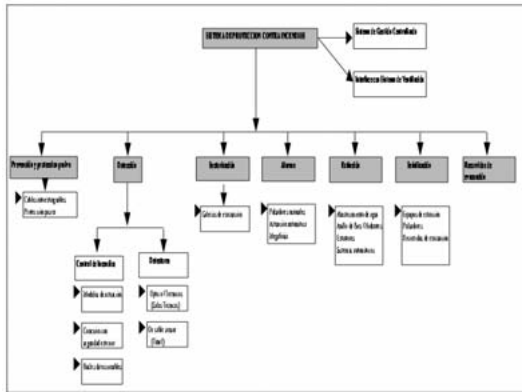
*Extinción:* Su objetivo es la extinción de un incendio en el túnel mediante los sistemas de extinción propios, como son los extintores, Bies e hidrantes, además de los sistemas fijos en las salas técnicas. Por otra parte existe el equipo de extinción exterior de bomberos.

*Señalización:* El Sistema de Señalización permitirá fundamentalmente dos funciones, una será la fácil localización de los elementos de extinción, alarma, etc. y una segunda la señalización de las vías de escape o evacuación.

*Evacuación:* Su misión es conseguir que, en caso de incendio, los usuarios puedan abandonar el túnel de forma segura.

**4.3. Suaren kontrako babes sistemaren deskribapena**

Ondoko eskeman sistema osoa ikus daiteke. Jarraian, zehatzago deskribatuko da sistema.



Detekzio optiko edo termovelozimetrikoko elementuak dituen detekzio zentralizatu batek osatzen du sistema gela tekniko guztietan, eta lineala izan daiteke tunelean kable sentsoze baten bitartez.

Sua SUSen eta ur-paldoen bidez itzaliko da tunelean, sistemen bidez gela teknikoetan eta eskuzko itzalgailuekin kasu guztietan.

Jarraian, zehatzago azalduko da.

**4.3.1. Detekzio- eta alarma-sistema**

Sua detektatzeko sistema espezifikoekin hornitu behar dira I eta II. motako tunel guztiak (200 metrotik gorakoak).

Sua detektatzeko, datuak prozesatzen dira eta alarmak eta zenbait sentsoze oro har tratatzen ditu kontrolako softwareak suaren sorburua detektatzeko eta aurkitzeko. Sentsoze horiek espezifikoak izan daitezke suak detektatzeko (tenperatuaren etenik gabeko sentsozea, ke sentsozea), edo hainbat eginkizun izan ditzake; horien artean, suak detektatzea dago (gorabeheren sumagailu automatikoa, CO sentsozeak eta ikuspena, SOS zutoinak).

Tunela kontrolatzeko sistemak algoritmo bat izan behar du ezarrita, eta bertan haztatuko dira seinale eta alarma guztiak tunelaren barruan surik dagoen ala ez jakiteko eta alarma piztu dezaten kontrolako zentroan; gainera, sua non izan daitekeen adierazi behar dute. Edozelan ere, edozein unetan abiaraz ditzake kontrolako zentroko operadoreak suari erantzuna emateko jarduketako protokoloak.

**4.3.1.1. Arkitektura**

Kontrolako softwareak automatikoki detektatu behar du sua, eta sua eragin duen gorabehera eta kokapena proposatuko dizkio kontrolako operadoreari. Operadoreak gorabehera berretsi ondoren, autobabeserako planean eta ustiapenaren eskuliburuan zehazturiko jarduketak egongo dira. Baldin eta suaren alarma piztu ondoren konfiguratu daitekeen denbora igarota kontrolako operadoreak ez badu alarma berresten edo ukatzen, automatikoki abiaraziko dira jarduketako egokiak.

Tunelak hainbat sentsoze eta alarma du suak detektatzeko eta kokatzeko. Gutxienez honako hauek izan behar ditu:

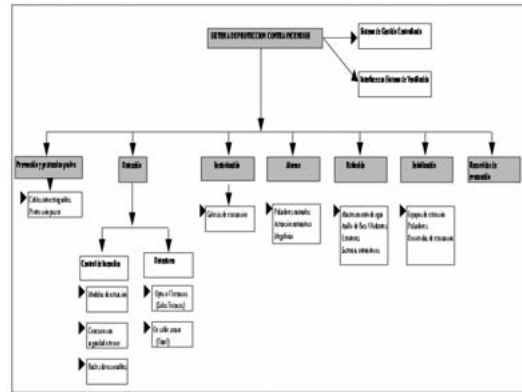
- Suaren sumagailu jarraitua tunelean zehar, sua detektatzeko eta kokatzeko gai dena. Komenigarria da sentsozea mota jarraitukoa izatea.
- Suaren sumagailua lokal teknikoetan.
- Sua itzaltzeko baliabideak aktibatuzko alarmak (itzalgailuak kentzea, SUSeko kristala haustea).
- Ebakuazio atea irekitzeko alarma.

Azken bi alarma horiek, suaren sorburua detektatzen eta kokatzen laguntzeko betetzen duen eginkizun nagusiaz gain, kanpokoak ez sartzeko zaintza-sistema gisa ere erabiltzen da.

Tunelean barrera kokaturik dauden sumagailu jarraituak eta lokal teknikoetan suaren sumagailuak kontrolatzaileekin eta suaren kontrako sistema zentralean kudeatzen dira. Erabilitako sistema

**4.3. Descripción del sistema de Protección Contra Incendios**

En el siguiente esquema se puede ver el conjunto del Sistema. A continuación se describe el Sistema con más detalle.



El Sistema está formado por una detección centralizada con elementos de detección de tipo óptico o termovelocimétrico, en todas salas técnicas, y de tipo lineal en el túnel mediante cable sensor.

La extinción será, mediante BIEs e hidrantes en el túnel, sistemas automáticos en las salas técnicas, y extintores manuales en todos los casos.

A continuación se describe con más detalle.

**4.3.1. Sistema de Detección y Alarma**

Se debe dotar a todos túneles de Tipo I y II (longitud superior a 200 metros) con sistemas específicos de detección de incendios.

Para la detección de incendios se procesan los datos y alarmas una serie de sensores que son tratadas de forma global por el software de control para detectar y localizar el foco del incendio. Estos sensores pueden ser específicos para la detección de incendios (sensor continuo de temperatura, sensor de humos) o tener distintas finalidades entre las que figura la detección de incendios (detector automático de incidentes, sensores de CO y visibilidad, poste SOS).

El sistema de control del túnel deberá tener implementado un algoritmo donde se ponderarán todas estas señales y alarmas para determinar si se ha producido un fuego en el interior del túnel y generen una alarma en el centro de control, sugiriendo una posible localización del fuego. De todas formas, los protocolos de actuación en respuesta al fuego podrán ser desencadenados en cualquier momento por el operador del centro de control.

**4.3.1.1. Arquitectura**

El software de control debe detectar automáticamente incendios, proponiendo al operador de consola el incidente fuego y su posible ubicación. Una vez confirmado por el operador el incidente se realizarán las actuaciones pertinentes que estarán definidas en el Plan de Autoprotección y el Manual de Explotación. Si después de un tiempo configurable desde la alarma de incendio el operador de consola no ha confirmado, ni rechazado la alarma se activarán las actuaciones pertinentes de forma automática.

El túnel debe disponer de una serie de sensores y alarmas para la detección y ubicación de incendios. Al menos debe disponer de:

- Detector de incendios continuo a lo largo del túnel que sea capaz de detectar y ubicar el incendio. Se recomienda que el sensor sea de tipo continuo.
- Detector de incendios en los locales técnicos.
- Alarmas de activación de medios de extinción de incendios (retirada de extintor, rotura de cristal de una BIE).
- Alarma de apertura de puerta de evacuación.

Estas dos últimas alarmas además de su labor principal que de ayuda en la detección y ubicación del foco del incendio también son empleadas como sistemas de vigilancia contra intrusos.

Típicamente los detectores continuos ubicados a lo largo del túnel y los detectores de incendios de los locales técnicos son gestionados por controladores y centrales de sistemas de incendios.

edozein delarik ere, ERUen bidez zentralizaturiko kontroleko sistemaren alarmetara eta neurrietara iristea komeni da.

Sua detektatzeko algoritmo bat du ezarria kontroleko sistemak, sua izan den ala ez eta zein tokitan gertatu den detektatzen duena. Lehenago aipaturiko sentsoreak eta alarmak erabiltzeaz gain, honako hauek ere hartu dira algoritmo horietan:

- DAI: suak dakarren keak alarma bat biztuarazten du DAI, gorabeheraren berri berehala ematen duena. Sistema horren ezaugarriak telebistako zirkuitu itxiei buruzko atalean zehazten dira.
- Aireztapena kontrolatzeko sentsoreak: CO gehiegi biltzea edo ikuskapen falta izatea suaren ondorioa izan daitezke. Tunelen Diseinu Segururako Jarraibide Teknikoak. IV. Aireztapena deritzon atalean agertzen dira zehaztuta ekipo horien ezaugarriak.
- SOS postuetako deia aktibatzea. SOS postuak ahotsa komunikatzeari buruzko atalean landuko dira.

Jarraian, suak identifikatzeko sistemaren arkitekturaren eskema tipoa agertzen da:

#### 4.3.1.2. Alarma sistema

Eskuzko pultsadoreen bidez egongo da osatuta alarma sistema, erabiltzaileek beren beregi alarma piztu dezaten kontroleko zentroan, baita erabiltzaileen jarduna dela-eta kontroleko zentroan zeharka alarma eragingo duten elementuak ere, hala nola eskuzko itzalgailu bat edo SUS bere ohiko tokietatik kentzea, ebakuazio ate bat irekitzea, etab.

Pultsadoreak SOS zutoinetan, ebakuazio galerien sarreretan eta gela teknikoetan egongo dira gutxienez.

Pultsadore horiek nahigabe ez aktibatzeke, babes dispositiboak izango dituzte.

#### 4.3.1.3. Sistema beste sistema edo osagaiekin katigatzea

| Elementua                                  | Jarduketa                                    |
|--|--|
| Tuneleko haizegailuak                      | Gelditzea/jardutea, ustiapenaren eskuliburua |
| Itzaltzeko sistema automatikoak            | Funtzionamendua                              |
| Ur-paldoen sarearen presioa (SUS)          | Seinaleztapena eta alarma                    |
| TBko kameren sistema                       | Sutik hurbil daudenak jardunean jartzea      |
| SOS postuko armairua SUSen atara irekitzea | Alarma                                       |
| Ebakuazio arteak irekitzea                 | Alarma                                       |

#### 4.3.1.4. Kableak

Tunelen eta galerien barruan instalaturiko sistema guztietako kableen estalkia, gutxienez, LSZH motakoa izango da; hau da, kebotatze urrikoa eta halogenorik gabea, eta ez du surik hedatuko. Sistema kritikotzat hartuz gero, gainera, AS edo AS+ ezaugarriak ere eduki beharko ditu, kableak suaren kontrako iraunkortasun handiagoa edukitzeko.

#### 4.3.2. Itzalgailu eramangarrien sistema

Halaber, diseinu irizpideen arabera jarritako itzalgailuak daude.

#### 4.3.3. Suaren kontrako Ur-hartuneen Sistema hornitua (SUS)

Azkena zutabe umelekoa izango da, eta osagai nagusi hauek izango ditu:

##### 4.3.3.1. Hodiak eta euskarriak

SUS ur-paldoen saretik elikatuko da Ø 40 mm-ko (1 1/2") hodi baten bidez, eta lurretik erdiraino izango den altuera gehienez 1.5 m-koa izango da; sarrera beheko aldetik izango da.

Independiente del sistema empleado se recomienda proceder al envío de las medidas y alarmas al sistema de control centralizado a través de las ERU.

El sistema de control lleva implementado un algoritmo de detección de incendios que detecta si se ha producido un incendio y su ubicación. Este algoritmo además de emplear los sensores y alarmas antes descritos también considerará:

- DAI: el humo generado en el incendio provoca una alarma en el DAI que avisa con prontitud del incidente. Las características de este sistema se detallan en el capítulo de Circuito Cerrado de Televisión.
- Sensores del control de ventilación: una concentración excesiva de CO o una falta de visibilidad puede ser provocada por un incendio. Las características de estos equipos se detallan en la Instrucciones Técnicas para el Diseño Seguro de Túneles IV. Ventilación.
- Activación de llamada en postes SOS. Los postes SOS se tratan en el capítulo correspondiente de comunicaciones de voz.

A continuación se muestra un esquema tipo de la arquitectura del sistema de detección de incendios:

#### 4.3.1.2. Sistema de Alarma

El Sistema de Alarma estará formado por pulsadores manuales a fin de que los usuarios puedan de forma expresa dar la correspondiente alarma al Centro de Control y, los elementos que de forma indirecta producirán una alarma en el Centro de Control por la actuación de los usuarios, tales como la retirada de un extintor manual o una BIE, de su posición habitual, apertura de una puerta de evacuación, etc.

Los pulsadores estarán situados como mínimo en los postes SOS y en las entradas de las galerías de evacuación y en los cuartos técnicos.

A fin de impedir la activación involuntaria de dichos pulsadores, estos dispondrán de dispositivos de protección.

#### 4.3.1.3. Enclavamiento del Sistema con otros sistemas o componentes

| Elemento  | Actuación                                   |
|---|---|
| Ventiladores de túnel                                 | Parada/actuación, s/Manual de Explotación   |
| Sistemas automáticos de extinción                     | Funcionamiento                              |
| Presión en la red hidrantes (BIEs)                    | Señalización y alarma                       |
| Sistema de cámaras de TV                              | Poner en actuación las próximas al incendio |
| Apertura de un armario del puesto SOS, puerta de BIEs | Alarma                                      |
| Apertura de puertas de evacuación                     | Alarma                                      |

#### 4.3.1.4. Cableado

El cableado de todos los sistemas instalados en el interior de túneles y galerías deberá disponer de una cubierta que como mínimo sea del tipo LSZH, es decir, de baja emisión de humos y libre de halógenos y no propagador del incendio. En los casos de que el sistema se considere crítico se deberá disponer además de características AS o AS+ que añaden resistencia al fuego del cable.

#### 4.3.2. Sistema de Extintores Portátiles

Se dispone asimismo de extintores situados de acuerdo a los criterios de diseño.

#### 4.3.3. Sistema de Bocas de Incendio Equipadas (BIE)

El sistema será de columna húmeda y sus principales componentes son:

##### 4.3.3.1. Tuberías y soportado

Las BIEs se alimentarán de la red de hidrantes, mediante tubería de Ø 40 mm (1 1/2") y estarán situadas a una altura máxima desde el suelo al centro de ellas de 1.5 m, y realizándose la entrada por su parte inferior.



#### 4.3.3.2. SUS

Ø 25 mm-koa izango da SUS. Tutu malguen luzera, gutxienez, 20 m-koa izango da, ahal dela 30 m-koa, eta gutxienez emariak minutuko 75 litrokoa izango dira. Horman sartuta egongo dira, eta horietako biren arteko distantzia 50 m-koa izango da.

Honako elementu hauek osatzen dute SUS: altzairuzko zaflazko armairu batek, harilkai erako letoi kromatuzko tutu malguaren euskarriak, bola-balbulak 1"-ko ebaketarako, ARMTEX erako tutu malguak edo antzekoak, gutxienez, 25 mm-ko diametrokoa eta, gutxienez, 20 m-ko luzerakoa, ahal dela 30 m-koa, eta 3 posizioako letoizko lantzak (ebaketa, txorrota eta lainoa), 25 mm-ko errakorea duena, eta 0 - 16 kPa bitarteko esferako manometroak.

#### 4.3.4. Ur-paldoen sarearen sistema

##### 4.3.4.1. Hoditeria

Lur azpiko galgaketako sare bat dago, Ø 150 mm-koa (6") tune-laren albo batean kokatua, non ur-paldoak eta SUS konektatuta baitaude. Tuneleko bi zuloak lotzen dituzten ebakuazio galerien bidez konektatuko da horietako bakoitzaren sarea, elikaduran segurtasun handiagoa lortzeko; eratzuna itxura du sareak.

##### 4.3.4.2. Elikatzea

Instalazioaren emariak eta presioak bete egingo dute suen kontrako NBE-CPI-96 Arauan jasotakoa, edo horren ordezkotetan jasotzen dena:

Ur-paldoak hornitzen dituen sare hidraulikoak aukera eman behar du elkarren jarraiko bi ur-paldo bi ordutan aldi berean funtzionatzeko, eta horietariko bakoitzak 1.000 l/min.ko emaria eta 10 m.c.a.ko presioa izango du. Finkaturiko hiriguneetan, horietan ur-horniduraren emaria bermatu ezin denean, onargarrira da hori 500 l/min.koa izatea, baina presioa 10 m.c.a.tan mantenduko da.

Justifikaturiko arrazoien ondorioz ur-paldoen instalazioa ura hornitzeko sare orokorrera konektatu ezin bada, edo horrek adierazi diren emariak hornitu ezin baditu, depositu bat eduki beharko da, eta depositu horrek soilik suan dagoenean erabiliko den erreserba du. Ahal bada, tuneleko iragazpeneko uren drainaketa baliatuko da erreserbako depositua elikatzeke zati lez. Depositua eta sarearen artean kokatuko da presio taldea, sareak presurizatuta izateari eutsiko diona.

Hala ere, ahal bada, beste elikatze-sistema bat jarriko da sare nagusitik, soilik suaren kontrako sistemarekiko konexioa izango duena. Konexio horretan bi ebaketa-balbula eta lapurreten kontrako bi sistema jarriko dira, zertarako-eta ura elikatze-sistemaren sareantz ez itzultzeko.

##### 4.3.4.3. Drainatzea eta haizatzea

Sareak, halaber, drainaketa-balbulen sarea izango du drainaketa-sistemara bideratuta sarea husteko beharrezkoa denean. Beheko tokietan kokatuko dira konexioak. Era berean, haizatze-sistema izango du goiko aldean behar bezala bideratuta.

##### 4.3.4.4. Ebakidura-balbulak

Kutxetetan kokaturiko ebakidura-balbulak edukiko ditu sareak zatikako konponketak egiteko zirkuituaren gaineko zatien funtzionaltasuna galdu barik.

##### 4.3.4.5. Presioaren kontrola

Presostato bat egongo da sarean nahikoa presioa dagoela unero jakiteko. Huts egiten duenean, suaren kontrako zentrolean agertuko da seinalea, eta berriz azalduko eta ikusiko da kontrolako zen-troan.

##### 4.3.4.6. Suhiltzaileekiko lotura

Elikatze-sistema bikoitzaz gain, Ø 150 mm-ko (6") konexioak izango ditu sistemak, eta horien bidez, ura ponpa dezakete suhiltzaileek konexioan elikaturiko babes sistemetara, hornidurako sis-

#### 4.3.3.2. BIEs

Las BIEs serán de Ø 25 mm. La longitud de mangueras será de 20 m como mínimo y preferentemente de 30 m y los caudales mínimos de 75 l/min. Estarán empotradas, y la distancia entre dos de ellas será de 50 m.

El conjunto de una BIE consta de un armario de chapa de acero, soporte de manguera de latón cromado tipo devanadera, válvula de bola para corte de 1", manguera de tipo ARMTEX o similar, de 25 mm de diámetro y 20 m de longitud como mínimo y preferentemente 30 m, lanza de 3 posiciones (corte, chorro y niebla) de latón, racor de 25 mm. y manómetro de esfera de 0 a 16 kPa.

#### 4.3.4. Sistema de Red de Hidrantes

##### 4.3.4.1. Tubería

Se dispone una red de fundición enterrada de Ø 150 mm (6") situada en un costado del túnel en la que están conectados tanto los hidrantes como las BIEs. A través de las galerías de evacuación que comunican ambos tubos se conectará la red de cada uno de ellos a fin de conseguir una mayor seguridad en la alimentación, asemejándose a un anillo.

##### 4.3.4.2. Alimentación

El caudal y la presión de la instalación deberán cumplir lo recogido en la Norma de incendios NBE-CPI-96, o las que la sustituyan:

La red hidráulica que abastece a los hidrantes debe permitir el funcionamiento simultáneo de dos hidrantes consecutivos durante dos horas, cada uno de ellos con un caudal de 1.000 l/min y una presión de 10 m.c.a. En núcleos urbanos consolidados en los que no se pudiera garantizar el caudal de abastecimiento de agua puede aceptarse que éste sea de 500 l/min, pero la presión se mantendrá en 10 m.c.a.

Si por motivos justificados la instalación de hidrantes no pudiera conectarse a una red general de abastecimiento de agua o esta no pudiera suministrar los caudales indicados, se deberá disponer de un depósito, el cual dispondrá de la correspondiente reserva que será exclusiva para incendios. Si es posible se aprovechará el drenaje de aguas de filtraciones del túnel como parte de la alimentación al depósito de reserva. Entre dicho depósito y la red se situará un grupo de presión, que mantendrá la red presurizada.

No obstante, si fuese posible, se dispondrá de otra alimentación desde la red general con una conexión de uso exclusivo para el Sistema Contraincendios. En esta conexión se situarán dos válvulas de corte y dos antirretorno, a fin de evitar en todo momento un posible retorno de agua hacia el sistema del agua de la red alimentación general.

##### 4.3.4.3. Drenaje y venteo

La red dispondrá asimismo de válvulas de drenaje canalizadas hacia el sistema de drenaje, para vaciar la red en caso necesario. Las conexiones estarán situadas en sus puntos bajos. Asimismo, dispondrá de venteos en la parte superior debidamente canalizados.

##### 4.3.4.4. Válvulas de seccionamiento

Dicha red dispondrá de válvulas de seccionamiento situadas en arquetas para poder hacer reparaciones por tramos sin perder la funcionalidad del resto del circuito.

##### 4.3.4.5. Control de la presión

Con el fin de conocer en todo momento la existencia de presión suficiente en la red, se dispondrá un presostato. Su señalización en caso de fallo aparecerá en la Central de Incendios con réplica y visualización en el Centro de Control.

##### 4.3.4.6. Conexión de Bomberos

Además de la doble alimentación, la red dispondrá de conexiones de Ø 150 mm (6") a través de la cual los bomberos podrían bombear agua a los diferentes sistemas de protección alimenta-

tema nagusiak huts egiten badu. Konexioak sarearekin lotzeko puntutik hurbil dagoen itzuleraren kontrako balbula bat du.

Aho bakoitzerako konexio bat egongo da, geralekuetan eta beharrezko leku guztietan.

#### 4.3.4.7. *Ur-paldoak eta ekipo osagarria*

Ebaketa-balbula baten bidez egongo dira sarearekin lotuta kutxetako ur-paldoak, 70 mm-ko bi irteerekin. Tuneleko ahotik eta galerietan sartzeko ateetatik hurbil egongo dira ur-paldoak, gehienez 250 m-ko tartetean; ekipo osagarriak 70 mm-ko eta 20 m-ko luzerako bi tutu malgu izango ditu, 45 mm-ko eta 20 m-ko luzerako beste bi tutu malgu, 70-45 mm-ko adarkatze bat, 70 mm-ko bi lantza eta 45 mm-ko beste bi.

Komenigarria da kutxeten barruko gutxieneko dimentsioak 0,65 m-koak (tunelaren luzetarako norabidean) eta 0,35 m-koak (zeharretarako norabidean) izatea.

### 4.3.5. *Presio ekipoa*

#### 4.3.5.1. *Osagaiak*

Ponpaketa automatikoko estazio baten bidez lortzen da beharrezko presioa; horretarako, bonba elektriko nagusi bat duen by-pass-a, elikatze bona duen diesel taldea, Jockey bonba elektriko, kontrolako aginte-tokiak eta hainbat osagarri eta material daude (hodiak, balbulak, automatismorako presostatoak, manometroak, etab.).

#### 4.3.5.2. *Funtzionamendua*

«Jockey» bonbak automatikoki eusten dio sarea presurizatuta izateari, instalazioaren galerak edo ihesak konpentsatzen ditu, bonba nagusia martxan jartzea saihestuz. Jockey bonbak presostatoaren seinale baten bidez egiten du martxan hasteko eta gelditzeko manobra, eta presostato hori gutxieneko eta gehienezko presioko bi balioen artean erregulatuta dago sarean.

Jockey bonbaren abioa kontrol-zentroan adierazi beharko da; hain zuzen ere, hodiariako lekuren batean galtzerik egonez gero, hori ihes arruntan edo galtze iraunkorren eraginezkoa den jakingo da; jockey bonbaren abioak zer maiztasun duen ere jakin daiteke.

Presioak jaisten jarraitzen badu, arrankatzeko seinalea emango dio beheerako presostatoak bonba nagusi elektrikoari.

Presioak behera egiteari eusten badio (emari eskari handiagoa dela eta), beste presostato batek arrankatzeko seinalea emango dio dieseli.

Kontrolako zentrotik edo tokitik bertatik geldiarazten dira bonbak, eskuz betiere.

Xurgapen deposituan maila txikia izanda babesten dira bonbak. Depositu horretako maila txikiaren seinaleen bidez pizten da kontrolako gelako alarma, eta oso maila txikiari dagokion seinalearen bidez geldiaraziko dira funtzionatzen ari diren bonbak.

### 4.3.6. *Gasak automatikoki itzaltzeko sistema finkoa*

Kontrolako zentroan eta horren ekipamendu elektrikoan itzaltze sistema finkoa jarriko da aginte-tokien bidezko tokiko pizte sistemaren bidez, hurrengo ataletan agertzen denez.

Gasen sistemak oso egokiak dira, beste itzalgailu batzuk erabiliz gero kaltea jasan dezaketen balio handiko ekipoak edo gauzak dituzten eremuetarako.

Sistema honako hauek osatzen dute:

- Itzalgailuetako botila-sorta.
- Detekzio-sistema.
- Desarra-sistema automatikoa.
- Hodi-sarea.
- Deskarga-difusoreak.
- Hautapen- eta segurtasun-balbulak.
- Blokeo- edota desarra-pultsadoreak.
- Alarma akustikoak.
- «Desarra-gasaren sistema» seinaleztapena.
- Kableak.

dos por ella en caso de fallo del sistema principal de suministro. Esta conexión dispone de una válvula antirretorno situada próxima al punto de unión con la red.

Se dispondrá de una conexión en cada boca, en los apeaderos y donde se considere necesario.

#### 4.3.4.7. *Hidrantes y equipo auxiliar*

A la red estarán conectados, a través de una válvula de corte, los hidrantes de arqueta, con dos salidas de 70 mm. La situación de los hidrantes será cerca de las bocas del túnel y próximas a las puertas de acceso a las galerías, a intervalos no superiores a 250 m, al igual que el equipo auxiliar dispondrá de dos mangueras de 70 mm y 20 m de longitud y dos de 45 mm también de 20 m, 1 bifurcación de 70-45 mm, 2 lanzas de 70 y 2 de 45 mm.

Se recomienda que las dimensiones mínimas interiores de las arquetas sean de 0,65 m en la dirección longitudinal del túnel y 0,35 m en la transversal.

### 4.3.5. *Grupo de presión*

#### 4.3.5.1. *Componentes*

La presión necesaria se consigue mediante una estación de bombeo automático con su correspondiente by-pass con una bomba eléctrica principal, un grupo diesel con bomba de alimentación, bomba Jockey eléctrica, cuadros de control y accesorios y material diverso (tubería, valvulería, presostatos para automatismo, manómetros, etc.).

#### 4.3.5.2. *Funcionamiento*

La bomba «jockey», mantiene presurizada la red de forma automática, compensando las pérdidas o fugas de la instalación evitando la puesta en marcha de la bomba principal. La bomba jockey realiza la maniobra de arranque y paro mediante una señal de presostato regulado entre dos valores de presión mínima y máxima en la red.

El arranque de la bomba jockey debe señalarse en el centro de control de tal forma que si hay una pérdida en algún lugar de la tubería se sepa si es por fugas normales o son pérdidas continuas, pudiendo saber con que frecuencia arranca la bomba jockey.

Si la presión continúa bajando, el presostato de baja dará señal de arranque a la bomba principal eléctrica.

Si aún continúa bajando la presión (por una mayor demanda de caudal), un segundo presostato dará señal de arranque a la bomba diesel.

La parada de las bombas se realiza manualmente desde el Centro de Control o de forma local, pero siempre de forma manual.

Las bombas están protegidas por bajo nivel en el depósito de aspiración. Por señal de bajo nivel en dicho depósito se activa la alarma en sala de control y por señal de muy bajo nivel pararán las bombas que estén en funcionamiento.

### 4.3.6. *Sistemas Fijos de Extinción automática de gases*

En el Centro de Control y en su equipamiento eléctrico, se dispondrá de un sistema fijo de extinción mediante un sistema de accionamiento local por cuadros, tal como se indica en los siguientes apartados.

Los sistemas de gases son especialmente adecuados para áreas que contengan equipos u objetos de alto valor que puedan ser dañados si se utilizan otros agentes extintores.

El sistema está formado por:

- Una batería de botellas de elemento extintor.
- Sistema de Detección.
- Dispositivo automático de disparo.
- Una red de tuberías.
- Difusores de descarga.
- Válvulas selectoras y de seguridad.
- Pulsadores de bloqueo/disparo.
- Alarmas acústicas.
- Señalización de «sistema de gas disparado».
- Cableado correspondiente.

#### 4.3.6.1. *Eskuzko funtzionamendua*

Sua hasten bada, eskuz sakatu behar da babes sistemako desarra-pultsadorea; seinale elektrikoak potoak irekitzeko mekanismoa jarriko du martxan detonadorearen bidez; hala, aerosolaren inpulsoia gerta daiteke.

Desarra-pultsadoreak eta inhibizio-pultsadoreak erraz iristeko eta ikusteko moduko tokian kokatu behar dira, instalazioak babes-turiko gunetik hurbil eta instalazioaren kanpoko aldean. Pultsadore horien ondoan, seinale akustikoa eta argizko seinalea kokatuko dira, sumagailua martxan jarrita abiaraziko direnak.

#### 4.3.6.2. *Funtzionamendu automatikoa*

Detekzio-sistemak seinale bat bidaliko du suaren kontrako zentralera, eta zentralak botilak irekitzeko seinale bat igorriko du; aurreko kasuan bezalako jarraipena izango da ondoren.

Aitzitik, botilak irekitzeko seinalea ez da izango harik eta aurretik behin betiko itxaron denbora igaro arte. Hala, itxaron denbora horretan norbait badago lokalean, eskuzko pultsadorea sakatzen duen ala ez erabaki lezake, gasa berehala deskarga dadin aurretik finkaturiko itxaron denbora bete barik, edo inhibitzailea saka dezake baldin eta itzalgailu eramangarriekin sua itzaltzeko modua izan bada. Horrela, ez da gasa behar izan gabe deskargatuko.

Gelan dagoen pertsona suaz ohartu dadin, sua detektatzen den unean alarma akustikoa piztuko da.

#### 4.3.7. **Aerosolen bidezko itzaltze sistema automatikoa armairu elertikoetan eta elektronikoen**

Sistema honek ere tokiko aplikazioa du, zuzenean armairu elektrikoetan edota elektronikoen. Aerosolen bidezko sistema finkoa da, armairuaren barrunbe guztia urez gainezka jartzen duena. Honako hauek osatzen dute sistema:

- Aerosol ontzi bat barruko aldean kokatua.
- Detekzio-sistema.
- Desarra-dispositibo automatikoa.
- Blokeo edota desarra-pultsadoreak.
- Alarma akustikoak.
- «Desarra-aerosolaren sistema»ren seinaleztapena.

##### 4.3.7.1. *Eskuzko funtzionamendua*

Sua hasten bada, eskuz sakatu behar da babes sistemako desarra-pultsadorea. Seinale elektrikoak potoak irekitzeko mekanismoa jarriko du martxan detonadorearen bidez; hala, aerosolaren inpulsoia gerta daiteke.

Desarra-pultsadoreak eta inhibizio-pultsadoreak erraz iristeko eta ikusteko moduko tokian kokatu behar dira, instalazioak babes-turiko gunetik hurbil eta instalazioaren kanpoko aldean. Pultsadore horien ondoan, seinale akustikoa eta argizko seinalea kokatuko dira, sumagailua martxan jarrita abiaraziko direnak.

##### 4.3.7.2. *Funtzionamendu automatikoa*

Suen zentralak sua detektatu eta seinale bat emango du, seinale elektrikoak detonatzailea piztu dezan; azken horri esker, botoak ireki eta aerosolari saka egin zaio.

Kasu honetan, ordea, detonatzailea pizten duen seinale elektrikoak ez da piztuko aurretik zehazturiko itxaron denbora igaro arte, eta beraz, potoak ez dira irekiko kasu horretan. Hala, itxaroteko denbora horretan norbait badago lokalean, eskuzko pultsadorea sakatzen duen ala ez erabakiko du aerosola deskargatzen has dadin berehala, betiere aurretik finkaturiko itxaron denbora igaro baino lehen. Edo bestela pultsadore inhibitzailea saka dezake baldin eta sua itzalgailu eramangarriekin itzaltzeko modua izan bada. Horrela, ez da aerosolik alferrik deskargatuko.

#### 4.3.6.1. *Funcionamiento manual*

En caso de iniciarse un incendio, se accionará el pulsador de disparo correspondiente al sistema de protección; la señal eléctrica accionará el mecanismo de apertura de las botellas y éste abrirá la válvula neumática de aislamiento situada en el colector de acceso al elemento incendiado.

Los pulsadores de disparo e inhibición de actuación, deberán estar situados en un lugar claramente visible y accesible, próximos a la zona protegida por la instalación y exterior a ella. Junto a dichos pulsadores estarán situadas las señales acústica y luminosa, las cuales se activarán con la actuación del detector.

#### 4.3.6.2. *Funcionamiento automático*

El correspondiente sistema de detección enviará una señal a la Central de Incendios, la cual, enviará una señal de apertura a las botellas continuándose como en el caso anterior.

No obstante, la señal de apertura de las botellas no se hará efectiva hasta que no haya pasado un tiempo de espera definido previamente. De esta forma, durante ese tiempo de espera, si estuviese presente alguna persona en el local, éste podría decidir si acciona el pulsador manual para que se inicie inmediatamente la descarga del gas prescindiendo del tiempo de espera prefijado, o accionar el pulsador inhibitor, en caso de que hubiera podido extinguir el fuego de forma manual con los extintores portátiles, evitando de esta forma la descarga inútil del gas.

Con el fin de asegurar que la persona que pueda estar en la sala advierta la situación de fuego, en el momento en que éste se detecta, se activará la alarma acústica.

#### 4.3.7. **Sistema fijo de Extinción Automática por Aerosol en armarios eléctricos y electrónicos**

Este sistema también de aplicación local, directamente en los armarios eléctrico/electrónicos. Es un sistema fijo de extinción por aerosol con inundación total del cubículo del armario. El sistema está formado por:

- Un bote de aerosol situado en el interior.
- Sistema de Detección.
- Dispositivo automático de disparo.
- Pulsadores de bloqueo/disparo.
- Alarmas acústicas.
- Señalización de «sistema de aerosol disparado».

##### 4.3.7.1. *Funcionamiento manual*

En caso de iniciarse un incendio, se accionará de forma manual el pulsador de disparo correspondiente al sistema de protección; la señal eléctrica accionará el mecanismo de apertura de los botes a través del detonador, que permite la impulsión del aerosol.

Los pulsadores de disparo e inhibición de actuación, deberán estar situados en un lugar claramente visible y accesible, próximos a la zona protegida por la instalación y exterior a ella. Junto a dichos pulsadores estarán situadas las señales acústica y luminosa, las cuales se activarán con la actuación del detector.

##### 4.3.7.2. *Funcionamiento automático*

La Central de Incendios detectará el fuego y enviará una señal que permita que la señal eléctrica accione el detonador, el cual permite la apertura de los botes y la impulsión del aerosol.

No obstante, en este caso, la señal eléctrica que acciona el detonador y por tanto la apertura de los botes no se hará efectiva hasta que no haya pasado un tiempo de espera definido previamente. De esta forma, durante ese tiempo de espera, si estuviese presente alguna persona en el local, ésta podría decidir si acciona el pulsador manual para que se inicie inmediatamente la descarga del aerosol prescindiendo del tiempo de espera prefijado, o por el contrario, accionar el pulsador inhibitor, en caso de que hubiera podido extinguir el fuego de forma manual con los extintores portátiles, evitando de esta forma la descarga inútil del aerosol.

## 5. SUAREN KONTRAKO BABES SISTEMA DISEINATZEKO FILOSOFIA ETA IRIZPIDEAK

### 5.1. Sarrera

#### 5.1.1. *Suaren balizko eragileak*

Suaren eragileak jakinez gero, jarduketa bideratzeko helburuak finka daitezke eta, beraz, instalaziorik egokienak ere bai. Eragile nagusiak honako hauek dira:

- «Ekipo elektrikoak dira», zeren eta instalazio eta ekipo elektrikoek, funtzionamendu eta zerbitzu egokia izateko bidea eman arren, ez baitute bermatzen zirkuitu laburrik ez izatea.
- Tunelean dauden ibilgailuen arteko «istripuak».
- «Ibilgailuak sua hartzea», zeren eta berez hartu bailezake su edo tunelean sutan sar daiteke gidaria horretaz ohartu barik.

Edozelan ere, elementu elektrikoek gain, elementu solidoak, likidoak, (erregaia) edo gasak izango dira.

Horren arabera, beraz, A, B, C, eta E motako suak egon daitezke, Europako suen sailkapenaren arabera.

#### 5.1.2. *Sektorizazio-irizpideak*

Suaren kontrako babes sistemaren jarduketa hobeagoa eta eraginkorragoa izan dadin, guneeetako jarduera-motari, itzaltze lanetako jarduketaren posibilitateei eta sua izateko arriskuari buruzko azterlan egin beharko da.

Horren arabera, sektoretzat jo behar dira tunel guztiak eta, beraz, ebakuazioko galeriak, tuneleko bi zuloen artean zein kanpoalde-arekiko zuzeneko ebakuazioaren kasuan. Gainera, horiekiko banaketa-itxierak jarri beharko dira, betiere suaren kontrako erresistentzia eta egonkortasun egokia izanik.

Horretaz gain, tunelarekiko komunikazioa duen gela elektrikorik badago, halakotzat hartuko da gela hori.

#### 5.1.3. *Detekzio-sistemaren irizpideak*

Suak detektatzeko sistemek «Suak automatikoki detektatzeko sistemak osagaiak» izeneko UNE 23007 arauan ezarritakoa bete behar dute. Hauexek dira detekzio-sistemaren ezaugarri nagusiak:

##### DETEKZIO-DENBORA

Galtzadaren mailan 1 m<sup>2</sup>-ko heptanoko eremu bateko sua detektatzeko gauza izan behar du galtzadaren edozein tokietan; tune-laren barruko airearen abiadurak segundoko 2 metrokoa izan behar du minutu bat baino denbora laburragoan.

##### ALDEZTAKETA

Suaren kontrako alarma eman eta su sortu deneko lokal teknikoa edo tuneleko zein zatitan sortu den kokatzeko gauza izan behar du detekzio sistemak. Tunelaren barruko kokapenaren doitasuna 20 metrotik beherakoa izan behar du.

##### SEINALE AKUSTIKOAK

Suaren abisua emateko seinaleak tunelaren barruko megafonia sistemarekin egin behar dira, baita sirenekin ere lokal teknikoaren barruan.

##### ALARMA FALTSUAK

Alarma faltsurik ez egoteko moduan konfiguratu behar da ekipoa; hala ere, suaren alarma detektatu ondoren eta jarduketa automatikoak konfiguratu daitekeen denboran hasi arte, kontsolako operadoreak alarma berretsi edo ukatu behar du telebistako zirkuitu itxiaren bidez sua badagoela egiaztatu ondoren. Baldin eta denbora igarota ez bada alarma berretsi edo ukatu, automatikoki abiaraziko dira suaren gaineko gorabeherarako aurreikusitako jarduketak.

## 5. FILOSOFÍA Y CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

### 5.1. Introducción

#### 5.1.1. *Causas posibles de incendio*

El conocimiento de las causas motivadoras de incendios, permite fijar los objetivos sobre los que se debe actuar y por tanto el diseño de las instalaciones más adecuadas. Las principales causas son por:

- «Equipos eléctricos», puesto que las instalaciones y equipos eléctricos, aunque permiten su correcto funcionamiento y servicio, no garantizan la ausencia de cortocircuitos.
- «Accidentes», entre vehículos dentro del túnel.
- «Incendio de un vehículo», puesto que puede incendiarse por razones propias dentro del túnel o llegar incendiado al interior del túnel sin que el conductor lo haya advertido.

En cualquier caso, en el incendio intervendrán elementos sólidos, líquidos, (combustibles), o gases, además de los elementos eléctricos.

Bajo esta premisa, por tanto, consideraremos que pueden existir incendios del tipo A, B, C, y E, según la clasificación de incendios europea.

#### 5.1.2. *Criterios de sectorización*

Para una mejor y más eficaz actuación del Sistema de Protección Contra Incendios, ha de realizarse un estudio tanto del tipo de actividad de las distintas zonas, como del riesgo de fuego y posibilidades de actuación durante la extinción.

Bajo esta premisa, deberá considerarse como sectores cada uno de los túneles, y por tanto, las galerías de evacuación, tanto entre ambos tubos como en el caso de una evacuación directa con el exterior, y se deberán disponer cerramientos de separación con ellos, con la correspondiente estabilidad y resistencia al fuego.

Además de ello, si existiese alguna sala eléctrica en comunicación directa con el túnel, deberá considerarse de igual modo.

#### 5.1.3. *Criterios del Sistema de Detección*

Los sistemas de detección de incendios deben cumplir lo indicado en la Norma UNE 23007 «Componentes de los sistemas de detección automática de incendios». Las principales características del sistema de detección son:

##### TIEMPO DE DETECCIÓN

Debe ser capaz de detectar un incendio de una superficie de 1 m<sup>2</sup> de heptano a nivel de calzada, en cualquier punto de la calzada, con una velocidad de aire en el interior del túnel de 2 m/s en menos de 1 minuto.

##### ZONIFICACIÓN

El sistema de detección debe ser capaz de dar la alarma de incendio y ubicar el foco en el local técnico que se produzca o en la parte del túnel que se produzca. La precisión en la ubicación dentro del túnel debe ser inferior a 20 metros.

##### SEÑALES ACÚSTICAS

Las señales para alertar en caso de incendio se realizar con el sistema de megafonía en el interior del túnel y con sirenas en el interior de los locales técnicos.

##### FALSAS ALARMAS

Se debe configurar el equipo para evitar las falsas alarmas, aun así desde después de detectar la alarma de incendio hasta que arrancan las actuaciones automáticas durante un tiempo configurable el operador de consola podrá confirmar o rechazar la alarma tras la verificación de la existencia de fuego a través del circuito cerrado de televisión. Si pasado ese tiempo no se ha producido ni confirmación ni rechazo se arrancara las actuaciones previstas para el incidente de fuego de forma automática.

## ALARMA TEKNIKOAK

Detekzio-sistema sendoa lortzeko behar diren alarma tekniko guztiak izan behar ditu sistemak, betiere printzipio honen arabera: kable bakarrek matxurak ezin galaraz ditzake aldi berean sua detektatzea eta alarma teknikoak jotzea.

## 5.1.3.1. Suaren kontrako sentsore jarraitua

Tunelean zehar suaren kontrako sumagailu automatiko bat jarri behar da. Sentsore termiko jarraituak gomendatzen dira. Horiek alarma joko dute tenperaturak muga edo atalasea (termikoa) gainditzen duenean edota denbora bateko tenperatuaren aldaketak atalasea gainditzen duenean (termovelozimetrokoa). Alarmaren atalaseek konfiguratzeko modukoak izan behar dute, sentsoreak tunelak ingurumenaren aldetik dituen ezaugarrietara egokitzeke.

Nahiz eta sentsore jarraitu gisa definitu, sumagailu diskretuen sistema batekin osa daiteke sentsorea baldin eta bitarteko distantzia nahikoa txikia bada. Sentsore diskretuak erabiltzen badira, haien artean 4 metro baino gehiago ez egotea gomendatzen da tunelaren noranzko longitudinalean.

Kable sentsorea tunelaren gakoan kokatu behar da. Ezin egon daiteke punturik zeinen sentsoreak oinplanoan duen proiektioarekiko distantzia 6,5 metrotik gorakoa den. Baldin eta tunela 13 metrotik gorako galtzada badu, gutxienez 2 kable paralelo jarri behar dira detekzioa egokia izan dadin.

Sumagailu termiko jarraituen hainbat teknologia dago: Kable urgarrria; sumagailu termikoa, zuntz optikoaren kristal-sarearen tenperaturak sortutako oszilazioetatik abiatuta; edo kable berean kokaturiko sentsore diskretuetan oinarrituriko sumagailu lineala. 3 teknologia hauetatik lehenengo biak gomendatzen dira. Izan ere, alarma termikoa zein termovelozimetroak eragin ditzakete eta atalaseak konfiguratu egin daitezke.

Sentsore jarraituak sua norantz zabaltzen ari den eta horren tamainaren gaineko informazioa ematea gomendatzen da.

*Ezaugarri nagusiak*

- Zehaztapen termikoa: < Gradu 1.
- Erantzuna emateko denbora: <10 segundo.
- Kokapenaren zehaztapena: < 5 metro.
- Alarma kableak hausten direnerako: Bai.

## 5.1.3.2. Lokal teknikoetako suaren kontrako sentsorea

Suaren kontrako sentsore automatikoak jarri behar dira lokal teknikoetan. Sentsore horiek aldeztatu egin daitezke, kontroleko zentrokoek jakin dezaten su azein lokaletan dagoen.

Ke-sumagailuak jartzea gomendatzen da. Lokal tekniko osoari estaldura emateko beharrezkoak diren sumagailu guztiak jarri behar dira; horretarako, hauxe bete behar da (UNE 23007-14:1996 arauan zehazten denez): sumagailuak zaindutako eremuak ondoko taulan agertzen diren  $S_v$  balioak ez gainditzea eta gainaldeko sabaiko puntu bat ere ez egotea  $S_{max}$  balioetatik baino sumagailu baten distantzia horizontal handiagoa duten sumagailuen distantzia horizontal batera:

1. taula. — Zaintzako gehieneko azalera eta sumagailuen arteko gehieneko distantzia

| Lokalaren azalera (S) | Lokalaren altuera (h) | Zaintzako gehieneko azalera ( $S_v$ ) eta sumagailuen arteko gehieneko distantzia ( $S_{max}$ ) |               |                           |               |                |               |
|-----------------------|-----------------------|---|---------------|---------------------------|---------------|----------------|---------------|
|                       |                       | SABAIAREN MAKURDURA   |               |                           |               |                |               |
|                       |                       | $i < 15^\circ$  |               | $15^\circ < i < 30^\circ$ |               | $i > 30^\circ$ |               |
| $m^2$                 | $m$                   | $S_v (m^2)$   | $S_{max} (m)$ | $S_v (m^2)$               | $S_{max} (m)$ | $S_v (m^2)$    | $S_{max} (m)$ |
| S<80                  | h<12                  | 80  | 11,40         | 80                        | 13            | 80             | 15,10         |
| S>80                  | h<6                   | 60  | 9,90          | 80                        | 13            | 100            | 17,00         |
|                       | 6<h<12                | 80  | 11,40         | 100                       | 14,40         | 120            | 18,00         |

## ALARMAS TÉCNICAS

El sistema debe contar con las alarmas técnicas suficientes para obtener un sistema de detección robusto siguiendo el principio que una avería en un solo cable no puede impedir simultáneamente la detección del fuego y que suene una alarma técnica.

## 5.1.3.1. Sensor continuo de incendios

Se ha de instalar un detector de incendios automático a lo largo del túnel. Se recomienda sensores térmicos continuos. Estos darán una alarma cuando la temperatura supere un umbral (térmica) y/o cuando la variación de temperatura en un espacio de tiempo supere un umbral (termovelocimétrica). Los umbrales de alarma deben ser configurable para la optimización del sensor a las características ambientales del túnel.

Aunque se defina como sensor continuo, este puede estar formado por un sistema de detectores discretos si su interdistancia es lo suficientemente pequeña. Se recomienda que si se emplean sensores discretos éstos no estén espaciados más de 4 metros entre sí en sentido longitudinal del túnel.

El cable sensor se debe ubicar en la clave del túnel. No debe haber ningún punto de la calzada cuya distancia con la proyección en planta del sensor sea superior a 6,5 metros. Si el túnel tuviese una calzada superior a 13 metros se deben instalar al menos 2 cables paralelos para que la detección sea la adecuada.

Existen diversas tecnologías de detectores térmicos continuos: Cable fundente; detector térmico a partir de las oscilaciones generadas por la temperatura en la red cristalina de la fibra óptica, o detector lineal basado en sensores discretos ubicados en el mismo cable. De estas 3 tecnologías se recomiendan las dos últimas que pueden generar alarmas tanto térmicas como termovelocimétricas y los umbrales son configurables.

Se recomienda que el sensor continuo proporcione información sobre la dirección de la propagación y sobre el tamaño del incendio.

*Características principales*

- Precisión térmica: < 1 °C.
- Tiempo de respuesta: <10 segundos.
- Precisión de localización: < 5 metros.
- Alarma ante rupturas de cable: Sí.

## 5.1.3.2. Sensor de incendios en locales técnicos

Los locales técnicos deben tener instalados sensores automáticos de incendio. Estos sensores deben estar zonificados para que desde el centro de control sepan en que local se está produciendo un incendio.

Se recomienda la instalación de detectores de humo. Se deben instalar tantos detectores de incendios como sea necesario para dar cobertura a todo el local técnico, para ello debe cumplirse (según se indica en la UNE 23007-14:1996) que la superficie vigilada por un detector no rebase los valores  $S_v$  que se indican en la tabla siguiente y que ningún punto del techo de la cubierta quede situado a una distancia horizontal de un detector superior a los valores  $S_{max}$ :

Tabla 1. — Superficie máxima de vigilancia y Distancia máxima entre detectores

| Superficie del local (S) | Altura del local (h) | Superficie máxima de vigilancia $S_v$ y Distancia máxima entre detectores $S_{max}$ |               |                           |               |                |               |
|--------------------------|----------------------|---|---------------|---------------------------|---------------|----------------|---------------|
|                          |                      | INCLINACIÓN DEL TECHO   |               |                           |               |                |               |
|                          |                      | $i < 15^\circ$  |               | $15^\circ < i < 30^\circ$ |               | $i > 30^\circ$ |               |
| $m^2$                    | $m$                  | $S_v (m^2)$   | $S_{max} (m)$ | $S_v (m^2)$               | $S_{max} (m)$ | $S_v (m^2)$    | $S_{max} (m)$ |
| S<80                     | h<12                 | 80  | 11,40         | 80                        | 13            | 80             | 15,10         |
| S>80                     | h<6                  | 60  | 9,90          | 80                        | 13            | 100            | 17,00         |
|                          | 6<h<12               | 80  | 11,40         | 100                       | 14,40         | 120            | 18,00         |

Sumagailua halako moldez kokatuko da non sabaitik distantzia jakin batera egongo baita, ondorengo taulan agertzen diren tar-teetan:

| Lokalaren altuera (h) | Sentsoretik sabairainoko distantzia |     |               |     |         |     |
|-----------------------|-------------------------------------|-----|---------------|-----|---------|-----|
|                       | SABAIAREN MAKURDURA                 |     |               |     |         |     |
|                       | i < 15°                             |     | 15° < i < 30° |     | i > 30° |     |
|                       | Min                                 | Max | Min           | Max | Min     | Max |
| M                     | cm                                  | cm  | cm            | cm  | cm      | cm  |
| h < 6                 | 3                                   | 20  | 20            | 30  | 30      | 50  |
| 6 < h < 8             | 7                                   | 25  | 25            | 40  | 40      | 60  |
| 8 < h < 10            | 10                                  | 30  | 30            | 50  | 50      | 70  |
| 10 < h < 12           | 15                                  | 35  | 35            | 60  | 60      | 80  |

Sentsoreek EN 54-7 arauan zehazturiko ezaugarriak bete behar dituzte.

#### 5.1.4. Kableen gaineko irizpideak

Energia Elektrikoaren II. Jarraibidearen dokumentuan agertzen diren ezaugarriez gain, oro har, tunelen eta galerien barruan instalaturiko sistema guztien kableek LSZH motako estalkia ere eduki beharko dute gutxienez; hau da, ke gutxi botatzen duen, halogenorik ez daukan eta sua hedatzen ez duen estalkia. Sistema kritikotzat hartzen denean, gainera, AS edo AS+ ezaugarriak edukiko ditu, horien bidez kableak hobeto eusten baitu sua.

#### 5.1.5. Alarma sistemaren gaineko irizpideak

Alarmako eskuzko pulsadoreak jartzea komeni da, SOS zutoinen ondoan, ebakuazio galerietan eta gela teknikoetan.

Horrez gain, kontroleko zentroko softwarean honako hauek ere alarमतat hartuko dira:

- SOS armairuen atea irekitzea.
- Ebaluazio galeren atea irekitzea.
- Gela elektrikoaren atea irekitzea.
- Gelak ureztatzea.
- Presio partzialaren akatsak.
- ...

#### 5.1.6. Sua itzaltzeko sistemaren gaineko irizpideak

I. eta II. motako tuneletan honako hauek izango dira:

- 25 mm-ko SUS 50 metroan.
- Ebakuazio galerietan sartzeko zonako kutxeten ur-paldoak, tunelaren ondoan: 70 mm-ko bi aho eta 150 mm-ko elikatze-hoditeria.
- Eskuzko itzalgailuak SOS zutoinetan eta gela teknikoetan.
- Ura hornitzeko sistema: erreserba depositua, presio taldea eta sarearen presioa kontrolatzea presostatoaren bidez.

Gela teknikoetan sua itzaltzeko sistema automatikoak izango dira.

#### 5.1.7. Seinaleztapenaren gaineko irizpideak

Edozein gorabehera-motatan egiten diren prebentzioko neurrietako bat erabiltzaile guztiak tuneletik ebakuatzea da, azken batean pertsonengan kalte fisikorik gerta ez dadin (edo ahalik eta kalterik txikiena izan dadin). Neurri hori errazteko, erabiltzaileen ebakuaziorako lagungarria izango den seinaleztapena aurreikusitua da.

El detector se debe ubicar de tal forma que el sensor se encuentre a una distancia del techo entre unos márgenes que se indican en la siguiente tabla:

| Altura del local (h) | Distancia del sensor al techo |     |               |     |         |     |
|----------------------|-------------------------------|-----|---------------|-----|---------|-----|
|                      | INCLINACIÓN DEL TECHO         |     |               |     |         |     |
|                      | i < 15°                       |     | 15° < i < 30° |     | i > 30° |     |
|                      | Min                           | Max | Min           | Max | Min     | Max |
| M                    | cm                            | cm  | cm            | cm  | cm      | cm  |
| h < 6                | 3                             | 20  | 20            | 30  | 30      | 50  |
| 6 < h < 8            | 7                             | 25  | 25            | 40  | 40      | 60  |
| 8 < h < 10           | 10                            | 30  | 30            | 50  | 50      | 70  |
| 10 < h < 12          | 15                            | 35  | 35            | 60  | 60      | 80  |

Los sensores deben cumplir las características especificadas en la EN 54-7.

#### 5.1.4. Criterios del cableado

Además de las características que se indican en el documento de Instrucción II Energía Eléctrica, de forma general el cableado de todos los sistemas instalados en el interior de túneles y galerías deberá disponer de una cubierta que como mínimo sea del tipo LSZH, es decir, de baja emisión de humos y libre de halógenos y no propagador del incendio. En los casos de que el sistema se considere crítico se deberá disponer además de características AS o AS+ que añaden resistencia al fuego del cable.

#### 5.1.5. Criterios del Sistema de Alarma

Se recomienda disponer pulsadores manuales de alarma junto a los postes SOS, en las galerías de evacuación y en los cuartos técnicos.

En el software de centro de control, también se tratará como una alarma los siguientes eventos:

- Apertura de las puertas de los armarios SOS.
- Apertura de puertas de las galerías de evacuación.
- Apertura de puertas de Salas Eléctricas.
- Inundaciones de salas.
- Fallos de presión parcial.
- ...

#### 5.1.6. Criterios del Sistema de Extinción

Para túneles tipo I y II, se dispondrá en el túnel lo siguiente:

- BIEs de 25 mm cada 50 m.
- Hidrantes de arqueta en la zona de acceso a las galerías de evacuación en el lado del túnel, con dos bocas de 70 mm, y tubería de alimentación de 150 mm.
- Extintores manuales en los postes SOS y cuartos técnicos.
- Sistema de abastecimiento de agua, con depósito de reserva, grupo de presión y control de presión en la red mediante presostato.

En los cuartos técnicos se dispondrán sistemas automáticos de extinción.

#### 5.1.7. Criterios de Señalización

Una de las distintas medidas preventivas que se llevan a cabo en caso de cualquier tipo de incidente es la evacuación de todos los usuarios del túnel para que, en último caso, no se produzca daños físicos sobre las personas (o estos sean mínimos). Para facilitar esta medida se ha previsto una señalización de emergencia que ayuda a la evacuación de los usuarios.

300 metrotik gorako tuneletan seinaleztapen egokia izan behar da erabiltzaileak hurbilen dagoen irteeraraino gidatzeko.

Honako hauek landu behar dira larrialdietako seinaleztapenaren sistemak:

- Ebakuazioko ibilbidearen seinaleak, noranzko bakoitzean hurbilen dagoen irteerainoko distantzia adierazten dutenak. Sistema horren bidez, hurbilen dagoen larrialdiko irteera edo ahorraino gida daitezke erabiltzaileak.
- Ebakuaziorako galeriako ateaz ohartarazteko larrialdiko irteerako seinaleak, erabiltzaileak argi izan dezan zein den irteera. Bi zulo dituen tunel baten kasu tipikoan, komunikazio galeriak edo ahoak dira ebakuazioko irteerak; hori dela-eta, tuneleko komunikazio galerietan sartzeko atean kokatu dira.
- Tuneleko zuloen arteko komunikazio galerien barruko seinaleztapena. Erabiltzaileak komunikazio galeriara iritsitakoan, nahikoa informazioa izango du ebakuazioa modu seguruan egiteko tunelaren kanporaino.
- Suaren kontrako sistema guztien seinaleak jarri behar dira (SUS, itzalgailuak) bi aldeetan ikusten diren seinaleen bidez (noranzkoaren perpendikularrean). Itzalgailuen seinalea SOS zutoinekin osa daiteke kokagune berean badaude.
- Larrialdiko argiztapena. Tunelaren ebakuazioa errazteko, larrialdiko argiztapena edukiko du tunelak, eta horren azterketa zehaztua Argiztapenaren III. Jarraibide Teknikoan dago.

Definituriko ebakuazio eta larrialdiko seinale guztiek fotoluminiszenteak izan behar dute, material autoitzalgarrikoak izango dira eta honako hauetan zehazturiko ezaugarri teknikoak bete behar dituzte: UNE 23034, 23035-1, 23035-2, 23035-3 eta 23035-4.

### 5.1.8. Ebakuazio irizpideak

Gorabehera larria gertatzen bada (halakoxea da sutea) eta erabiltzaileak tuneletik ebakuatu behar badira, arrisku gunetik alde egin eta toki segurura joan behar dute lehenbailehen. Baina erabiltzaileak hurbilen duten irteeratik ebakuatu behar dira tuneletik, salbu eta suaren sorburutik hurbil badaude eta tuneletik alde egin behar badute segurtasuna dela-eta.

Erabiltzaileak ebakuatzea eskatzen duten edozein gorabeherak tunela ixtea dakar, hots, tunela osatzen duten zulo guztiak ixtea.

Tuneleko irteera naturalak tuneleko ahoari datxezkionak dira. Luzera jakin batean arriskua areagotu egiten da, eta orduan ebakuazio irteerak izango dira «Azpiegituren I. Jarraibide Teknikoak» dakarrenez. Bi zulo paraleloz osaturiko tunel baten kasu tipikoan, zuloen arteko komunikazio galeriak izango dira ebakuazio bideak. Ebaluazioaren arloan, gorabeherak kuitu gabeko zuloa toki segurutzat hartzen da, baina ebakuazioa ez da erabat beteko erabiltzaile guztiak tuneletik irten arte.

#### 5.1.8.1. Ebakuazio biderako seinaleztapena

Ebakuazioaren seinaleen helburu nagusia erabiltzaileak hurbilen dagoen larrialdi irteeraraino eramatea da, tunelaren ahoan zein ebakuazio galerian. Horretarako, ebakuazioaren ibilbidearen seinale fotoluminiszenteen multzoa jarri behar da. Seinale horiek norabidearen eskuineko horma pikoan kokatu behar dira, eta bi seinaleen arteko distantzia gehienez 25 metrokoa izango da.

Ebakuazio ibilbidearen seinaleak noranzko bakoitzean hurbilen dagoen irteeraraino dagoen distantzia adierazi behar du, irudi honetan agertzen denez:

Todo túnel cuya longitud supere los 300 metros debe disponer de la señalización adecuada para guiar a los usuarios hasta la salida más cercana.

El sistema de señalización de emergencia debe abordar:

- Señales de recorrido de evacuación que indiquen la distancia a la salida más próxima en cada uno de los sentidos posibles. Con este sistema se guía a los usuarios hasta la boca o salida de emergencia más cercana.
- Señales de indicación de salida de emergencia que adviertan de la puerta a la galería de evacuación, para que el usuario no tenga dudas de cual es la salida. En el caso típico de túnel con 2 tubos las salidas de evacuación son las bocas o las galerías de comunicación entre tubos por lo que se ubicarán en las puertas de acceso a las galerías de comunicación entre tubos.
- Señalización dentro de las galerías de comunicación entre tubos. Una vez que el usuario llega a la galería de comunicación debe disponer de la suficiente información para realizar la evacuación hasta el exterior del túnel de forma segura.
- Deben estar señalizados todos los sistemas contraincendios (BIEs, extintores) mediante señales visibles a dos caras (perpendicular al sentido de la marcha). La señal de los extintores podrá estar integrada con la señal de los postes SOS al coincidir su ubicación.
- Iluminación de emergencia. Para facilitar la evacuación el túnel contará con una iluminación de emergencia para la evacuación cuyo estudio detallado se encuentra en la «Instrucción Técnica III- Alumbrado».

Todas las señales de evacuación y emergencia que se definen deben ser fotoluminiscente con material autoextinguible y deben cumplir las características técnicas especificadas en: UNE 23034, 23035-1, 23035-2, 23035-3 y 23035-4.

### 5.1.8. Criterios de Evacuación

Quando se produce un incidente grave, típicamente un incendio, que requiere que los usuarios evacuen el túnel, éstos deben abandonar la zona de riesgo y llegar a una zona segura lo más rápidamente posible. Por eso los usuarios deben evacuar el túnel por la salida más cercana que dispongan, a no ser que se encuentre próximo al foco del incendio que deben evacuar alejándose del incendio por motivos de seguridad.

Cualquier incidente que requiera una evacuación de los usuarios implicara el cierre del túnel, o lo que es lo mismo el cierre de todos los tubos que forman el túnel.

Las salidas naturales en un túnel son las propias bocas del túnel. A partir de cierta longitud donde se incrementa el riesgo los túneles dispondrán de salidas de evacuación tal como se indica en la «Instrucción Técnica I- Infraestructura». En el caso típico de un túnel formado por 2 tubos paralelos, las salidas de evacuación serán las galerías de comunicación entre los tubos. En cuestión de evacuación se considera que el tubo que no está afectado por el incidente es un lugar seguro, aunque no se completará la evacuación hasta que todos los usuarios abandonen el interior del túnel.

#### 5.1.8.1. Señalización del recorrido de evacuación

El primer objetivo de la señalización de evacuación es llevar a los usuarios hasta la salida de emergencia más cercana, ya sea boca de túnel o galería de evacuación. Para ello se debe instalar conjunto de señales fotoluminiscentes de recorrido de evacuación. Estas señales se deben ubicar en el hastial derecho en el sentido de la marcha y la separación entre dos señales no debe superar los 25 metros.

La señal de recorrido de evacuación debe indicar la distancia a la salida más cercana en cada uno de los sentidos, tal como se muestra en la figura siguiente:

### 1. irudia. – Ebakuazio bidea adierazten duen seinalea



Ebakuazio bidea adierazten duen seinalea 1,5 metro inguruko altueran egotea gomendatzen da.

#### 5.1.8.2. Irteera adierazteko seinaleak.

Ebakuazio ateetan behar bezalako seinaleak jarriko dira, erabiltzaileek zalantzarik izan ez dezaten ebakuaziorako irteera egokia zein den.

Argizko seinaleak jarri behar dira, ebakuazioko bideen gainean kokatuak eta bi aldeetan ikusteko modukoak (ebakuazioaren noranzkoaren perpendikularrean). Argindarrak huts egiten duenean ere seinalea ikusiko dela ziurtatzeko, panel fotoluminiscente transluzidoa eta bateria autonomia jarri behar dira seinale bakoitzean. Seinaleak 50 cm-ko aldea izan behar du eta irudi hau erakutsi behar du:

### 2. irudia. – Irteera adierazteko argizko seinalea



Ebakuazioko atearen gainean dagoen argizko seinalez gain, seinale fotoluminiscente gehiago jarri behar dira atearen alde banatan, irudi berarekin eta gutxienez 1,5 x 1,5 metroko tamainarekin.

Izua kontrako barra duen irekitze sistema izan behar dute ebakuaziorako ateeak; horrekin ireki daitezke atearren gainean presioa eginez. Atean bertan, barraren gainean kokatu behar da seinale egokia, UNE 23033-81 arauaren arabera.

Baldin eta tunelaren barruan ebakuazio-irteerakoa ez den atearen bat badago (lokal teknikoak...) behar bezalako seinale fotoluminiscente jarri beharko da atearren gainean irudi egokia ipinita, UNE 23033-81 arauaren arabera.

#### 5.1.8.3. Zuloen arteko komunikazio galeriaren barruko seinalez-tapena

Suaren kontrako erresistentzia duten bi ate izango dituzte galeriek, bitarteko barrunbeak eta zulo bakoitza banatzen dituztenak, «Azpiegitura I. Jarraibide Teknikoa» deritzonaren arabera. Nahiz eta suaren ikuspuntutik barrunbea toki segurutzat har daitekeen, tunelaren kanpoko aldera egin behar da ebakuazioa. Horretarako, honako hauek izan behar dituzte galeriek:

- SOS zutoin baten gaineko zalantzarik dagoenean erabiltzaileak dudak galdetu eta larrialdietako pertsonalaren jarraibideak jasotzeko.
- Operadoreek erabiltzaileei jarraibideak transmititzeko megafonia, tunelaren kanporaino egin dezaten ebakuazioa.
- Barrunbeto ate bakoitzaren gainean, zuloetarako sarbide bakoitza izendatzeko kartela jarriko da, zertarako-eta erabiltzaileei jarraibideak ematean okerreko interpretaziorik egon ez dadin.
- SOS zutoinaren gainean edo hurbil kokapen-plano bat jarri behar da («hementxe zaude»), non tunela agertuko baita ebaluazio galeriak dituela.
- SOS zutoinen inguruetan ere galeria adierazten duen kartela jarri behar da («1. galeria» edo «A galeria»).
- Barrunbearen atean bertan ebakuazio bidearen antzeko seinaleak jarri behar dira, galeriatik tunel-ahoetara dagoen distantzia adierazten dutenak.

### Figura 1. – Señal de recorrido de evacuación



Se recomienda que la señal de recorrido de evacuación esté a una altura aproximada de 1,5 metros.

#### 5.1.8.2. Señalización de indicación de salida

Las puertas de evacuación deben estar suficientemente señalizadas para que los usuarios no tengan ninguna duda de que es la salida correcta para evacuar.

Se debe instalar señales luminosas, ubicadas encima de las puertas de evacuación y visible a dos caras (perpendicular a la dirección de evacuación). Para asegurar que en caso de fallo de la alimentación siga siendo efectiva la señal debe contar con un panel fotoluminiscente translúcido y una batería autónoma para cada señal. La señal no debe tener un tamaño inferior a los 50 cm de lado y debe mostrar la figura siguiente:

### Figura 2. – Señal luminosa de indicación de salida



Además de esta señal luminosa ubicada encima de la puerta de evacuación se debe reforzar la señalización con señales fotoluminiscente a ambos lados de la puerta con la misma figura y un tamaño mínimo de 1,5 x 1,5 metros.

Las puertas de evacuación deben tener un sistema de apertura con barra antipánico con el cual se abren las puertas al ejercer presión sobre la barra. En la propia puerta sobre la barra se debe ubicar la señal correspondiente según la UNE 23033-81.

Si dentro del túnel existiera alguna puerta que no fuese salida de evacuación (locales técnicos...) deberá señalizarse de forma adecuada con una señal fotoluminiscente encima de la puerta con la figura correspondiente según UNE 23033-81.

#### 5.1.8.3. Señalización dentro de la galería de comunicación entre tubos

Las galerías dispondrán de dos puertas resistentes al fuego que las separe el habitáculo intermedio de cada uno de los tubos tal como se especifica en la «Instrucción Técnica I - Infraestructura». Aunque desde el punto de vista de un incendio ya se puede considerar lugar seguro el habitáculo se debe completar la evacuación hasta el exterior del túnel. Para ello las galerías de evacuación deben disponer de:

- Un poste SOS para que en caso de duda el usuario pueda preguntar dudas y recibir instrucciones del personal de emergencia.
- Megafonía desde la cual los operadores de control pueden transmitir instrucciones a los usuarios para que completen la evacuación hasta el exterior del túnel.
- Encima de cada una de las puertas en el interior del habitáculo un cartel que denomine a cada uno de los tubos a los que se accede por dicha puerta, para que al dar instrucciones a los usuarios, estas no den lugar a equívocos.
- Encima o cercano al poste SOS se debe instalar un plano de situación («usted se encuentra aquí») donde se represente todo el túnel con sus distintas galerías de evacuación.
- También en las proximidades de los postes SOS se debe ubicar un cartel que identifique la galería («galería 1» o «galería A»).
- En las propias puertas por el lado interior del habitáculo se deben instalar señales similares a las de recorrido de evacuación que indiquen la distancia desde la galería a las bocas del túnel.



## 6. AZTERLANAK ETA NEURRIAK

### 6.1. Detekzio-sistema

Sumagailuaren kopurua, banaketa eta muetak azaldutako diseinu irizpideen arabera izango dira.

### 6.2. Itzalgailu eramangarrien sistema

Itzalgailu eramangarrien kopurua, banaketa eta muetak azaldutako diseinu irizpideen arabera izango dira.

### 6.3. Surako ur-hartueneen sistema (SUS)

Sumagailuaren kopurua, banaketa eta muetak azaldutako diseinu irizpideen arabera izango dira.

### 6.4. Ur-paldeen sarearen sistema

#### 6.4.1. Beharrezko emaria

Arrisku-maila «altua» izan daitekeela ezarri da; hortaz, eskaturiko emaria 2.000 l/ minutukoa izango da, eta 2 orduko autonomia-denbora.

#### 6.4.2. Erreserbako depositua

Ur-paldeen sarea hornidura-sare orokorrera konektatu ezin denean, erreserbako deposituak, gutxienez, honakoa izan behar du:  $2.000 \times 60/1000 = 120 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 \text{ h} = 240 \text{ m}^3$ .

#### 6.4.3. Eraztunaren diametroa

Kalkulua egiteko, beharrezko emaria eta gomendaturiko abiadura hartzen dira abiapuntutzat. Adierazitakoa izango da emaria,  $120 \text{ m}^3/\text{ordukoa}$ , eta abiadurarako  $2 \text{ m/s}$ -koa balioa hartuko da.

Hodiaren sekzioa:

$$\text{Sekz} = Q/V = (120 / 3600)/2 = 0,033/2 = 0.0166 \text{ m}^2.$$

Hodiaren diametroa:

$\text{Diam} = \sqrt{(4 \cdot \text{Sekz}/\pi)} = 0.145 \text{ m}$ ; hortaz, sarearen kolektore orokorraren diametrotzat hartzen da,  $150 \text{ mm}$ -koa.

#### 6.4.4. Presio taldearen presioen gaineko azterlana

Presio taldea zirkuituaren kargaren galera jasateko gai izango da multzotik urrunetik dagoen ur-paldeoan eta altuera geometrikoan, eta 7 bar utzi behar dira lantzan.

### 6.5. Gasen bidezko itzaltze sistema automatikoa

Erabilitako gasa CO<sub>2</sub> bada, NFPA 502 arauarekin bat etorriz egin behar da azterlana; bestela, araudiaren edo fabrikatzailearen arabera egin beharko da.

## 7. INSTALAZIOAK ABIARAZTEA

### 7.1. Orokortasunak

Atal honen xedea suaren kontrako babes sistema osoan egin beharreko probak definitzea da.

Instalazioek proiektuan ezarritako diseinu baldintzak eta irizpideak betetzen direla egiaztatzea da xedea.

### 7.2. Probarako prozedurak

Kontratistak probetarako prozedurak sortuko ditu; Obrako Zuzendaritzak onetsi behar ditu aurretik prozedura horiek.

### 7.3. Probak gauzatzeko tresnak

Kontratistaren aparatuekin egingo dira neurketa guztiak; izan ere, aparatu horiek aurretik erkatu behar dira eta horien ziurtagiria Obrako Zuzendaritzari eman behar zaio horiek erabiltzeko onepena eman dezan. Inola ere ez dira erabiliko instalazioko aparatu finkoak; halaber, neurketak erabil daitezke erkaketa egiteko.

### 7.4. Egin beharreko probak

Bi proba-mota egongo dira, bata landako osagaiei dagokiena eta bestea sistema osoaren funtzionaltasunari dagokiena.

## 6. ESTUDIOS Y DIMENSIONAMIENTO

### 6.1. Sistema de detección

La cantidad, distribución y tipo de detector estará de acuerdo a los criterios de diseño expuestos.

### 6.2. Sistema de extintores portátiles

La cantidad, distribución y tipo de detector estará de acuerdo a los criterios de diseño expuestos.

### 6.3. Sistema de bocas de incendios (BIE'S)

La cantidad, distribución y tipo de detector estará de acuerdo a los criterios de diseño expuestos.

### 6.4. Sistema de red de hidrantes

#### 6.4.1. Caudal necesario

Se considerará que el tipo de riesgo será «Alto», y por tanto el caudal solicitado será de  $2.000 \text{ l/min}$ , y un tiempo de autonomía de 2 horas.

#### 6.4.2. Depósito de reserva

En el caso de que la red de hidrantes no pueda conectarse a la red general de abastecimiento, se deberá disponer de un depósito como mínimo, de  $2.000 \times 60/1000 = 120 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 \text{ h} = 240 \text{ m}^3$ .

#### 6.4.3. Diámetro del anillo

Para el cálculo se parte del caudal necesario y de la velocidad aconsejada. El caudal será el indicado, de  $120 \text{ m}^3/\text{h}$  y, para la velocidad se tomará el valor de  $2 \text{ m/s}$ .

Sección de la tubería:

$$\text{Secc} = Q/V = (120 / 3600)/2 = 0,033/2 = 0.0166 \text{ m}^2.$$

Diámetro de la tubería:

$\text{Diam} = \sqrt{(4 \cdot \text{Secc}/\pi)} = 0.145 \text{ m}$ , por tanto, se toma como diámetro del colector general de la red,  $150 \text{ mm}$ .

#### 6.4.4. Estudio de las presiones del grupo de presión

El grupo de presión será capaz de soportar la pérdida de carga del circuito para el hidrante más alejado del grupo, la altura geométrica y dejar disponible en la lanza 7 bar.

### 6.5. Sistema automático de extinción por gases

Si el gas utilizado es CO<sub>2</sub> el estudio estará de acuerdo con la NFPA 502, en otros casos se efectuará de acuerdo a la normativa correspondiente o a las normas del fabricante.

## 7. PUESTA EN MARCHA DE LAS INSTALACIONES

### 7.1. Generalidades

El presente apartado tiene por objeto definir las pruebas que deberán realizarse en el conjunto del Sistema de Protección Contra Incendios.

El objetivo de las pruebas es comprobar que las instalaciones cumplen con los Requisitos y Criterios de Diseño establecidos en el proyecto.

### 7.2. Procedimientos de prueba

El contratista generará los procedimientos de pruebas, los cuales deberán haber sido aprobados por la D.O.

### 7.3. Instrumentación de pruebas

Todas las mediciones se realizarán con aparatos pertenecientes al contratista, los cuales deberán haber sido previamente contrastados y su certificación deberá ser entregada a la D. O. para la aprobación de su utilización. En ningún caso podrán utilizarse para la prueba los aparatos fijos pertenecientes a la instalación, sirviendo asimismo las mediciones para el contraste de éstos.

### 7.4. Pruebas a realizar

Existirán dos tipos de pruebas, de componentes en campo y de funcionalidad del conjunto del sistema.

**7.4.1. Osagaien probak eta helburuak landa-lanean**

Behar bezala jarritako osagaia egiaztatuko da proba horietan, baina horiek gainerako osagaiekin muntatzeak izan ditzakeen ondorioak kontuan izan barik, adibidez hodian proba hidrostatiakoak, presio taldeak, sumagailu guztien funtzionamendua, SUS, etab.

Honako hauek izango dituzte landako probak:

- 1) Muntaturiko elementuen hasierako begizko ikuskapena.
- 2) Osagai mekanikoen eta elektrikoaren probak.

**7.4.1.1. Muntaturiko elementuen begizko ikuskapena**

Elementu mekanikoak, elektrikoak edo tresnak behar bezala muntatzen direla egiaztatzea, planoen kokapenaren eta abarren arabera.

**7.4.1.1.1. Osagai mekanikoen eta elektrikoaren probak****PRESIO TALDEA**

Parametro elektrikoak:

- Bonbetako motore elektrikoaren parametro elektrikoak egiaztatzea neurketak eginez eta fabrikatzailearen eta diseinuaren datuekin alderatzea, baita gainerako osagaiekin ere.

Bonben kurba tipikoak:

- Horien guztien emaria-presioa kurba egiaztatzea neurketak eginez eta fabrikatzailearen eta diseinuaren datuekin alderatzea:
  - Emaria eta presioa neurtzea.
  - Lorturiko funtzionamendu-puntua eta bonben balio teorikoa alderatzea.
  - Minutuko birak neurtzea.

Diesel bonbaren probak:

- Fabrikatzaileak adierazitako parametroak egiaztatzea.

Dardarak:

- Dardarak egiaztatzea.

**HODITERIA**

Garbiketa:

- Barruko aldea eta kanpoko aldea garbituko dira muntaketa amaitutakoan. Barruko garbiketa presiora dagoen urarekin edo airearekin egin daiteke nagusiki. Beharrezkoa bada, substantzia kaltegarriak kentzeko edo disolbatzeko metodo kimikoa erabiliko da.

Proba hidrostatiakoak:

- Presiora lan egiten duten hodi, ekipo eta material guztiei proba hidrostatiakoak egin behar zaizkie UNE 100 151 arauaren arabera.
- Ikusten diren ihes guztiak kendu egingo dira presioan dau den bitartean, ahal dela.
- Kontratistak akatsak dituen hodi guztiak edo osagarri guztiak kendu eta aldatu beharko ditu eta probak errepikatu beharko ditu emaitza onak izan arte.

Pintura-probak aireko tartetan:

- Geruza-lodieraren eta itsaspenaren probak egingo dira DIN 53 151 eta INTA 16 02 99 araudien arabera, eta gutxienez «2» sailkapena lortu behar da, hots, burdinsare-itxiaren bidezko ebaketa-aparatuarekin proba egin ondoren, «pelikula-galera txikiak ikusiko dira elkarguneen artean eta ebaketetan. Ukituriko eremua %5 eta %15 bitartekoa izango da».

Balbulak:

- Balbulak jatorrizko ziurtagiriarekin iristen direla eta horien ezaugarriek proiektuan zehazturiko baldintzak betetzen dituztela egiaztatuko da. Balbulak muntatu ondoren, irisgarritasuna eta jarduteko erraztasuna egiaztatuko dira.

**ITZALGAILU ERAMANGARRIAK**

Horiek guztiek kokapena, muntaketaren altuera eta proiektuan eskatzen diren baldintzak betetzen direla egiaztatuko da.

**7.4.1. Pruebas de componentes y objetivos, en campo**

En ellas, se probará el componente como tal debidamente instalado, pero sin tener en cuenta las implicaciones que su montaje con el resto de componentes pueda tener, por ejemplo, pruebas hidrostáticas de las tuberías, grupo de presión, funcionamiento de todos los detectores, Bies, etc.

Las pruebas en campo constarán de:

- 1) Inspección inicial visual de los elementos montados.
- 2) Pruebas de componentes mecánicos y eléctricos.

**7.4.1.1. Inspección inicial visual de los elementos montados**

Verificar el correcto montaje de los distintos elementos mecánicos, eléctricos o instrumentos, de acuerdo a situación en planos, etc.

**7.4.1.1.1. Pruebas de componentes mecánicos y eléctricos****GRUPO DE PRESIÓN**

Parámetros eléctricos:

- Verificación de los parámetros eléctricos de los motores eléctricos de las bombas mediante mediciones, y comparación con los datos de fabricante y diseño, así como del resto de componentes.

Curvas características de las bombas:

- Verificación de la curva caudal-presión de cada una de ellas mediante mediciones, y comparación con los datos de fabricante y diseño:
  - Medición del caudal y presión.
  - Comparación del punto de funcionamiento obtenido, con el valor teórico de las bombas.
  - Medición de las r.p.m.

Pruebas de la bomba Diesel:

- Verificación de los parámetros indicados por el fabricante.

Vibraciones:

- Verificación de vibraciones.

**RED DE TUBERÍAS**

Limpieza:

- Se procederá a realizar la limpieza exterior e interior una vez terminado en montaje. La limpieza interior podrá realizarse bien con aire o agua a presión principalmente. Si fuese necesario se empleará un método químico para eliminar o disolver sustancias extrañas.

Pruebas Hidrostáticas:

- Todas las tuberías, equipos y materiales que trabajen a presión deberán ser sometidos a pruebas hidrostáticas de acuerdo a UNE 100151.
- Todas las fugas visibles serán eliminadas mientras se esté a presión si ello es posible.
- Cualquier tubería o accesorio con defectos, deberá ser eliminado y sustituido por el contratista y repetir las pruebas hasta que éstas sean satisfactorias.

Pruebas de pintura en los tramos aéreos:

- Se realizarán pruebas de espesor de capa y su adherencia de acuerdo a la normativa DIN 53 151 e INTA 16 02 99, debiendo conseguirse como mínimo una clasificación «2», es decir, que tras la prueba con el aparato de corte por enrejado, se observarán ligeras pérdidas de película localizadas en las intersecciones y a lo largo de los cortes. El área afectada estará comprendida entre el 5 y el 15%.

Válvulas:

- Se comprobará que las válvulas llegan a obra con el correspondiente certificado de origen y que sus características cumplen los requisitos especificados en proyecto. Una vez montada se comprobará la facilidad de acceso y actuación.

**EXTINTORES PORTÁTILES**

Se comprobará su situación, altura de montaje y cumplimiento de condiciones exigidas en el proyecto.

#### 7.4.2. Sistema osoaren funtzionaltasunaren probak eta helburuak

Sistema osoaren funtzionaltasuna egiaztatu beharko da. Instalazioaren funtzionamendu normalera ahalik eta gehien hurbiltzeko simulazioa egingo da puntu honetan.

Detektatzeko eta itzaltzeko sistemen probak egingo dira, ustiapenaren eskuliburuaren ezarritako moduetan.

#### 7.5. Probaren jarraibideak

##### 7.5.1. Presio taldea

Ondoren azalduko diren puntuak egin ondoren, harturiko neurriekin abiarazi beharko dira formatu egokian.

##### 7.5.1.1. Ezarpena

- Proiektuaren araberrako ezarpenaren egoera berrikustea.

##### 7.5.1.2. Ekipoaren begizko ikuskapena

- Ainguraketa sistema, zigilatze sistema, konexio elektrikoak, kolperik eza, etab. egiaztatzea.
- Ezaugarrien plaka egiaztatzea. Plaka hori behar bezala jarrita dagoela eta irakurtzeko modukoa dela egiaztatzea, baita proiektuko datuekin bat datorrela ere.

##### 7.5.1.3. Sistema elektrikoa egiaztatzea

Zehaztapenik gabeko aginte-tokia, konexioak, kableen markak, garbiketa, lanperen seinale egokiak, etengailu nagusiaren zirkuitu laburraren intentsitatea, etab. egiaztatzea.

Osagaien tara egiaztatzea hala nola osagai magnetotermikoa, aginte-tokiko seinale eta ekipoaren funtzionamendua bat etortzea, bonek biraketa egokia, etab.

Instalazio elektriko osoa neurketa eta eragiketa hauen bidez frogatu beharko da:

- Motoreak eta gainerako ekipo elektrikoak eta elektronikoak konektatu ondoren, lurrerako isolamenduaren erresistentzia eta eroaleen arteko erresistentzia neurtuko da, zirkuitu bakoitzean zein elikatzaile bakoitzean; gutxienez 750.000 ohmioko balioa lortu behar da.
- Motoreak eta gainerako ekipoak konektatu ondoren, berriz ere neurtuko da modu berean isolamenduaren erresistentzia, eta gutxienez 250.000 ohmioko balioa eman behar zaie.
- Osagai guztien identifikazioa egiaztatu beharko da eta zirkuituen seinaleak egiaztatu beharko dira.
- Elikadura tentsio orokorrak eta partzialak, intentsitate nominallean edo maximoan.
- Aginte-toki orokorreko maiztasuna.
- Aginte-tokiko lur orokorra eta makinetako partzialak.
- Diferentzialen proba.
- Magnetotermikoen proba.
- Motor-gordelekuen proba eta kalibraketa.
- Termikoen proba eta kalibraketa.
- Arrankatzeko gailuen proba eta kalibraketa.
- Katigamenduak egiaztatzea.

##### 7.5.1.4. Bonbetako motoreen parametro elektrikoak egiaztatzea

Arranketaren intentsitatea, nominala, tentsioa, etab. neurtzea.

##### 7.5.1.5. Emaria eta bonben minutuko birak egiaztatzea

Probatu beharreko hiru bonben kurbak izan beharko dira. Intentsitateen datuak izanda eta emaria eta minutuko birak neurtuta, proiektuan eskaturikoarekin alderatuko da.

#### 7.4.2. Pruebas de funcionalidad y objetivos, del conjunto del sistema

En ellas, se observarán la funcionalidad del conjunto del Sistema. Tratará de simularse en este punto, dentro de lo que se pueda, las condiciones más próximas al funcionamiento normal de la instalación.

Se realizarán pruebas del Sistema de Detección y del de Extinción en las distintas formas previstas en el Manual de Explotación

#### 7.5. Instrucciones de Prueba

##### 7.5.1. Grupo de presión

Los puntos que a continuación se exponen deberán, una vez realizados, implementarse con las mediciones tomadas, en el formato correspondiente.

##### 7.5.1.1. Implantación

- Revisar situación de la implantación de acuerdo al proyecto.

##### 7.5.1.2. Inspección visual del equipo

- Revisar el sistema de anclaje, sellado, conexión eléctrica, ausencia de golpes, etc.
- Verificación de la placa de características. Comprobar que dicha placa se encuentra perfectamente colocada y legible, y que se corresponde con los datos de proyecto.

##### 7.5.1.3. Verificación del sistema eléctrico

Revisar apartamento de cuadro s/especificación, conexiones, marcado de cableado, limpieza, señalización correcta de lámparas, intensidad de cortocircuito del interruptor principal, etc.

Verificación del tarado de los correspondientes componentes como magnetotérmico, correspondencia entre la señalización en cuadro y funcionamiento real del equipo, giro correcto de las bombas, etc.

Toda la instalación eléctrica será probada mediante las siguientes medidas y operaciones:

- Antes de conectar los motores y demás equipos eléctricos y electrónicos se medirá la resistencia del aislamiento a tierra y entre conductores, haciéndose tanto de cada circuito como para cada alimentador, y debiéndose obtener un valor no inferior a 750.000 ohmios.
- Una vez conectados los motores y demás equipos se volverá a medir la resistencia del aislamiento en la misma forma, debiendo dar un valor no inferior a 250.000 ohmios.
- Deberá comprobarse la identificación de todos los componentes y comprobar la señalización de los circuitos.
- Tensiones de alimentación generales y parciales, a intensidad nominal o máxima.
- Frecuencia en cuadro general.
- Tierras generales de cuadro y parciales de máquinas.
- Prueba de diferenciales.
- Prueba de magnetotérmicos.
- Calibrado y prueba de guardamotores.
- Calibrado y prueba de térmicos.
- Calibrado y prueba de arrancadores.
- Verificación de enclavamientos.

##### 7.5.1.4.. Verificación de los parámetros eléctricos de los motores de las bombas

Efectuar mediciones correspondientes a intensidad de arranque y nominal, tensión etc.

##### 7.5.1.5. Verificación del caudal y r.p.m. de las bombas

Se deberá disponer de las curvas de las tres bombas a probar. Con los datos de intensidades, y caudal y r.p.m. medidos, se comparará con el solicitado en el proyecto.

**7.5.1.6. Bonben dardarak egiaztatzea**

Bonba bakoitzerako karkasako dardarak neurtuko dira.

**7.5.1.7. Taldearen funtzionaltasunaren proba**

Presio talde osoaren funtzionaltasuna egiaztatuko da:

- Tokian tokiko arrankatzea edota gelditzea tokiko seinalez-tapenarekin eta bomba guztien kontrolleko zentroan.
- Jockey bomba arrankatzea edota gelditzea eraztunaren presioaren arabera.
- Gainerako bonbak arrankatzea presioaren galeraren arabera.
- Kontrolleko zentroko alarma egiaztatzea, eraztunaren presiorik ez dagoela-eta.

**7.5.2. Detekzio-sistema**

Kontuan izan beharko diren zenbait puntu nabarmentzen dira:

- Espainiako UNE 23007 arauan adierazitako entsegu metodoak eta eskakizunak bete behar ditu kontrol eta seinalez-tapen sistemak.

**7.5.2.1. Hasierako egiaztapenak**

- Detekzio-begizta, pultsadore eta alarma guztiak konektaturik eta pausagunean daudela egiaztatzea.
- Instalazioak pausagunean eta alarman duen kontsumoa neuritzea, fabrikatzaileak adierazitako denboretan funtziona dezan instalazioak.
- Matxura-simulazioak seinaleen irteera-sarreretan eta gain-begiraturiko zirkuituetan.

**7.5.2.2. Egiaztapenak**

- Begizta bakoitzeko sumagailuen %100 aktibatzea, eta alarmetan sumagailuaren egoera behar bezala erregistratzen eta adierazten dela egiaztatzea, baita alarma akustikoen funtzionamendua ere.
- Suen kontrako alarmen pultsadoreak aktibatzea eta modu bereko egiaztapena.
- Sumagailuen kopuru handi baten matxura-proba. Sumagailu-mota aldatzen bada, matxura izateko baldintza badagoela ulertzen da.
- Katigamenduak aireztapen sistemarekin egiaztatzea sua dagoenean.
- Sua itzaltzeko sistema automatikoen jarduera egiaztatzea
- Detektaturiko suaren inguruko bideo-kamerak abiarazi izana egiaztatzea.
- SOS postuko armairu bat irekitzearen alarma egiaztatzea
- Ebakuazio galeria bateko atea irekitzearen alarma egiaztatzea.

**7.5.3. SUS eta Ur-paldoak**

Kontuan izan beharreko zenbait puntu nabarmentzen dira:

- Tutu malgua erraz hedatzea.
- Lantzaren hiru ondorioak egiaztatzea.
- Lorturiko zorrotaren gutxieneko luzera egiaztatzea.

**8. INSTALAZIOAK JASOTZEA**

Lehenago, edo behin-behineko jasotzeko ekitaldiak iraun bitartean, honako agiri hauek emango dizkio kontratistak Bizkaiko Foru Aldundiari:

- Proben emaitzak.

**7.5.1.6. Verificación de vibraciones de las bombas**

Se medirán las vibraciones en la carcasa de cada una de las bombas.

**7.5.1.7. Prueba de Funcionalidad del Grupo**

Se comprobará la funcionalidad del conjunto del grupo de presión:

- Arranque/parada de forma local con su señalización local y en el Centro de Control de cada una de las bombas.
- Arranque / parada de la bomba jockey función de la presión del anillo.
- Arranque del resto de bombas en función de la caída de presión.
- Verificación de la alarma en Centro de Control por falta de presión en el anillo.

**7.5.2. Sistema de Detección**

Se destacan algunos de los puntos que deberán ser tenidos en cuenta:

- El sistema de control y señalización debe cumplir con los requisitos y métodos de ensayo indicados en la norma española UNE 23007.

**7.5.2.1. Verificaciones iniciales**

- Comprobación de que todos los bucles de detección, pulsadores, alarmas, están conectadas y en reposo.
- Medida del consumo de la instalación en reposo y en alarma para que la instalación funcione con sus baterías los tiempos indicados por el fabricante.
- Simulaciones de avería en entradas y salidas de las señales y en circuitos supervisados.

**7.5.2.2. Comprobaciones**

- Activación del 100% de los detectores de cada bucle, comprobando que las alarmas registran e indican adecuadamente la situación del detector, así como el funcionamiento de las alarmas acústicas.
- Activación de los pulsadores de alarma de incendio y comprobación de igual forma.
- Prueba de avería de un número representativo de detectores. Se considera que si se cambia el tipo de detectores, hay condición de avería.
- Verificación de los enclavamientos con el Sistema de Ventilación en caso de incendio.
- Verificación de la actuación automática de los sistemas automáticos de extinción.
- Verificación de la puesta en actuación de las cámaras de video próximas al incendio detectado.
- Verificación de la alarma por apertura de un armario de puesto SOS y extracción de un extintor.
- Verificación de la alarma por apertura de una puerta de una galería de evacuación.

**7.5.3. BIES e Hidrantes**

Se destacan algunos de los puntos que deberán ser tenidos en cuenta:

- Fácil desenrollamiento de la manguera.
- Comprobación de los tres efectos de la lanza.
- Comprobación de la longitud mínima del chorro alcanzado.

**8. RECEPCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

Con anterioridad, o durante el acto de recepción provisional, el contratista entregará a DFB, los siguientes documentos:

- Resultados de las pruebas.

Eginiko proben emaitzak «behin-behingo jasotako proben protokoloa» izeneko dokumentuan bilduko dira.

— Eragiketen eta mantentzearen eskuliburuak.

Behar bezala koadernaturiko eskuliburu horietan zehazki adieraziko dira instalazioa mantentzeko eta eragiketak burutzeko prozedurak.

Agiri horiez gain, fabrikatzaile nagusiengandik lorturiko informazio inprimatua ere gehituko da, ekipoen zerrendekin eta beste datu garrantzitsu batzuekin batera; hala, ziurtatu egingo da informazio osoa emango dela.

— Burutzapen-proiektua

Instalazioaren deskribapenarekin batera, erabilitako unitate eta ekipu guztiak zerrendatuko dira burutzapen-proiektuan; marka, ezaguriak eta fabrikatzailea adieraziko dira, baita buruturiko lanen behin betiko «as built» planoak eta gutxienez printzipio-eskema bat, kontrol eta segurtasuneko eskema eta eskema elektrikoak ere.

— «As built» planoak.

Muntaketaren amaieran, plano osagarriak egin beharko ditu KONTRATISTAK, jarritakoari buruzko planoak ikusteko beharrezkoak direnak Obrazko Zuzendaritzaren iritziz («as built»), eta bilduma osoa aurkeztu beharko du euskarri informatikoan.

— Bisak eta ziurtagiriak.

Industri Ordezkaritzak aurkezturiko instalazioen bisen eta ziurtagirien kopia.

### 8.1. Behin-behineko jasotzea

Proba guztiak emaitza onekin burututa, martxan jarriko dira instalazioak.

Instalazioan gorabeherarik izan barik adostutako funtzionamendu-epealdia igaro ondoren, behin-behineko jasotze-ekitaldia egingo da.

### 8.2. Jasotze-akta

Aurkezturiko dokumentazioaren aurrean, Obrako Zuzendaritzak jasotze-akta egingo du, eta bertan agerraraziko dira kontratistak eta jabeak adostasuna azaltzeko sinadurak. Obrazko Zuzendaritzari dagokio aktarekin batera burutzeke dauden puntuen zerrenda ematea; izan ere, horien eragina txikia izanda, obra jasotzeko modua izango da. Argi gelditzen da, beraz, kontratistak zuzenketak egingo dituela lehenbailehen.

Obrako Zuzendaritzako lanak behin-behingo jasotzen dituenetik aurrera kontabilizatuko dira ezarritako berme-aldiak, bai elementuenak, bai muntaketa egiteko lanenak. Epealdi horretan kontratistak nahitaez konpondu, birjarri edo aldatu behar ditu akats edo anomalia guztiak (erabilerak edo mantentze lanek eragindakoak izan ezik), eta horren gaineko jakinarazpenak burutuko dituzte, betiere jabearentzat inolako kosturik eragin barik; gainera, jabeak egingo du programazioak tunelaren erabilera eta ustiapen uki ez ditzan.

### 8.3. Berme-aldia

Kontratistak agiri idatzia bidaliko dio Obrako Zuzendaritzari, instalazio osagaiak konpontzeko edo aldatzeko doako estalduraren epealdi adierazita instalazioak behar bezala ez dabilenerako. Berme-aldi hori ez da ekipoen fabrikatzaileena baino laburragoa izango, ezta urtebetekoa baino laburragoa ere instalazio osorako.

Banaka berrituko da bermea epealdi horretan aldatutako eki-poetan eta osagaietan.

### 8.4. Behin betiko onarpena

Bermearen kontratuko epea igaro ondoren, horren funtzionamenduan matxurarik edo akatsik egon ezik edo horiek behar bezala konpondu badira (akatsak berriz gertatu arren hutsunerik edo biziorik izan gabe) eta Obrako Zuzendaritzak ezarritako kontrako idazkirik ez badago, behin betikotzat hartuko da behin-behineko jasotzea.

El resultado de las diferentes pruebas realizadas se reunirá en un documento denominado «protocolo de pruebas en recepción provisional»

— Manuales de Operaciones y Mantenimiento.

Estos manuales perfectamente encuadrados, serán documentos que indiquen detalladamente los procedimientos para la operación y mantenimiento de la instalación.

Aparte de estos documentos, se incluirá también información impresa obtenida de los fabricantes principales, junto con listas de equipos y otros datos importantes, de forma que quede asegurada una información completa.

— Proyecto de ejecución.

En él, junto a una descripción de la instalación, se relacionarán todas las unidades y equipos empleados, indicando marca, modelos, características y fabricante, así como planos «as built» definitivos de lo ejecutado y como mínimo un esquema de principio, esquema de control y seguridad, y esquemas eléctricos.

— Planos «as built».

Al finalizar el montaje el CONTRATISTA deberá realizar los planos adicionales, necesarios a juicio de la Dirección de Obra para completar los planos de lo instalado («as built») debiendo entregar una colección de conjunto en soporte informático.

— Visados y certificados.

Copia de los visados y certificados de la instalación presentados ante la Delegación de Industria correspondiente.

### 8.1. Recepción Provisional

Una vez realizadas, con resultados satisfactorios, todas las pruebas, se procederá a la Puesta en Marcha de la Instalación.

Tras un periodo de funcionamiento acordado de la instalación sin incidentes, se realizará el acto de la Recepción Provisional.

### 8.2. Acta de Recepción

Ante la documentación presentada, la Dirección de Obra emitirá el acta de recepción correspondiente con las firmas de conformidad correspondientes del contratista y de la propiedad. Es facultad de la D. O. adjuntar con el acta, relación de puntos pendientes, cuya menor incidencia permitan la recepción de la obra, quedando claro el compromiso por parte del contratista de su corrección, en el menor plazo.

Desde el momento en que la Dirección de Obra acepte la recepción provisional se contabilizarán los periodos de garantía establecidos, tanto de los elementos como de su montaje. Durante este período es obligación del contratista, la reparación, reposición o modificación de cualquier defecto o anomalía, (salvo los originados por uso o mantenimiento) advertido, todo ello sin ningún coste a la propiedad y programado según ésta para que no afecte al uso y explotación del túnel.

### 8.3. Período de Garantía

El contratista entregará a la Dirección de Obra un documento escrito indicando el período de cobertura gratuita para la reparación o sustitución de los diferentes componentes de la instalación, en caso de malfunción. Esta garantía no será inferior a la de los Fabricantes de los equipos ni a un año para toda la instalación.

La garantía será renovada de forma individualizada para los equipos y componentes sustituidos durante dicho período.

### 8.4. Aceptación Definitiva

Transcurrido el plazo contractual de Garantía, en ausencia de averías o defectos de funcionamiento del mismo, o habiendo sido estos convenientemente subsanados (sin que su repetición indique defecto o vicio) y salvo escrito en contra interpuesto por la Dirección de Obra, la recepción provisional adquirirá carácter de aceptación definitiva.

## 9. MANTENTZEA

Tunelaren kudeatzailea izango da ezarritako instalazioak mantentzeko arduraduna.

Abiapuntu gisa, kontuan izango du Suaren Kontrako Babeseko Instalazioen Araudia. Horretarako, «2. ataleko» mantentzaileei eta «Suaren Kontrako Babeseko Instalazioen gutxieneko mantentzea» iriburuzko 2. eranskina izango ditu kontuan 3 hilabete, 6 hilabete, urtebete eta 5 urteko epealdiei dagokienez.

Hala ere, ustiapenaren eskuliburuan beren beregi aipatu beharko da puntu hori, eta behar bezala garatu beharko da, fabrikatzailearen gomendioen eta arautegi aplikagarriaren arabera.

### DISEINU SEGURURAKO JARRAIBIDE TEKNIKOAK TUNELETAKO

(VI) SEGURTASUN, ZAINTZA ETA KONTROLEKO SISTEMAK

#### 1. XEDEA

Jarraibide Tekniko honen xedea Bizkaiko Foru Aldundiaren eremu geografikokoak diren tunelen ustiapenean, zerbitzuan jartzean, eraikuntzan, proiektuan eta plangintzan segurtasun, zaintza eta kontrolatzeko instalazioak betetzeko xedapen eta zehaztapen teknikoak betetzea da.

Bizkaiko Foru Aldundiak ezarritako helburuak betetzea da dokumentu honen xedea.

- Tuneletako plangintza-egileari, proiektu-egileari, eraikitzaileari edo ustiatazaileari lagungarri izango zaien gida bat eman nahi da, nork bere etapen segurtasunaren eskakizunei buruzko diseinuaren, eraikuntzaren eta ustiapenaren gaineko jarraibide teknikoak izan dezaten; hala, horien jarraibidearen edukia landu ahal izango dute.
- Herri administrazioaren eskakizunak teknikoki zehaztea, eskatzekoa den lege markoaren eginkizuna bete dezaten.
- Errepideetako tunelen ustiapenean zerbitzu-maila altuari eustea, tunelen barruan dauden pertsonen segurtasuna eta ongizatea hobetuz, baita tunelen kudeaketa ekonomikoa hobetzen laguntzea ere.

#### 2. NORAINOKOA

Jarraibide tekniko hau zerbitzuan dauden tunelei eta, oraindik ustiatu ez arren, zerbitzuan jartzeko fasean, eraikitzeko fasean, proiektuko fasean edo planeamenduko fasean dauden Bizkaiko Lurralde Historikoko errepide-sareko tunelei aplikatuko zaie, Bizkaiko Errepideei buruzko otsailaren 18ko 2/1993 Foru Arauan ezarritakoaren arabera, eta kontuan hartuta errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 2. artikuluan ezarritako tunel definizioa.

Jarraibide teknikoak nahitaez bete beharreko segurtasun-baldintzak zehaztu ditu.

Jarraibide hau argitaratzeko unean zerbitzuan edo eraikitzeko fasean dauden tunelen kasuan, praktikan betearazi ezin diren soluzio teknikoak erabili behar badira (jarraibidean adierazitako baldintza batzuk betetzeko) edo horien kostua neurritzat kanpokoak izanez gero, Administrazio Agintaritzak arriskua murrizteko beste neurri batzuk aplikatzeko baimena eman dezake, baldin eta arriskua murrizteko neurriko segurtasun maila berbera edo handiagoa sortzen badute. Tunelaren kudeatzaileak, neurri horiek proposatzen dituenak, neurrien eraginkortasuna justifikatu beharko du, arriskuaren azterketa eginez.

Txosten hau Ikuskapen Erakundeak auditatuko du; Segurtasun Irizpena bidaliko dio Administrazio Agintaritzari, eta aldeko balorazioa ezinbestekoa izango da Administrazio Agintaritzaren baimena lortzeko.

Tunelaren kudeatzaileak, zuzenean edo kontratista edo ustiapenaren duen enpresaren bidez (kudeatzaile ordezkariak), errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 5. artikulua betetzen dela bermatzeko beharrezko giza baliabideak eta baliabide materialak jarriko ditu, eta bereziki, ikuskapen organoaren ikuskapenetan, probetan, entseguetan, ikuskapen-

## 9. MANTENIMIENTO

El gestor del túnel será responsable del mantenimiento de las instalaciones implantadas.

Como base de partida, tendrá en cuenta el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI). Para ello, tendrá en cuenta el apartado referente a los Mantenedores «Sección 2», y el Apéndice 2, referente al «Mantenimiento Mínimo de las Instalaciones de Protección Contra Incendios», en cuanto a los periodos de 3 meses, 6 meses, 1 año y 5 años.

No obstante, el Manual de Explotación deberá hacer mención expresa a este punto, debiendo ser debidamente desarrollado, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y la normativa aplicable.

### INSTRUCCIONES TÉCNICAS PARA DISEÑO SEGURO DE TÚNELES

(VI) SISTEMAS DE SEGURIDAD, VIGILANCIA Y CONTROL

#### 1. OBJETO

La presente Instrucción Técnica tiene por objeto definir las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones de seguridad, vigilancia y control en los túneles en servicio, en puesta de servicio, construcción, proyecto y planeamiento pertenecientes al ámbito geográfico de la Diputación Foral de Bizkaia.

Este documento persigue los siguientes objetivos establecidos por la Diputación Foral de Bizkaia, a saber:

- Disponer de una guía que sirva de ayuda al planificador, proyectista, constructor o explotador de túneles en carretera para que, cada uno en las etapas de su incumbencia, tenga una instrucción técnica clara de diseño, construcción y explotación sobre los requerimientos de seguridad que le permita desarrollar sus cometidos.
- Concretar técnicamente las exigencias de la Administración Pública, de forma que sirvan de marco legal exigible.
- Mantener un elevado nivel de servicio en la explotación de túneles viarios, incrementando la seguridad y bienestar de las personas en su interior, así como contribuir a la mejor gestión económica de los túneles.

#### 2. ALCANCE

La presente Instrucción técnica se aplicará a los túneles en servicio y a los túneles que aún no estando en explotación, se encuentran en fase de puesta en servicio, en fase de construcción, en fase de proyecto o en fase de planeamiento, de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según Norma Foral 2/1993, del 18 de febrero de Carreteras de Bizkaia y según la definición de túnel establecida en el artículo 2 del Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

La Instrucción técnica define los requisitos de seguridad que serán de obligado cumplimiento.

Para túneles en servicio o en construcción en el momento de publicación de la presente Instrucción, en el caso de que determinados requisitos indicados en la instrucción solo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas de imposible ejecución en la práctica o que tengan un coste desproporcionado, la Autoridad Administrativa podrá autorizar que se apliquen otras medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando estas medidas de reducción del riesgo den lugar a un nivel equivalente o mayor de seguridad. El Gestor del Túnel, proponente de estas medidas, deberá justificar la eficacia de las mismas mediante un Análisis de riesgo.

Este informe será auditado por el Organismo de Inspección, quien remitirá a la Autoridad Administrativa un Dictamen de Seguridad, cuya valoración favorable será necesaria para obtener la autorización de la Autoridad Administrativa.

El gestor del Túnel, directamente o a través del contratista o empresa explotadora (gestores delegados), deberá poner los recursos materiales y humanos necesarios para garantizar el cumplimiento del DFST (DF 135/2006, de 23 de agosto, artículo 5), y particularmente en la ejecución de las inspecciones del Organismo de Inspección, pruebas, ensayos, tareas de inspección, supervisión

gainbegiratze- eta ebaluazio-zereginetan, jardute-protokoloen simulakro edo simulazioetan, bai eta lanetan segurtasunerako baldintzak bermatzeko ere (adibidez: erraiak ixtea, seinaleak jartzea).

### 3. KODEAK, ARAUAK ETA ARAUDIAK

Jarraian, dokumentu honetan aplikatu beharreko eta aipaturiko arauak eta araudiak emango ditugu:

- Europako Parlamentuaren eta Kontseiluaren 2004/C 95 E/05 Zuzentaraua, errepideen Europaz gairako sareko tuneletarako segurtasunaren gutxieneko eskakizunei buruzkoa.
- 2004/54/EE Zuzentzarauko akats-zuzenketa.
- Maiatzaren 26ko 635/2006 Errege Dekretua, Estatuko errepideetako tunelen gutxieneko segurtasun-baldintzei buruzkoa.
- Azaroaren 5eko 1942/1993 Errege Dekretuko akats-zuzenketa; horren bidez, Suen kontrako Babes Instalazioen Araudia onetsi da. 1994ko maiatzaren 7ko 109. zenbakiko «E.A.O.».
- Abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretua, errepideetako tunelen segurtasunari buruzkoa; Bizkaiko Foru Aldundiko Gobernu Kontseiluak onetsi du, 2006ko abuztuaren 23an egindako bileran.
- Errepideen 8.1-IC jarraibidea. Seinaleztapen bertikala.
- Errepideen 8.2-IC jarraibidea. Bideko markak, 1989ko martia.
- 8.3-IC Jarraibidea, Obren seinaleztapena. Herriatik kanpoko obren seinaleak eta balizamendua jartzea, garbitzea eta bukatzea.
- DRIVE gomendioak.
- AIPCR gomendioa (kongresu guztiak).
- FIRETUN gomendioak.
- UNE 135314 Araua «Seinaleztapen bertikala. Altzairu galvanizatuzko profilak, seinaleak, kartelak eta panel direkzionalak eusteko zutoin gisa erabiliak. Euskarri mugikorak. Torlojuak. Entseguko metodoak eta ezaugarriak».
- EN 12966 Araua «Variable message signs».
- UNE 135411 araua «Bide seinaleztapenerako ekipamendua. Urrutiko estazioak».
- UNE 135421 araua «Bide seinaleztapenerako ekipamendua. Datuak hartzeko estazioak».
- UNE 135441 araua «Errepideetako bide ekipamendua. Errepideetako aldagai atmosferikoen sentsoreak».
- UNE 135701 arauak: «Bide seinaleztapenerako ekipamendua. Laguntzarako eta datuak transmititzeko sistemak S.O.S. zutoinen bidez».
- UNE-ENV 13563 «Trafikoa erregulatzeko ekipamendua. Ibilgailuen sumagailuk».
- UNE-EN 12352. «Trafikoa erregulatzeko ekipamendua. Arriskuaz ohartarazteko argizko dispositiboak eta balizatzea».
- UNE-EN 12368: «Trafikoa kontrolatzeko ekipoak. Semaforoko buruak».
- UNE-EN 50132 araua «Alarmarako sistemak. CCTV zaintza sistemak segurtasun aplikazioetan erabiltzeko».
- UNE 20324 araua «Inguratzaileek emandako babes-mailak (IP kodea)».
- UNE 20501 araua «Ekipo elektronikoak eta horien osagaiak. Funtsezko entsegu klimatikoak eta gogortasun mekanikorako entseguak».
- UNE 20427 «Kable elektrikoetarako entsegu metodo osagarriak. Sugarra zabaltzeko entseguak».
- UNE-EN 50200 arauak «Larrialdietako zirkuituetan erabili beharreko babesik gabeko kable txikien suaren kontrako erresistentziaren entsegu metodoa».
- UNE-EN 50362 arauak «Larrialdietako zirkuituetan erabili beharreko babesik gabeko eta diametro handiko kableen suaren kontrako erresistentziaren entsegu metodoa».

y evaluación así como la realización de simulacros o simulaciones de protocolos de actuación, y para garantizar las condiciones de seguridad en los trabajos (ej. Cortes de carril, señalización).

### 3. CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

A continuación se citan Normas y Reglamentos de referencia aplicables en este documento:

- Directiva 2004/C 95 E/05 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras.
- Corrección de errores de la Directiva 2004/54/CE.
- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- Corrección de errores del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios. «B.O.E.» número 109 del 7 de mayo de 1994.
- Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras, aprobado por el Consejo de Gobierno de la Diputación Foral de Bizkaia, en reunión de 23 de agosto de 2006.
- Instrucción de carreteras 8.1-IC. Señalización vertical.
- Instrucción de carreteras 8.2-IC. Marcas viales, marzo 1989.
- Instrucción 8.3-IC, Señalización de Obras. Señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas fuera de poblado, 1989.
- Recomendaciones DRIVE.
- Recomendaciones AIPCR (todos los congresos).
- Recomendaciones FIRETUN.
- Norma UNE 135314 «Señalización vertical. Perfiles de acero galvanizado empleados como postes de sustentación de señales, carteles laterales y paneles direccionales. Elementos móviles de sustentación. Tornillería. Características y métodos de ensayo».
- Norma EN 12966 «Variable message signs».
- Normas UNE 135411 «Equipamiento para la señalización vial. Estaciones remotas».
- Normas UNE 135421 «Equipamiento para la señalización vial. Estaciones de toma de datos».
- Normas UNE 135441 «Equipamiento vial para carreteras. Sensores de variables atmosféricas en carreteras».
- Normas UNE 135701: «Equipamiento para la señalización vial. Sistemas de ayuda y transmisión de datos mediante postes S. O. S.».
- UNE-ENV 13563 «Equipo de regulación de tráfico. Detectores de vehículos».
- UNE-EN 12352. «Equipamiento de regulación del tráfico. Dispositivos luminosos de advertencia de peligro y balizamiento».
- UNE-EN 12368: «Equipos de control de tráfico. Cabezas de semáforo».
- Normas UNE-EN 50132 «Sistemas de alarma. Sistemas de vigilancia CCTV para uso en aplicaciones de seguridad».
- Normas UNE 20324 «Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP)».
- Normas UNE 20501 «Equipos electrónicos y sus componentes. Ensayos fundamentales climáticos y de robustez mecánica».
- Normas UNE 20427 «Métodos de ensayo adicionales para cables eléctricos. Ensayo de propagación de la llama».
- Normas UNE-EN 50200 «Método de ensayo de la resistencia al fuego de los cables de pequeñas dimensiones sin protección, para uso en circuitos de emergencia».
- Normas UNE-EN 50362 «Método de ensayo de la resistencia al fuego de los cables de energía y transmisión de datos de gran diámetro, sin protección, para uso en circuitos de emergencia».

- UNE-En 50266 arauak «Sua jasan behar duten kableetarako ohiko entsegu-metodoak. Bertikalean jarritako geruzetako kableen sugarra hedatzearen gaineko entsegua».
- UNE, 21123 arauak «Industrian erabili beharreko 0,6/1 kV esleituriko tentsioko kable elektrikoak».
- UNE-EN 60228 arauak «Kable isolatuen konduktoreak».
- UNE 20648 «Zuntz optikoen neurriak».
- UNE 20702 «Telekomunikazioetarako modu bakarrek zuntz optikoak».
- UNE 20703 «Telekomunikazioetarako zuntz anitzeko kable optikoak».
- UNE EN 187000 «Zuntz optikoko kableetarako zehaztapen orokorrak».

#### 4. TRAFIKOAREN KUDEAKETA

##### 4.1. Seinaleztapen dinamikoa

###### 4.1.1. Sarrera

Seinaleztapen dinamikoa esker, kontroleko zentroko operadoreak bidearen egoerari eta gerta daitezkeen arriskuei edo larrialdi buruzko informazioa eman diezaioke gidariari, baita kalterik ez eragiteko burutu beharreko ekintzen gaineko jarraibideak eman ere.

Hauexek dira seinaleztapen dinamikoarekin landu daitezkeen helburuak, seinaleztapen hori tuneletako segurtasuneko osagaia den aldetik:

- Tunelean sartzea galaraztea, hots, tunela ixtea.
- Bidearen egoerari eta arrisku egoerei buruzko informazioa ematea erabiltzaileei.

Larrialdiak kudeatzeko zein trafikoa kontrolatzeko, funtsezkoa da seinaleztapen dinamikoa, jarduketak urrutitik egiteko. Seinaleztapen dinamikoa sistemaren funtzionaltasunaren arabera, honako hauek bereiz daitezke:

- Seinaleztapen dinamikoa tunelaren sarreretan (ahoetan eta inguruetan).

Tunelaren barruan edo inguruetan gertatzen diren gorabeherei eta arriskuei buruzko informazioa ematea du egin-kizuna. Gainera, gorabehera larria denean edo tunelaren barruko edo sarbideetako mantentze eta ustiatze lanak direnean, tunela itxi egin daiteke.

- Seinaleztapen dinamikoa tunelaren barruko aldean.

Tunelaren barruko seinaleztapen dinamikoa bereziki baliagarria izaten da tunelaren irteerako edo barruko gorabeherei buruzko informazioa emateko. Funtsezko baliabidea da arreata-neurriak hartzeko, hala nola abiadura mugatzeko eta beste batzuk. Kasurik larrienenetan (sua), tunelaren barruko trafikoa eteteko modua ematen dute (ahoetako trafikoa etetearen neurri osagarria tunel luzeen kasuan).

Hauexek dira seinaleztapen-sistema dinamikoak tuneletan dituen elementu nagusiak:

- Mezu Aldakorrek Panelak (MAP).
- Erreiaren ukipen-seinaleak (gurutze-geziko seinaleak eta abiadura mugikorraren muga adierazteko seinaleak).
- Semaforoak.
- Tunela ixteko barrerak.

###### 4.1.2. Tuneletako sarreretako seinaleztapena diseinatzeko irizpideak

Urrutitik kontrolatu eta jardun nahi den tunel orotan hainbat elementu izan behar da sarreretan, tunela itxi ahal izateko beharrezkoa denean eta erabiltzaileei tunela ixteko arrazoia edota iraupenari buruzko informazioa emateko. I. eta II. motako tunelek seinaleak izan behar dituzte sarreretan, Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Dekretuan emandako definizioaren arabera.

- Normas UNE-En 50266 «Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de propagación vertical de la llama de cables colocados en capas en posición vertical.».

- Normas UNE, 21123 «Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV».

- Normas UNE-EN 60228 «Conductores de cables aislados».

- UNE 20648 «Dimensiones de las fibras ópticas».

- UNE 20702 «Fibras ópticas monomodo para telecomunicaciones».

- UNE 20703 «Cables ópticos multifibra para telecomunicaciones».

- UNE EN 187000 «Especificaciones generales para cables de fibra óptica».

#### 4. GESTIÓN DE TRÁFICO

##### 4.1. Señalización dinámica

###### 4.1.1. Introducción

La señalización dinámica permite al operador del centro de control informar a los conductores del estado de la vía y de situaciones de riesgo o emergencia que puedan producirse, así como dar instrucciones sobre las acciones que deben llevar a cabo para evitar que se ocasionen daños.

Los objetivos que pueden abordarse con la señalización dinámica como componente de seguridad de los túneles son:

- Prohibir el acceso al túnel en caso de necesidad, es decir, realizar un cierre del túnel.
- Informar a los usuarios del estado de la vía y de situaciones de peligro.

Tanto para la gestión de emergencias como para el control de tráfico, la señalización dinámica es vital para realizar actuaciones de forma remota. Según la funcionalidad del sistema de señalización dinámica, cabe distinguir entre:

- Señalización dinámica en los accesos del túnel, (en las bocas y su entorno).

Tiene como función informar de incidentes y riesgos existentes en el interior del túnel o su entorno. Además, en caso de incidente grave o cuando los trabajos de mantenimiento y explotación en el interior o en los accesos así lo requieran, permite cerrar el túnel.

- Señalización dinámica en el interior del túnel.

La señalización dinámica en el interior del túnel suele ser útil particularmente para informar sobre incidentes a la salida del túnel, o en el interior. Constituyen un instrumento esencial para adoptar medidas de precaución tales como limitación de la velocidad y otras. En los casos más graves (incendio) permiten interrumpir el tráfico en el interior del túnel (medida adicional al corte del tráfico en bocas, para túneles largos).

Los principales elementos de los que consta un sistema de señalización dinámica para túneles son:

- Paneles de Mensaje Variable (PMV).
- Señales de afección de carril (señales de aspa-flecha y de límite de velocidad variable).
- Semaforos.
- Barreras de cierre de túnel.

###### 4.1.2. Criterios de diseño en la señalización de los accesos de los túneles

Todo túnel que se pretenda controlar y actuar de forma remota debe disponer de elementos en los accesos que permitan su cierre en caso que sea necesario y la emisión de información a los usuarios sobre la causa y/o duración del cierre. Los túneles de Tipo I y II, según definición realizada en el Decreto Foral de Seguridad en Túneles, deben disponer de señalización en sus accesos.



Jarraian, proiektu-egileek tunelak ixteko seinaleak diseinatzeko kontuan hartu beharreko hainbat irizpide orokor bildu dira. Geroago, ohiko tunelen arkitekturarako irtenbide espezifikoak eskainiko dira.

#### 4.1.2.1. *Ikuspena*

Mezu bat irakurri ahal izateko gehieneko distantzia 800 aldiz letraren edo sinboloaren altuera da.

Ezarritako gehieneko abiadura doan (sekzio edo elementu bakoitzean) gidari batek seinalea edo kartela ikusi, mezua interpretatu, egin beharreko maniobra erabaki eta, hala denean, maniobra guztiz edo zati batez burutzeko behar duen gutxieneko distantzia ezarri da. Bestela, letra edo sinbolo handiagoak jarriko dira. Hala, aurreko lerroaldean aipaturiko distantzia ez da gutxieneko distantzia hori baino txikiagoa izango.

Irizpide horrekin bat etorri, errepidearen gainean neurturiko gutxieneko distantziak ezarri dira; horretarako, gidariak ikusteko eta irakurtzeko modukoak izan behar dute seinaleztapeneko elementuek betiere:

- 200 metro Mezu Aldakorreko Panaletarako.
- 200 metro semafoetarako.

Irizpide orokor gisa, karakteretan zein piktogrametan, EN12966 arauan ezarritako D edo E neurrietako lerrunak erabili beharko dira beti, bidearen diseinu-abiaduraren arabera.

#### 4.1.2.2. *Galtzaden arteko pasabidea*

Bibeko bi galtzaden arteko trafiko transferentzia ahalbidetzen duen obra zibileko azpiegitura da galtzaden arteko pasabidea.

Norabide bakarreko tuneletan, zirkulazioko noranzko bakoitzean galtzada badago eta tuneleko sarreretan galtzaden arteko pasabidea badago, tunela ixteko barrerak tunela baino lehen jarriko dira zirkulazioaren noranzkoan, betiere tunelaren ahotik 200 metroko distantzia handiagora ez baldin badago.

#### 4.1.2.3. *Auto-pilaketen kudeaketa*

Tunel bat ixten denean, erabiltzaileak sarbideetan geldituko dira eta, aldi berean, bideko erabiltzaileak hurreratuz joango dira. Sortzen diren auto-pilaketak kudeatzeko eta ibilgailuek elkar jo ez dezaten, panel grafikoak eta semaforoak jartzen dira erreietan; izan ere, semaforo ezberdinak izango dira ibilgailu-ilararen taminaren arabera. Hala, bada, tunelerantz hurbiltzen diren erabiltzaileak auto-pilaketen jakinaren gainean jartzen dira. Sarbideetako seinaleen aldaketa automatizatzeke, kontroleko zentroko operadoreak tunela itxi izana berretsi ondoren, auto-pilaketak detektatzeko aparatuak jarriko dira, lotura induktiboetan oinarrituta. Semaforo-multzo batetik 50 metrora jarri ohi dira, baina distantzia hori aldatu egin daiteke bidearen ikuspenaren eta geometriaren arabera.

#### 4.1.2.4. *Tunela itxi izana jakinaraztea gidariei*

Tunela denbora luzean itxi behar bada, beharrezkoa da bidean doazen gidariei jakinaraztea tunela itxita dagoela eta desbideraketak eta ibilbide alternatiboak ere badirela; hala, ez da izango tunela ixteak dakarren auto-pilaketarik. Informazio hori, besteak beste, desbideraketak baino lehen jarritako mezu aldakorreko panelen bidez jakinaraziko zaie gidariei.

Tuneleko bidearekiko lotura duten bideetan beharrezkoa den seinaleztapena aztertu beharko da, eta beharrezkoa izango da inguruabar horren berri ematea itxitako tunelerako desbideraketa hartu baino lehen.

#### 4.1.2.5. *Bide-adarrak eta bidegurutzak*

Azterlan berezia egin beharko da baldin eta tuneletako bide-adarrerako sarbideak edo bidegurutzak badaude sarrerako ahoen inguruetan.

Bide-adarreko sarbidea badago tuneleko sarrerako ahoan, bide-adarreko sarbidean mezu aldakorreko panela jarri beharko da ahoaren inguruetan. Panel hori sarrera baino aurrerago kokatu beharko da, erabiltzaileei informazioa emateko bide-adarrean sartu baino lehen.

A continuación se recogen diversos criterios generales que deberán considerar los proyectistas en el diseño de la señalización de cierre de túneles. Más adelante, se ofrecen diversas soluciones particularizadas para las arquitecturas de túnel más típicas.

#### 4.1.2.1. *Visibilidad*

Se considera que la máxima distancia a la que se puede leer un mensaje es igual a 800 veces la altura de la letra o símbolo.

Esta distancia no será inferior a la mínima necesaria para que un conductor que circule a la velocidad máxima establecida (en cada sección o elemento) pueda percibir la señal o cartel, interpretar su mensaje, decidir la maniobra que debe ejecutar y, en su caso, ejecutarla total o parcialmente. En caso contrario, se aumentará la altura de la letra o símbolo.

Siguiendo este criterio se establecen las distancias mínimas medidas sobre la carretera para las cuales los elementos de señalización deben ser percibidos y legibles por el conductor:

- 200 metros para los Paneles de Mensaje Variable.
- 200 metros para los semáforos.

Como criterio general, tanto para caracteres como para pictogramas, deberán utilizarse siempre los rangos de dimensiones D o E previstos en la norma EN12966, en función de la velocidad de diseño de la vía.

#### 4.1.2.2. *Paso entre calzadas*

El paso entre calzadas es la infraestructura de obra civil que permite la transferencia de tráfico entre dos calzadas de una misma vía.

En aquellos túneles unidireccionales con una calzada para cada sentido de circulación que presenten un paso entre calzadas en los accesos al túnel las barreras de cierre del túnel se ubicarán antes del mismo en el sentido de la circulación, siempre que éste no se encuentre a una distancia superior a 200 metros de la boca del túnel.

#### 4.1.2.3. *Gestión de colas*

Cuando se cierra un túnel, los usuarios se irán deteniendo en los accesos a la vez que otros usuarios de la vía se siguen aproximando. Para gestionar las colas que se forman y evitar el alcance entre vehículos se dispone de paneles gráficos sobre carril y diversas secciones de semáforos que variarán de estado según el tamaño de la cola de vehículos y avisarán a los usuarios de que se aproximan de la presencia de retenciones. Para automatizar la variación de la señalización de los accesos una vez que el operador del centro de control confirme el cierre del túnel, se instalarán detectores de formación de colas basados en lazos inductivos. Estos se ubican típicamente 50 metros después de cada sección de semáforos aunque esta distancia podrá variar dependiendo de la geometría y visibilidad de la vía.

#### 4.1.2.4. *Información a los conductores del cierre del túnel*

Ante un cierre de un túnel de larga duración es necesario informar a los conductores que circulan por la vía que el túnel se encuentra cerrado y de los desvíos y rutas alternativas existentes, evitando de este modo las retenciones provocadas por el cierre del túnel. Esta información se proporcionará a los conductores, entre otros medios, mediante Paneles de Mensaje Variable instalados antes de los desvíos.

Se debe estudiar la señalización necesaria en las vías que presentan un enlace a la vía en la que se encuentra cerrado el túnel, siendo preciso informar a los conductores de esta situación antes de que cojan el desvío hacia el túnel cerrado.

#### 4.1.2.5. *Incorporaciones y confluencias*

Se debe realizar un estudio especial en aquellos túneles que presenten incorporación de ramal o confluencia en las proximidades de las bocas de acceso.

En el caso de una incorporación de un ramal en las cercanías de la boca de entrada de un túnel se debe instalar en la vía de acceso al ramal un Panel de Mensaje Variable. Este panel se debe ubicar con anterioridad al acceso para informar a los usuarios antes de que se incorporen al ramal.

Tunel bateko sarrera baino aurrerago kokaturiko bi bideen arteko bidegurutzea bada, bide bakoitzak tuneleko sarreren seinaleztapeneko sekzio osoak izan behar ditu; hala, modu eraginkorrean geldiaraziko dira ibilgailuak tunelaren barruan sartu baino lehen. Seinaleztapen bikoitza ekidin behar da ahal dela.

#### 4.1.2.6. Ahoetako seinaleztapen proiektuko irtenbideen adibideak hainbat arkitekturan

Hauexek dira tuneleko sarreretako seinaleztapena osatzen duten elementuen konfigurazioan eta kokapenean eragina duten faktoreak:

- 1) Tunela dagoen errepidean baimendutako gehieneko abiadura.
- 2) Tunel-mota, norabide bakarrekota edo bi norabidekoa.
- 3) Noranzko bakoitzeko dagoen errei-kopurua.
- 4) Trazaketaren ezaugarriak (tuneleko ahoaren ikuspena, tuneleko ahoaren ikuspena, desbideraketak edo bide-adarretako sarbideak).
- 5) Bidearen ezaugarri geometrikoak (espaloien eta erreien zabalera, galtzaden eta kokapenen arteko pasabidea izatea...).

Jarraian, tuneletako sarbideetako seinaleztapenaren gaineko irtenbideak agertuko dira arkitekturarik ohikoenetan, arkitektura bakoitzean erabakitzeke irizpideekin batera.

Seinaleztapen dinamikoko elementuen eta tuneletako ahoen arteko distantziak biderapena emateko dira eta inguruaren eta bideko trazaketaren geometria bereziaren arabera erabaki beharko dira (seinaleztapenaren ikuspena inguruetan, gelditzeko tokitik tuneleko sarrerara dagoen ikuspena, azken desbideraketa hurbil izatea...).

Tuneleko trafikoa denbora luzez eteten bada, trafikoa bide alternatibotik desbideratu beharko da. Neurri hori modu eraginkorrean aplikatzeko, oro har beharrezkoa izango da seinaleztapen aldakorra izatea bide alternatiboan sarreretan. Neurriok hartzeko irtenbide espezifikoa aztertu beharko da proiektu bakoitzean.

### 1. Arkitektura

Norabide bakoitzean bi errei edo gehiago dituzten norabide bakarrekota tuneletan; tunela dagoen bidean baimendutako gehieneko abiadura 100 km ordukoa edo handiagoa da.

Hauexek egon behar dute jarrita tuneletako sarreren seinaleetan:

- Sarrerako aho-buruko gurutze-geziko seinaleen sekzioa. Tunela bi norabidekoa izan daitekeela aurreikusten bada, beste tunel-zulo bat ixten deneko salbuespeneko kasua izanik ere, horrelako seinaleak jarri behar dira irteerako aho-buruan.
- Barrera bakoitzean semaforo bikoitz gorriak eta alarma akustikoa dituen barrera-multzoa. Bi galtzadako errepidea bada eta galtzaden arteko pasabidea badu (galtzaden arteko komunikazioa) sarrerako ahotik 200 metrora baino distantzia laburragoan, galtzaden arteko pasabidea baino aurrerago kokatu behar dira barrerak, larrialdietako ibilgailuak errazago igaro daitezten tunel-zulo bat ixten denean. Tunelak zulo bakarra badu, galtzaden arteko pasabiderik ez badu edo pasabidearen eta sarrerako ahoaren arteko tartea 200 metrotik gorakoa bada, ahoarekiko distantzia gutxienez 50 metrokoa izango da.
- Erreirearen gaineko kolore gorri-hori-berdeko semaforoen sekzioa, barreratik 200 metrora.
- Erreirearen gaineko kolore gorri-hori-berdeko semaforoen sekzioa, barreratik 400 metrora.
- Seinale grafikoaren sekzio aldakorra errei gainean, barreratik 700 metrora. Seinale grafiko horiei esker, semaforoak gorrian daudela edota inguruetan auto-ilarak daudela ohar-tarazteko modua dago istripuak daudenean.
- Mezu aldakorreko panela duen sekzioa, 2 grafiko eta 12 karaktereko 3 lerroekin osatuta. Panela azken desbideraketa baino aurrerago kokatu behar da; hala, tuneleko trafikoa denbora luzez

Si se trata de una confluencia entre dos vías situada antes del acceso de un túnel, cada una de las vías debe tener las secciones completas de señalización de los accesos del túnel y de este modo detener de forma eficiente a los vehículos antes de que entren en su interior. Se debe evitar la duplicidad de señalización.

#### 4.1.2.6. Ejemplos de soluciones de proyecto de señalización en bocas para diversas arquitecturas

Los factores que influyen en la configuración y disposición de los elementos que confeccionan la señalización en los accesos del túnel son:

- 1) Velocidad máxima permitida en la carretera donde está ubicado el túnel.
- 2) Tipo del túnel, unidireccional o bidireccional.
- 3) Número de carriles por sentido.
- 4) Características del trazado (visibilidad de la boca, existencia de desvíos o incorporaciones).
- 5) Características geométricas de la vía (anchura de arcenes y carriles, existencia de paso entre calzadas y ubicación...).

A continuación se presentan soluciones de señalización en los accesos del túnel para las arquitecturas más comunes, con los criterios a adoptar en cada una de ellas.

Las distancias de los elementos de señalización dinámica a la boca de los túneles son orientativas y se deberán adaptar en función de las características del entorno y a la geometría particular del trazado de la vía (visibilidad de la señalización en las inmediaciones, visibilidad de la entrada al túnel desde el sitio de parada, proximidad del último desvío...).

Cuando el paso por el túnel sea interrumpido por un tiempo prolongado será necesario desviar el tráfico por un camino alternativo. Para poder adoptar esta medida de manera eficiente, será en general necesario disponer de señalización variable en los accesos a los itinerarios alternativos. Una solución específica para la adopción de estas medidas deberá estudiarse en cada proyecto.

### Arquitectura 1

Túneles unidireccionales con dos o más carriles por cada sentido y velocidad máxima permitida de la vía donde se encuentra el túnel de 100 km/h o superior.

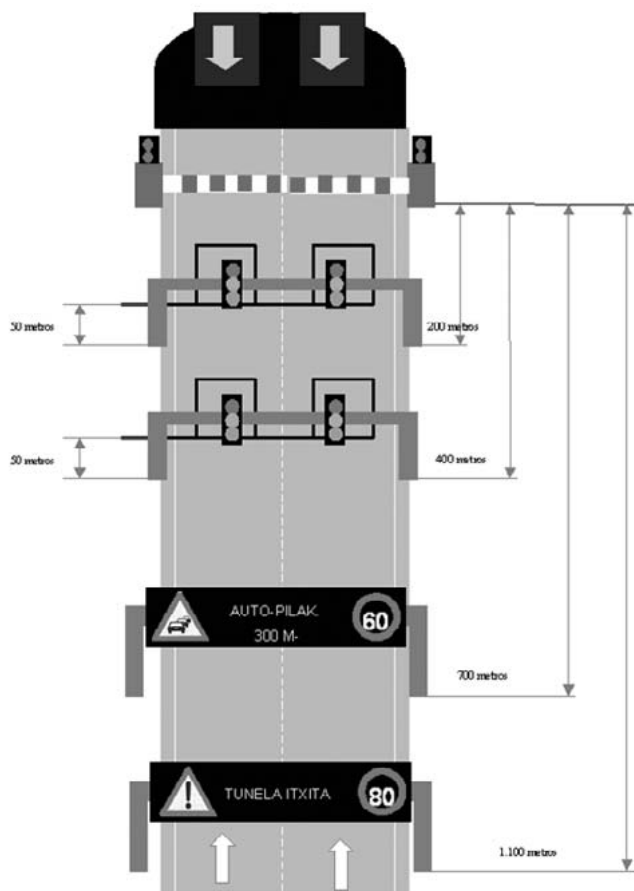
La señalización en los accesos del túnel debe tener instalada:

- Sección de señales de aspa - flecha en el dintel de la boca de entrada. Si se prevé que el túnel pueda funcionar de forma bidireccional, aunque sea en casos excepcionales por cierre del otro tubo, se debe dotar con este tipo de señales en el dintel de salida.
- Conjunto de barreras con semáforos doble rojo en cada una de ellas y alarma acústica. Si la carretera es de doble calzada y dispone de un paso entre calzadas (comunicación entre ambas calzadas) a una distancia inferior a 200 metros de la boca de entrada se han de situar las barreras antes del paso entre calzadas para facilitar el acceso de los vehículos de emergencia en caso de cierre de uno de los tubos del túnel. Si el túnel tiene un único tubo, no dispone de paso entre calzadas o la separación de éste con la boca de entrada es superior a los 200 metros la barrera se debe separar de la boca por una distancia no inferior a 50 metros.
- Sección de semáforos rojo-ámbar-verde sobre carril a 200 metros de la barrera.
- Sección de semáforos rojo-ámbar-verde sobre carril a 400 metros de la barrera.
- Sección de señales gráficas variable sobre carril a 700 metros de la barrera. Con estas señales gráficas se advierte, en caso de incidente, de la presencia de semáforos en rojo y/o de retenciones próximas.
- Sección con panel de mensaje variable formado por 2 gráficos y 3 líneas de 12 caracteres. El panel se debe ubicar antes del último desvío, de forma que si se produce un corte

eteten bada, trafikoa bide alternatibotik desbideratu ahal izango da. Azken desbideraketa 1,5 km-tik baino distantzia handiagoa badago tuneleko ahotik, panel bat jarri beharko da barreratik 1.100 metroan eta beste bat desbideraketa baino aurrerago. Portiko eskuragarri batean kokatu behar da panela, edo, bidearen trazaketak horretarako modua ematen badu, «Alde-rantzizko L» erako banderola eskuragarri batean. Trafikoa detektatzeko funtzioak dituzten panelak eta desbideraketa adierazten duten panelak kokatzeko tokia aparte aztertu beharko da, eta gero aztertuko da ea trazaketaren baldintza horiek direla-eta funtzio horiek panel bakarrek jasan ahal dituen.

I. irudian arkitektura honetarako tunelen sarreretako seinaleztapenaren arkitektura agertzen da:

*1. irudia. – Norabide bakarreko tuneletako sarreretako seinaleztapena, gehienez 100 km orduko edo abiadura handiagoko bide batean kokatua*



## 2. Arkitektura

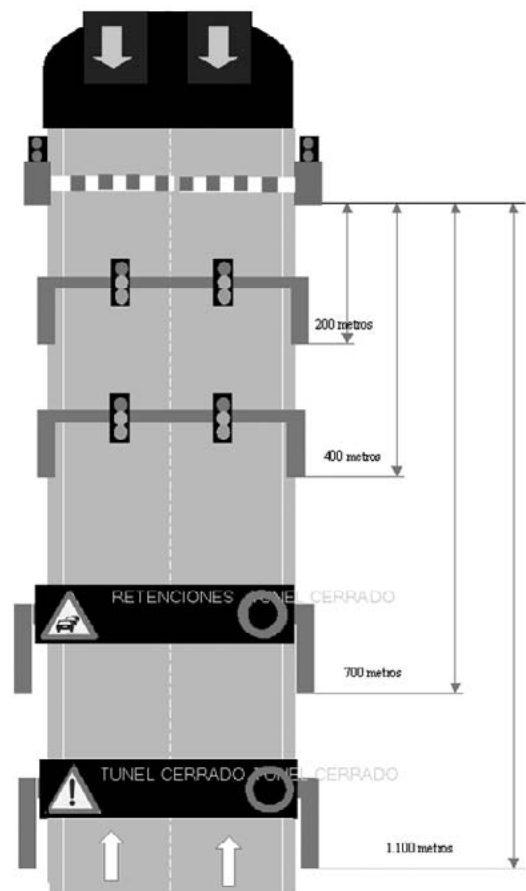
Norabide bakarreko tuneletan aplikatzen da arkitektura hau, noranzko bakoitzean bi errei edo gehiago dituzten tuneletan; tunela dagoen bidean baimendutako gehieneko abiadura 100 km ordukoa baino txikiagoa da. Honako hauek izan behar ditu tuneletako sarreraren seinaleztapenak:

- Gurutze-geziko seinaleen sekzioa sarrerako ateburuan. Tunela bi norabidekoa izan daitekeela aurreikusten bada, beste tunel-zulo bat ixten deneko salbuespenezko kasua izanik ere, horrelako seinaleak jarri behar dira irteerako ahoburuan.
- Barrera bakoitzean semaforo bikoitz gorriak eta alarma akustikoa dituen barrera-multzoa. Galtzaden arteko pasabidea baino aurrerago kokatu behar dira barrerak, larrialdietako ibilgai-luak errazago igaro daitezten tunel-zulo bat ixten denean.
- Erreiairen gaineko gorri-hori-berdeko semaforoen sekzioa, barreratik 100 metrora.
- Mezu aldakorreko panela duen sekzioa, 2 grafiko eta 12 karaktereko 3 lerroekin osatuta. Panela azken desbidera-

de larga duración en el túnel se pueda desviar el tráfico por un camino alternativo. Si el último desvío se encuentra a más de 1.5 km de la boca del túnel se debe instalar un panel a 1100 metros de la barrera y otro antes del desvío. El panel debe ser instalado sobre un pórtico visitable o si el trazado de la vía no lo permite sobre banderola tipo «L invertida», visitable. Habrá que estudiar por separado la ubicación adecuada de los paneles con funciones de detención del tráfico e indicación de desvío, analizando posteriormente si por las condiciones del trazado estas funciones pueden o no ser soportadas por un único panel.

La figura 1 muestra la arquitectura de la señalización en los accesos del túnel para esta arquitectura:

*Figura 1. – Señalización en accesos túnel unidireccional ubicado en una vía con velocidad máxima permitida de 100 km/h o superior*



## Arquitectura 2

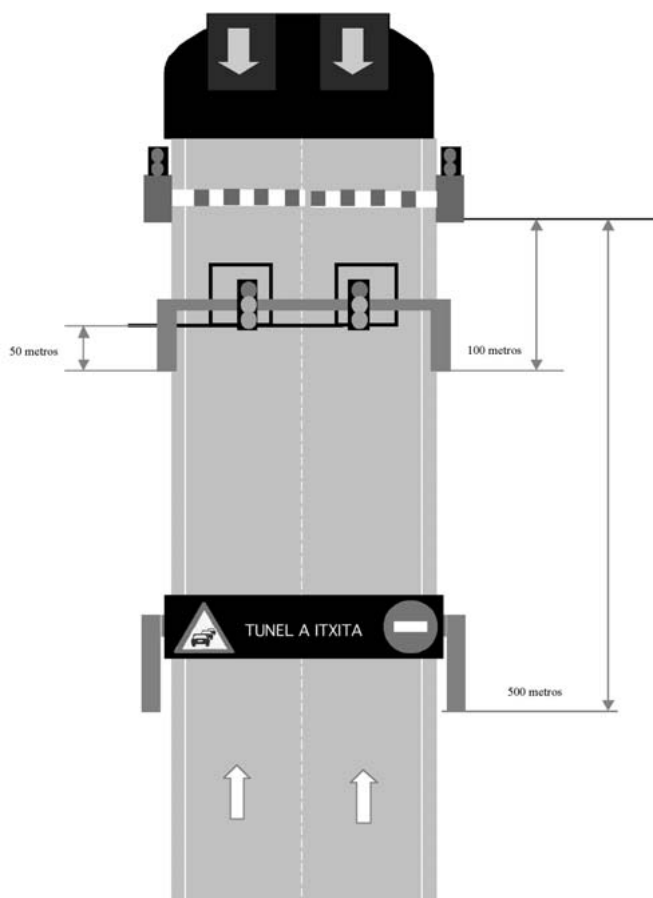
Esta arquitectura se aplica en túneles unidireccionales, con dos o más carriles por cada sentido y velocidad máxima permitida de la vía dónde se encuentra el túnel inferior de 100 km/h. Los elementos de señalización que se deben instalar en los accesos del túnel son:

- Sección de señales de aspa - flecha en el dintel de la boca de entrada. Si se prevé que el túnel pueda funcionar de forma bidireccional, aunque sea en casos excepcionales por cierre del otro tubo, se debe dotar con este tipo de señales en el dintel de salida.
- Conjunto de barreras con semáforos doble rojo en cada una de ellas y alarma acústica. La barrera o conjunto de barreras se deben separar de la boca para permitir el paso de los servicios de emergencia al túnel en caso e incidente.
- Sección de semáforos rojo-ámbar-verde sobre carril a 100 metros de la barrera.
- Sección con panel de mensaje variable formado por 2 gráficos y 3 líneas de 12 caracteres. El panel se debe ubicar antes

keta baino aurrerago kokatu behar da panela; hala, tuneleko trafikoa denbora luzez eteten bada, trafikoa bide alternatibotik desbideratu ahal izango da. Azken desbideraketa 800 m-tik baino distantzia handiagora badago tuneleko ahotik, panel bat jarri beharko da barreratik 50 metroan eta beste bat desbideraketa baino aurrerago. Portiko eskuragarri batean kokatu behar da panela, edo, bidearen trazaketak horretarako modua ematen badu, «Alderantzizko L» erako banderola eskuragarri batean. Trafikoa detektatzeko funtzioak dituen panelen eta desbideraketa adierazten duen panelak kokatzeko tokia aparte aztertu beharko da, eta gero aztertuko da ea trazaketaren baldintza horiek direla-eta funtzio horiek panel bakarrak jasan ahal dituen.

2. irudian era horretako tuneletako sarreretako seinaleak jaritzeko beharrezko elementuen banaketa ageri da.

2. irudia. – Norabide bakarreko tuneleko sarreretako seinaleztapena, gehieneko abiadura 100 km ordukoa duen bide batean kokatua.



### 3. Arkitektura

Bi norabideko tuneletan aplikatzen da arkitektura hau, noranzko bakoitzean errei bat izanik.

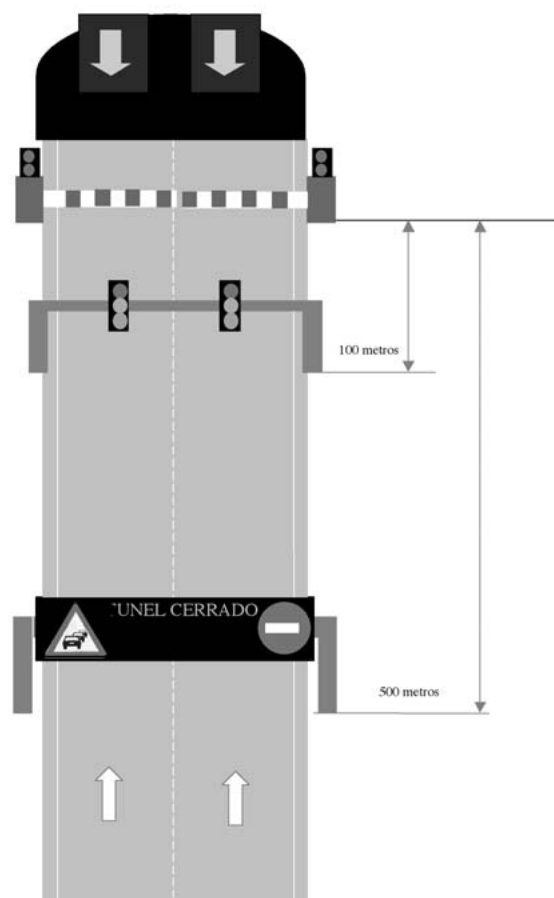
Honako hauek izan behar ditu tuneletako sarreren seinaleztapenak (bi noranzkoetan):

- Gurutze-gezikoko seinaleen sekzioa sarrerako ateburuan.
- Bi semaforo gorri eta alarma akustikoa dituen barrera bat. Barreraren eta ahoaren arteko distantzia gutxienez 50 metrokoa izango da.
- Erreiaren gaineko kolore gorri-hori-berdeko semaforoen sekzioa, barreratik 100 metrora.
- Mezu aldakorreko panela duen sekzioa, 2 grafiko eta 12 karaktereko 3 lerroekin osatuta. Panela azken desbideraketa baino aurrerago kokatu behar da panela; hala, tune-

del último desvío, de forma que si se produce un corte de larga duración en el túnel se pueda desviar el tráfico por un camino alternativo. Si el último desvío se encuentra a más de 800 metros de la boca del túnel se debe instalar un panel a 500 metros de la barrera y otro antes del desvío. El panel debe ser instalado sobre un pórtico visitable o si el trazado de la vía no lo permite sobre banderola de tipo «L invertida», visitable. Habrá que estudiar por separado el panel de detención de vehículos y el de señalización de camino alternativo e indicar después que si por condiciones del trazado estos pueden llegar a coincidir. Habrá que estudiar por separado la ubicación adecuada de los paneles con funciones de detención del tráfico e indicación de desvío, analizando posteriormente si por las condiciones del trazado estas funciones pueden o no ser soportadas por un único panel.

La figura 2 muestra la distribución de los elementos necesarios para realizar la señalización en los accesos de este tipo de túneles.

Figura 2. – Señalización en accesos túnel unidireccional ubicado en una vía con velocidad máxima permitida inferior a 100 km/h.



### Arquitectura 3

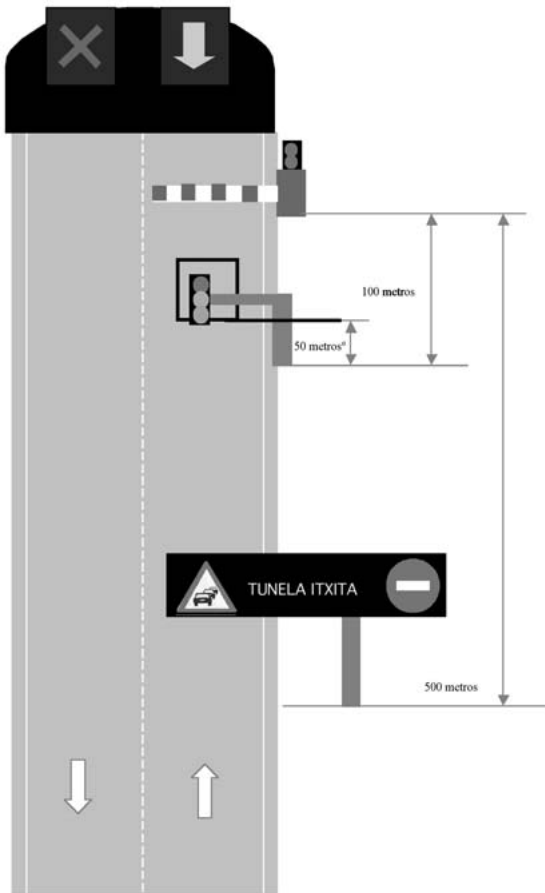
Esta arquitectura se aplica en túneles bidireccionales con un carril por sentido.

La señalización en los accesos del túnel debe incluir, (en ambos sentidos):

- Sección de señales de aspa - flecha en el dintel de la boca de entrada.
- Una barrera con semáforo doble rojo y alarma acústica. La barrera se debe separar de la boca por una distancia no inferior de 50 metros.
- Sección de semáforos rojo-ámbar-verde sobre báculo a 100 metros de la barrera
- Sección con panel de mensaje variable formado por 2 gráficos y 3 líneas de 12 caracteres. El panel se debe ubicar antes del último desvío, de forma que si se produce un corte de larga

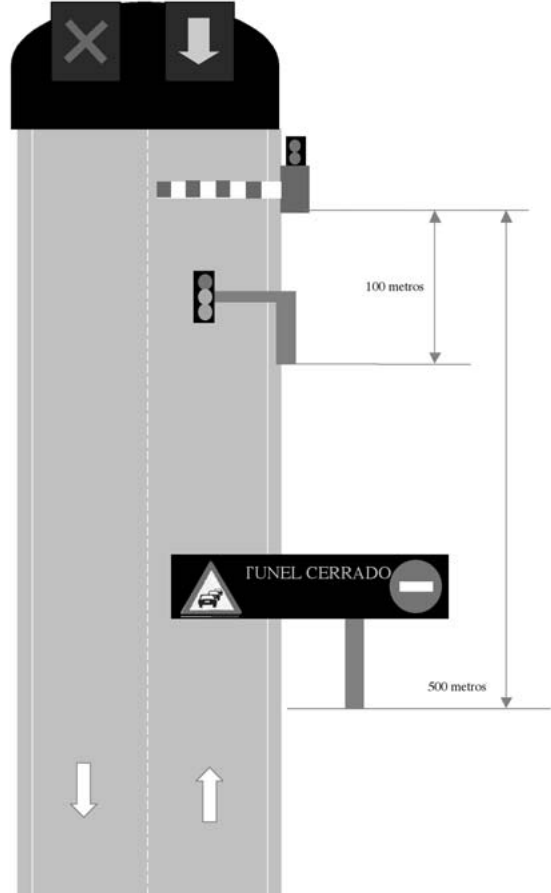
leko trafikoa denbora luzez eteten bada, trafikoa bide alternatibotik desbideratu ahal izango da. Azken desbideraketa 800 m-tik baino distantzia handiagora badago tuneleko ahotik, panel bat jarri beharko da barreratik 500 metroan eta beste bat desbideraketa baino aurrerago. Portiko eskuragarri batean kokatu behar da panela, edo, bidearen trazaketak horretarako modua ematen badu, «Aldeantzik L» erako banderola eskuragarri batean. Trafikoa detektatzeko funtzioak dituen panelen eta desbideraketa adierazten duen panelak kokatzeko tokia aparte aztertu beharko da, eta gero aztertuko da ea trazaketaren baldintza horiek direla-eta funtzio horiek panel bakarrik jasan ahal dituen.

### 3. irudia. – Bi norabideko tuneleko sarreren seinaleztapena



duración en el túnel se pueda desviar el tráfico por un camino alternativo. Si el último desvío se encuentra a más de 800 metros de la boca del túnel se debe instalar un panel a 500 metros de la barrera y otro antes del desvío. El panel debe ser instalado sobre una banderola de tipo «L invertida», visible. Habrá que estudiar por separado el panel de detención de vehículos y el de señalización de camino alternativo e indicar después que si por condiciones del trazado estos pueden llegar a coincidir. Habrá que estudiar por separado la ubicación adecuada de los paneles con funciones de detención del tráfico e indicación de desvío, analizando posteriormente si por las condiciones del trazado estas funciones pueden o no ser soportadas por un único panel.

### Figura 3. – Señalización en accesos túnel bidireccional



#### 4.1.3. Diseinu irizpideak tunelen barruko aldearen seinaleztapenean

Jarraian, proiektu-egileek tuneletako barne seinaleztapenaren diseinuak aintzat hartu beharreko irizpide orokorrak agertuko dira. Geroago, tunelen arkitekturetarako irtenbide berezi nagusienak eskainiko dira.

##### 4.1.3.1. Erreien zerbitzuaren egoeraren seinaleztapena

Tunelen barruko guneen mugak direla-eta, artatze lanak, instalazioen mantentze lanak edo tunelaren barruan gorabeherak trafikoko erreie bat edo hainbat erreie zati batez edo osorik okupatzea dakarte kasurik gehienetan. Horren ondorioz, arrisku-maila handiagoa da horrelakoetan, eta behar bezalako seinaleak jarri behar dira. Horretarako, urrutitik gainbegiratu eta kontrolatzen den tunel orotan erreie-ukipenaren seinale-multzoak jarri behar dira (gurutze-geziko seinaleak) baldin eta tunelaren luzera 400 metrokoa baino luzeagoa bada. Erreie-ukipenaren ondoko ondoko bi sekzioen arteko tartea gehiezin 300 metrokoa izango da eta gutxienez 200 metrokoa, eta sekzioen banaketa uniforme izango da tunel osoan zehar.

Bi norabideko tuneletan, bikoiztuta agertuko dira ukipen-seinaleak; hala, noranzko batean gurutzea ikusiko da eta kontrakoan gezia agertuko da, eta alderantziz.

#### 4.1.3. Criterios de diseño en la señalización en el interior de los túneles

A continuación se recogen diversos criterios generales que deberán considerar los proyectistas en el diseño de la señalización del interior de los túneles. Más adelante, se ofrecen un ejemplo de soluciones particularizadas para las arquitecturas de túnel más significativas.

##### 4.1.3.1. Señalización del estado de servicio de los carriles

Dadas las limitaciones de espacio en el interior de los túneles, la realización de trabajos de conservación, mantenimiento de instalaciones, o la ocurrencia de un incidente en el interior de un túnel provoca en la mayoría de los casos la ocupación parcial o total de uno o varios carriles de tráfico. Esto supone un incremento del nivel de riesgo en estas situaciones que debe ser señalizado convenientemente. Para ello, todo túnel que se encuentre supervisado y controlado de forma remota debe tener instalados conjuntos de señales de afección de carril (señales aspa-flecha) si la longitud del túnel supera los 400 metros. La separación entre dos secciones consecutivas de afección de carril no superará los 300 metros ni será inferior a los 200 metros, siendo la distribución de las secciones uniforme a lo largo del túnel.

En túneles bidireccionales, las señales de afección deberán ser siempre duplicadas, de modo que cuando en un sentido sea visible el aspa y en el opuesto se muestre la flecha, y viceversa.

Baldin eta norabide bakarrekotunelak badira eta bi norabideko tunel moduan funtziona badezakete, ukipen-seinaleen bi sekzio bakoitzak trafikoaren ohiko norabidearen kontrako norabidean ikusteko modukoa izango da.

#### 4.1.3.2. Abiadura mugatzeko seinaleak

Tunelaren barruko aldean zein irteerako ahoaren inguruetan arrisku-maila igo izana konpentsatzeko neurrietako bat tunelaren barruko zirkulazioaren abiadura mugatzea da. Neurri horren garrantzia aintzat izanik, beharrezkoa izango da erabiltzaileak arrisku egoeretan behin eta berriz jasotzea mezua. Horren ondorioz, errei-ukipenen seinaleekin proposatzen den moduan, urrutitik gainbegirata eta kontrolatuta dagoen tunel orotan jarri beharko dira abiadura mugatzeko seinale-multzok 400 metrotik gorako tunelak badira.

«n» seinaleen multzoak osatuko du (errei bakoitzeko bat) abiadura mugatzeko seinaleen sekzio bakoitza. Abiadura mugatzeko seinaleen sekzioek bat etorri beharko dute errei-ukipeneko seinaleekin. Horren ondorioz, ondoz ondoko bi sekzioen arteko distantzia gehienez 300 metrokoa izango da eta gutxienez 200 metrokoa, eta banaketa uniforme izango da tunel osoan zehar. Distantzia horiekin, seinaleak nahikoa aldiz errepikatuta agertzea nahi da, gehiegi izan barik; izan ere, gehiegitan agertzen badira, gidariak arreta gal dezakete eta istripu arriskua handitu.

#### 4.1.3.3. Erabiltzaileei informazioa ematea

Zenbait gorabehera behar bezala kudeatzeko, beharrezkoa da erabiltzaileei informazio jakin bat ematea. Hala, esate baterako, tunel luze baten barruko trafikoa blokeatzen denean, gidariaren estresa eta trafikoa gelditzeko arazoak areagotu egiten dira eta gora egiten du gorabeheraren iraupena jakiteko interesak.

800 metro luze baino gehiago duen bi norabideko tunela bada, mezu aldakorrekotunelak izan behar ditu barruan. 800 metroko tartea egongo da erabiltzaileari informazioa emateko ondoz ondoko bi sekzioen artean.

Errei-kopuruaren araberakoak izango dira panelen ezaugarriak. Horrela, hauek ditugu:

- Norabide biko tunelak, tunel-zulo bakoitzean bi errei izanik: 1. Grafikoko Mezu Aldakorrekotunelak eta gutxienez 12 karaktereko 2 lerro.
- Norabide biko tunelak, tunel-zulo bakoitzean hiru errei edo gehiago: 1. Grafikoko Mezu Aldakorrekotunelak eta gutxienez 16 karaktereko 2 lerro.

Mezu Aldakorrekotunelak jartzean, gutxienez 5 metroko altuerako galibo bat errespetatu beharko da galtzada osoan; ezinezkoa bada, paneleko lerroak murriztea aztertuko da alternatiba lez.

Tunelaren barruan dauden mezu aldakorrekotunelak argi hori keinukariak izango dituzte panelen ertzetan seinaleak indartzeko.

#### 4.1.3.4. Seinaleztapen-proiektuko irtenbideen adibideak tunelaren barruko hainbat arkitekturatan

Hauek dira tunelaren barruko seinaleztapena osatzen duten elementuen eraketan eta kokapenean eragiten duten faktoreak:

- 1) Tunel-mota, norabide bakarrekotunelak edo bi norabidekoak.
- 2) Ezaugarri geometrikoak (tunelaren barruko ikuspena, errei-kopurua, tunelaren altuera...).

Jarraian, arkitekturarik ohikoenetarako irtenbide tipoen adibideak agertuko dira.

### 1. Arkitektura: Norabide bakarrekotunela

#### ERREI-UKIPENA

Diseinu irizpideekin bat etorritik, urrutitik kontrolaturiko tunelak badira, errei-ukipeneko seinale multzoak izan behar dituzte jarrita tunelaren luzera 400 metrotik gorakoa bada. Adibide honetan, 300 metrokoa da errei-ukipenaren ondoz ondoko bi sekzioen arteko tartea.

En túneles unidireccionales que ocasionalmente puedan ser operados como túneles bidireccionales, una de cada dos secciones de señales de afección de carril deberá ser también visible en el sentido contrario al habitual del tráfico.

#### 4.1.3.2. Señales de limitación de velocidad

Una de las medidas más eficaces para compensar el incremento del nivel de riesgo tanto en el interior del túnel como en las proximidades de la boca de salida es la limitación de la velocidad de circulación en su interior. Considerando la importancia de esta medida, será necesario que en situaciones de riesgo el usuario perciba de manera reiterada el mensaje. En consecuencia, se establece que al igual que se propone con las señales de afección de carril, todo túnel supervisado y controlado de forma remota debe tener instalado conjuntos de señales de limitación de velocidad si su longitud supera los 400 metros.

Cada sección de señales de limitación de velocidad estará constituida por conjunto de «n» señales (una por carril). Las secciones de señales de limitación de velocidad se harán coincidir con las de afección de carril. En consecuencia, la interdistancia entre dos secciones consecutivas no superará los 300 metros ni será inferior a los 200 metros, siendo la distribución uniforme a lo largo del túnel. Con estas distancias se procura que la señalización sea suficientemente reiterativa, sin llegar a ser excesiva, lo que podría ocasionar que los conductores se distrajesen, aumentando el riesgo de accidente.

#### 4.1.3.3. Información al usuario

Algunos incidentes requieren para su adecuada gestión, la transmisión de determinada información a los usuarios. Así, por ejemplo, cuando el tráfico queda bloqueado en el interior de un túnel largo, aumenta el estrés de los conductores y crece su interés por conocer las causas de la detención y el tiempo que durará tal situación.

Todo túnel cuya longitud supere los 800 metros debe contar con paneles de mensaje variable en su interior. La separación entre dos paneles consecutivos no debe ser superior a los 800 metros ni inferior a los 400 metros, siendo su distribución uniforme a lo largo del túnel.

Las características de los paneles dependerán del número de carriles. Así se tiene:

- Túneles bidireccionales y unidireccionales de dos carriles por tubo: Paneles de Mensaje Variable de 1 gráfico y 2 líneas de 12 caracteres como mínimo.
- Túneles bidireccionales y unidireccionales de tres o más carriles por tubos: Paneles de mensaje variable de 1 gráfico y 2 líneas de 16 caracteres como mínimo.

Al instalar los Paneles de Mensaje Variable se debe respetar un galibo mínimo de 5 metros de altura en toda la calzada, si esto no se cumpliera se estudiará la reducción de líneas del panel como alternativa.

Los Paneles de Mensaje Variable ubicados en el interior de los túneles contarán con focos ámbar intermitente en las esquinas del panel como refuerzo a la señalización.

#### 4.1.3.4. Ejemplos de soluciones de proyecto de señalización en interior de túnel para diversas arquitecturas

Los factores que influyen en la configuración y disposición de los elementos que confeccionan la señalización en el interior de los túneles son:

- 1) Tipo del túnel, unidireccional o bidireccional.
- 2) Características geométricas (visibilidad dentro del túnel, número de carriles, altura del túnel...).

A continuación se presentan ejemplos de soluciones tipo para las arquitecturas más comunes.

### Arquitectura 1: Túnel unidireccional

#### AFECCIÓN DE CARRIL

De acuerdo con los criterios de diseño, si se trata de túneles controlados de forma remota debe tener instalado conjuntos de señales de afección de carril si la longitud del túnel supera los 400 metros. En este ejemplo, la separación entre dos secciones consecutivas de afección de carril se establece en 300 metros.

Kontuan izan behar da errei-ukipenaren seinaleen instalazioa nahitaez bete behar den tuneletan gurutze-geziko seinaleen sekzio bat izan behar dutela jarrita dagoeneko sarrerako buruan, tuneletako seinaleak diseinatzeko irizpideetan ezarri denez. Sekzio hori ez da kontuan hartu behar barruko seinaleak diseinatzean.

Adibidean agertzen denez, tunelean inoiz bi norabidetan ibil daitekeela onartzen da (bigarren zulo berdinean mantentze lanak egiteko eta beste kasu batzuetan). Horren ondorioz, errei-ukipeneko seinaleen bi sekzioirik behin gurutze-geziko seinale multzoak jarriko dira zirkulazioaren kontrako noranzkoan.

**ABIADURA MUGATZEKO SEINALEAK**

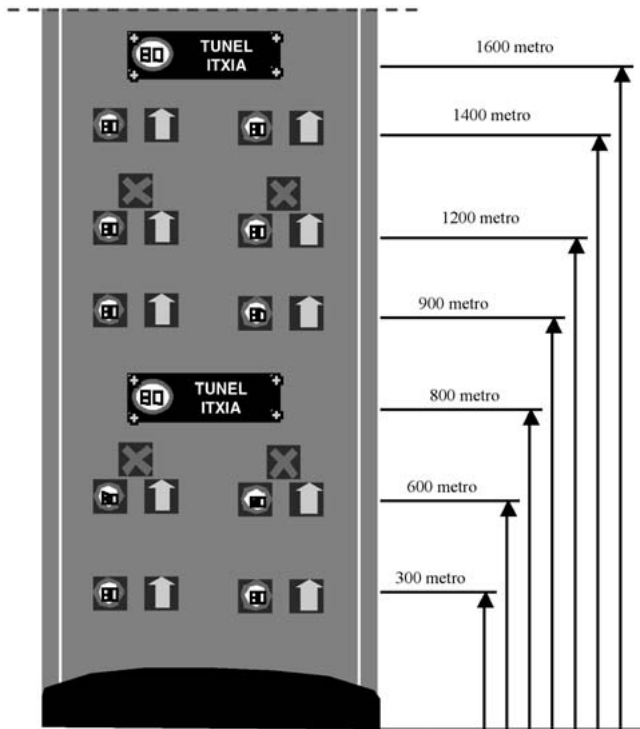
30 metrotik 300 metrora abiadura mugatzeko seinaleak jartzea aurreikusten da, errei-ukipeneko sekzioekin bat etorriz.

**ERABILTZAILEARI INFORMAZIOA EMATEA**

800 metro luze baino gehiago duen bi norabideko tunela bada, 1. grafikoko eta 12 karaktereko bi lerroko mezu aldakorrek panelak jarriko dira, 800 metrotik 800 metrora bazterretan lau argi hori keinukari jarri. 800 metroko tartea egongo da erabiltzaileari informazioa emateko ondoz ondoko bi sekzioen artean.

Adibidean agertzen denez, noranzko bakoitzean bi errei dituen tunela denez gero, 1. grafikoko eta gutxienez 12 karaktere dituzten 2 lerroko mezu aldakorrek panelak dira.

**6. Irudia. – Norabide bakarrekotunelaren barruko seinakeztapena**



**2. Arkitektura: Bi norabideko tunela**

**ERREI-UKIPENA**

Norabide bakarrekotunelen antzeko irtenbidea hartu da; hala ere, errei-ukipenaren seinaleen sekzio guztiak zirkulazioaren bi noranzkoetan ikusi behar dira. Hortaz, bikoiztuta egon dira seinale guztiak.

**ABIADURA MUGATZEKO SEINALEAK**

Aurreko kasuan moduan, abiadura mugatzeko seinaleen sekzioak aurreikusten dira 300 metroko tarte guztietan, errei-ukipenaren sekzioekin bat etorriz. Errei bakoitzean, zirkulazioaren ohiko noranzkoan baizik ez dira ikusiko seinaleok.

**ERABILTZAILEARI INFORMAZIOA EMATEA**

800 metro luze baino gehiago duen bi norabideko tunela bada, 1. grafikoko eta 12 karaktereko bi lerroko mezu aldakorrek panelak jarriko dira, gutxienez, 800 metrotik 800 metrora bazterretan lau argi hori keinukari jarri.

Nótese que aquellos túneles en los que sea obligado cumplimiento la instalación de señales de afección de carril, ya deben tener instalado una sección de señales de aspa - flecha en el dintel de la boca de entrada según se indica en los criterios de diseño de la señalización en los accesos del túnel. Esta sección no se debe tener en cuenta en el diseño de la señalización interior.

En el ejemplo, se asume que el túnel puede operar ocasionalmente en modo bidireccional (para la realización de trabajos de mantenimiento en el tubo gemelo y otros casos). En consecuencia, se instalan en sentido contrario a la circulación conjuntos de señales aspa - flecha en una de cada dos secciones de señales de afección carril.

**SEÑALES DE LIMITACIÓN DE VELOCIDAD**

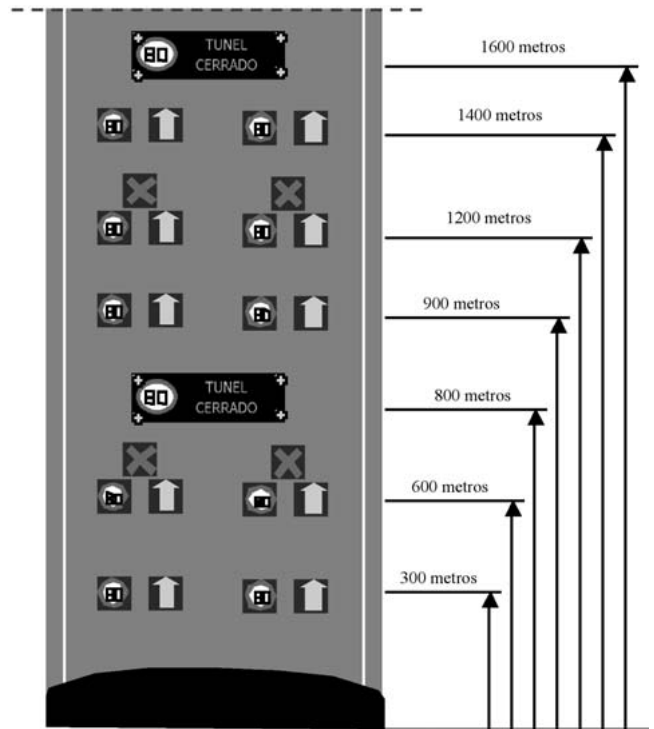
Se prevén secciones de señales de limitación de velocidad cada 300 metros, coincidiendo con las secciones de afección de carril.

**INFORMACIÓN AL USUARIO**

Por tratarse de un túnel unidireccional cuya longitud supera los 800 metros se deben instalar paneles de mensaje variable con cuatro focos ámbar intermitente en sus esquinas. La separación entre dos secciones consecutivas de información al usuario se establece en este caso en 800 metros.

En el ejemplo, por tratarse de un túnel de dos carriles por sentido, los paneles de mensaje variable previstos son de 1 gráfico y 2 líneas de 12 caracteres como mínimo.

**Figura 6. – Señalización en interior de túnel unidireccional**



**Arquitectura 2: Túnel bidireccional**

**AFECCIÓN DE CARRIL**

La solución adoptada es similar a la de los túneles unidireccionales, sin embargo, todas las secciones de señales de afección de carril deben ser visibles en ambos sentidos de circulación, por lo que todas las señales estarán duplicadas.

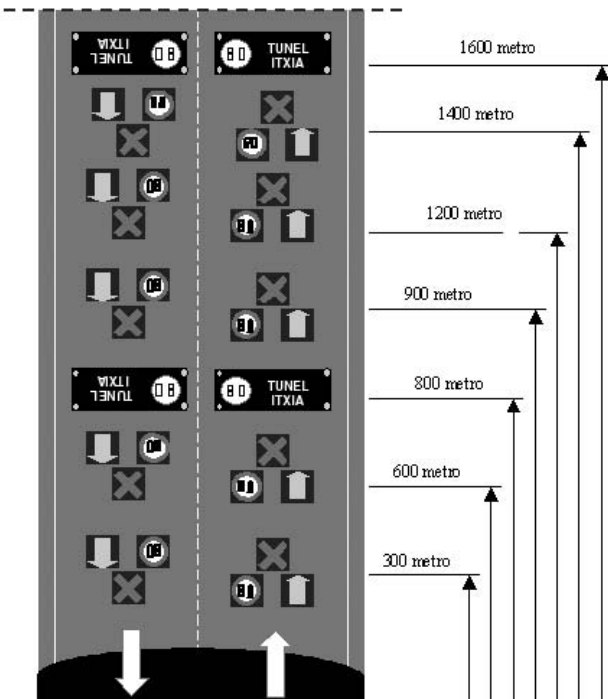
**SEÑALES DE LIMITACIÓN DE VELOCIDAD**

Al igual que en el caso anterior, se prevén secciones de señales de limitación de velocidad cada 300 metros, coincidiendo con las secciones de afección de carril. En cada carril, estas señales sólo serán visibles en el sentido habitual de circulación.

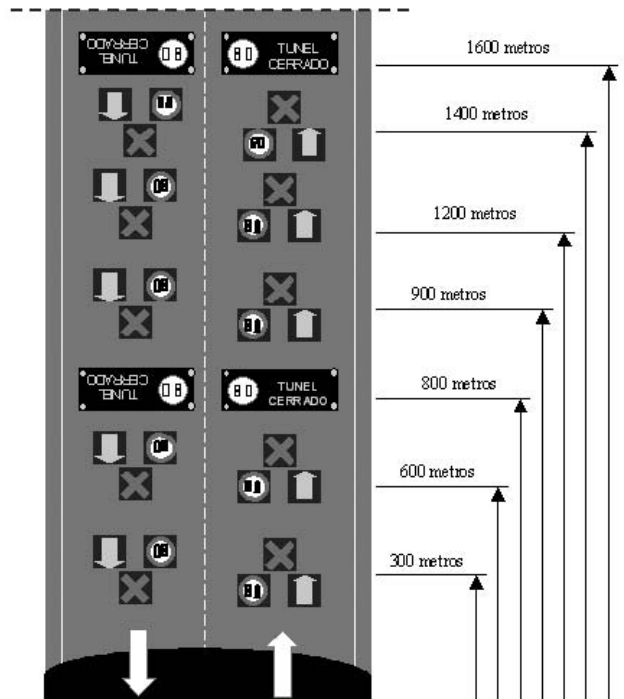
**INFORMACIÓN AL USUARIO**

Si se tratase de un túnel bidireccional cuya longitud supera los 800 metros se instalarían paneles de mensaje variable de 1 gráfico y dos líneas de 12 caracteres como mínimo, con cuatro focos ámbar intermitente en sus esquinas cada 800 metros.

## 7. irudia. – Bi norabideko tunelen barruko seinaleztapena



## Figura 7.– Señalización en interior de túnel bidireccional



## 4.1.4. Tunelen seinaleztapen dinamikoen kontrola

Seinaleztapen dinamikoa duen tunel orok, sarreretan zein barruan, egoki funtzionatzeko eta urrutitik kudeatzeko kontroleko elementu egokiak izan behar ditu. Honelaxe piztu ahal izango dira tuneletako seinaleak:

- Teleagintea kontroleko zentrotik, eskuz zein modu automatikoan. Funtzionatzeko modu naturala da.
- Eskuzko tokiko kontrola; oso ekintza zehatzetan baino ez da erabiliko hala nola «tunel-zuloen itxiera/piztea/itzaltzea». Zehatz mehatz azaldu behar dira era horretako jarduketak. Halaber, lokal teknikoetan argi eta garbi identifikatu behar dira funtzionaltasun horretarako modua ematen duten elementuak eta horien erabilera.
- Tokiko kontrol automatikoa; aurrez ezarritako egoera batera eramanez egingo da kontroleko zentroarekiko komunikazioa galtzen bada. Honako egoera hauek izan daitezke:
  - Seinaleztapenaren egoerari eustea baldin eta tunelaren tokiko kontrola azkar egin dezakeen pertsonala badu, lehenengoz esku hartzeko pertsonala hain zuzen ere.
  - Seinale guztiak kentzea bestelako kasuetan.

Tokiko kontrol automatikoko jarduerak larrialdietako planean definitu behar dira.

Kontrolako sistema orok etengabeko elikatze sistema izan behar du, hornidura elektrikoa aldi batez galtzeak eragin ditzakeen kalteak gertatzen direnean funtzionamendua bermatu ahal izateko.

Tunelen Urrutiko Estazio Unibertsalen baten edo hainbaten bidez kontrolatu eta gainbegiratu dira tuneletako sarreretan eta barruko aldeetan jarritako elementuak (TUEU). Kontrol zentralizatukoak dira TUEUK, kontroleko zentrotik jasotako aginduak eta jarduketak tuneletako sarreretatik eta barruko aldeko seinaleztapen dinamikoa osatzen duten elementu guztiak transmititzeko. Eta alderantziz: sarretako seinaleztapena osatzen duten elementuak eragindako seinaleak eta alarmak eskuratzen dituzte TUEUek, eta kontroleko zentrori transmititzen dituzte.

Komunikazio baten bidez jardun eta eskuratu ditzakete TUEUek tuneletan dauden elementuak buruzko informazioa eta seinaleak; horretarako, komunikazio-protokoloa erabil daiteke, edo zuzenean seinale analogikoak eta digitalak egin daitezke, kontaktuen bidez jardunda.

## 4.1.4. Control de la señalización dinámica de los túneles

Todo túnel que disponga de un sistema de señalización dinámica, ya sea en sus accesos o en su interior debe contar con elementos de control adecuados para su correcto funcionamiento y gestión remota. La señalización de los túneles debe poder accionarse de los siguientes modos:

- Telemandado desde el centro de control ya sea manual o automático. Esta es la forma natural de funcionamiento.
- Control local manual, el cual debería restringirse a acciones muy concretas como «activar/desactivar cierre de tubo(s)». En el Plan de Emergencia deberían quedar reflejadas con precisión estas actuaciones. Asimismo, en los locales técnicos deberían estar claramente identificados los elementos que permiten esta funcionalidad y su utilización.
- Control local automático, se realizará llevándola a un estado preestablecido en el caso de pérdida de comunicaciones con el centro de control. Este estado puede ser:
  - Mantener el último estado de señalización en el caso de que el túnel disponga de personal de primera intervención que llegue al control local del túnel de forma rápida.
  - Quitar toda la señalización en cualquier otro caso.

Las actuaciones de control local automático deben definirse en el Plan de Emergencia.

Todo el sistema de control debe disponer de un sistema de alimentación ininterrumpida que asegure su funcionamiento en escenarios degradados por pérdidas temporales de suministro eléctrico.

El control y supervisión de los elementos instalados en los accesos y el interior de los túneles se realiza a través de una o varias Estaciones Remotas Universales de Túneles (ERUTs). Las ERUTs pertenecen al sistema de control centralizado, y son las encargadas de transmitir las órdenes y actuaciones recibidas desde el centro de control a cada uno de los elementos que integran la señalización dinámica en los accesos y el interior de los túneles. De forma inversa las ERUTs adquieren las señales y alarmas generadas por los elementos que conforman la señalización en los accesos y las transmiten al centro de control.

La actuación y adquisición de señales e información de los elementos situados en el túnel por parte de las ERUTs se pueden realizar mediante una comunicación a través de protocolos de comunicación o directamente a través de señales analógicas y digitales, actuando a través de contactos.



Protokolo normalizatuak erabiliz egingo dira mezu aldakorrekotako panalekiko urrutiko komunikazioa, errei-ukipeneko seinaleak eta abiadura muga, eta kontaktu digitalen bidez jardungo da semaforoei dagokienez.

#### 4.1.5. Mezu aldakorrekotako panelak

Mezu aldakorrekotako panelei esker, bidetik doazen gidariei mezuak eman dakizkieke, egoeretako batekin aurki daitezkeen elementuak erabiliz. Hala, bada, hainbat mezu sor daitezke panelaren alde berean.

Arau honetan ezarritako panelek bete beharreko zehaztapenak definitzeko, Mezu Aldakorrekotako Panelei buruzko Europako EN 12966 Araua hartu da erreferentziazat, CEN/TC 226 «Errepideetarako Ekipoak» izeneko batzorde teknikoak idatzia. Europako arau proiektuan definituriko irizpideak bete behar dira nahitaez, betiere behin betiko bertsioa onesten denean Europako arauaren transposizioari dagokion UNE arauaren eskakizunak bete behar izateari kalterik egin barik.

Mezu aldakorrekotako panelean, grafikoen aldea eta alde alfanumerikoa bereiz daitezke. Grafikoen aldea full-color izenekoa da eta bertan ager daitezke grafikoa, piktogramak edo testuak. Alde alfanumerikoa, berriz, testuak agertzen diren karaktereen lerro batekin edo hainbat lerrorekin dago osatuta. Hala, testuak duen lerro-kopuruaren, karaktere-kopuruaren eta grafikoen alde-kopuruaren arabera, mezu aldakorrekotako hainbat panel-mota daude (konfigurazioak):

- 1) 12 karaktereko 3 lerro eta bi full-color grafiko dituen mezu aldakorrekotako panela.
- 2) 12 karaktereko 3 lerro eta full-color grafiko bat dituen mezu aldakorrekotako panela.
- 3) 12 karaktereko 2 lerro eta full-color grafiko bat dituen mezu aldakorrekotako panela.

LED teknologia da mezu aldakorrekotako paneletan erabiltzen den teknologia. Jarraibide tekniko honetan biltzen diren panelak full-color grafikoen aldeekin osaturiko konfigurazioei buruzkoak dira, baita hainbat karaktere-lerroko alde alfanumerikoei buruzkoak ere.

Tuneletako sarreretan eta tunelaren barruan jarriko diren LED teknologiako mezu aldakorrekotako paneletan eta seinaletan aplikatuko da jarraibide tekniko hau.

##### 4.1.5.1. Mezu aldakorrekotako panelaren ezaugarri teknikoak

EN 12966 arau proiektuan ezarritako eskakizunak bete behar dituzte mezu aldakorrekotako panel guztiak.

Honako elementu eta sistema hauek osatzen dute mezu aldakorrekotako panela:

##### LED IKUSTEKO PLAKAK

Mezu aldakorrekotako panel bateko grafikoen aldea zein alde alfanumerikoa LED ikusteko plaka-multzoak daude osatuta; plaka horiek pixel-taldeak osatzen dituzte ilarak eta zutabeak sortuz, eta pixel horiek, aldi berean, LED diodo-multzoez daude osatuta.

Ondoren LED ikusteko plaken osagaiak zehaztuko dira, baita horien eskakizunak eta ezaugarri teknikoak ere:

##### — LED:

LED diodoa (Lumini electric diode) da panela osatzen duen oinarritzko argi elementua. Alde alfanumerikoan, LED horia gomendatzen da; grafikoen alderako, berriz, LED gorria, berdea eta urdina erabili behar da, eta gutxienez honako argi intentsitate hauek izan behar dituzte:

- Led gorria: 1000 mcd.
- Led berdea: 620 mcd.
- Led urdina: 1200 mcd.
- Led horia: 1200 mcd.

Bidearen trazaketaren arabera, ikuspen-angelu handiagoak dituzten LEDak erabili behar dira, gehienez 120 graduraino, eta erabilitako ikuspen-angelua justifikatu behar da 120 gradukoa baino txikiagoa bada.

La comunicación de las remotas con los paneles de mensaje variable, señales de afección de carril y limitación de velocidad se realizará haciendo uso de protocolos normalizados. La actuación sobre los semáforos se realizará a través de contactos digitales.

#### 4.1.5. Paneles de Mensaje Variable

Los paneles de mensaje variable permiten difundir mensajes a los conductores que transitan por la vía utilizando elementos individuales que pueden encontrarse en uno de varios estados, pudiendo crear así varios mensajes en la misma cara del panel.

Para definir las especificaciones a cumplir por los distintos tipos de paneles considerados en esta Norma, se toma como referencia la Norma Europea EN 12966 sobre Paneles de Mensaje Variable, redactada por el comité técnico CEN/TC 226 «Equipos para carreteras». Se obliga a los criterios definidos en el proyecto de Norma Europea, sin perjuicio a que cuando se apruebe la versión definitiva se debe cumplir los requerimientos de la Norma UNE correspondiente a la transposición de la Norma Europea.

En un panel de mensaje variable se puede distinguir una zona gráfica y una zona alfanumérica. La parte gráfica es full-color y en ella se puede representar desde un gráfico, pictograma o texto. La zona alfanumérica está compuesta por una o varias líneas de caracteres en las cuales se muestran textos. Así en función del número de líneas de texto, su número de caracteres y del número de zonas gráficas se tienen varios tipos (configuraciones) de paneles de mensaje variables:

- 1) Panel de mensaje variable de 3 líneas de 12 caracteres y dos gráficos full-color.
- 2) Panel de mensaje variable de 3 líneas de 12 caracteres y un gráfico full-color.
- 3) Panel de mensaje variable de 2 líneas de 12 caracteres y un gráfico full-color.

La tecnología que se emplea en los paneles de mensaje variable es tecnología LED. Los distintos paneles que se engloban en esta instrucción técnica se refieren a configuraciones formadas por zonas gráficas full-color y alfanuméricas con varias líneas de caracteres.

Esta instrucción técnica será de aplicación a los paneles o señales de mensaje variable de tecnología LED que se instalen en los accesos a los túneles y en su interior.

##### 4.1.5.1. Características técnicas del panel de mensaje variable

Los Paneles de Mensaje Variable deberán cumplir con los requisitos establecidos en el proyecto de Norma EN 12966.

Un panel de mensaje variable está formado de los siguientes elementos y sistemas:

##### PLACAS VISUALIZADORAS DE LEDs

Tanto la zona gráfica como la alfanumérica de un panel de mensaje variable se componen de un conjunto de placas visualizadoras de LED, las cuales integran grupos de píxeles formando filas y columnas y estos píxeles a su vez están formados por conjuntos de diodos LEDs.

Se pasa a definir cada uno de los componentes que forman las placas visualizadoras de LEDs, así como los requisitos y características técnicas de estos:

##### — LED:

El diodo LED (Lumini electric diode) es el elemento luminoso base, que forma los paneles. Para la zona alfanumérica se recomienda el uso de LEDs de color ámbar, mientras que para la zona gráfica se emplean LEDs de color rojo, verde y azul, y deben tener al menos la siguiente intensidad luminosa:

- Led rojo: 1000 mcd.
- Led verde: 620 mcd.
- Led azul: 1200 mcd.
- Led ámbar: 1200 mcd.

En función del trazado de la vía se deberán emplear leds con ángulo de visión mayor, llegando hasta los 120 grados, justificando el ángulo de visión empleado si éste es menor de los 120 grados.

## — Pixela:

Diodo luminisizente-multzoak osaturiko elementuari deritzo pixela, baterako pizte-sistema duena.

Pixela osatzen duten LEDen tamaina, itxura eta kopuru desberdinak izan daitezke erabilitako LEDaren eta letraren tamainaren arabera. Horren ondorioz, plaka matrizearen gutxieneko tamaina sortzen da pixelaren euskarri gisa.

LEDen kopurua laukoa edo handiagoa izango da pixel alfanumeriko bakoitzeko.

LEDen kopurua hirukoa edo handiagoa izango da pixel grafiko bakoitzeko.

## — Plaka matrizea:

LEDeko taldeak lotzeko balio du plaka matrizeak; pixel-multzoek dago osatuta, ilarak eta zutabeak eginez.

Alde alfanumerikoko plakek, gutxienez, 7 ilara x 5 zutabeko matrizeak izango dituzte, horizontalean eta bertikalean distantziakideak.

Alde grafikoko plakak gutxienez 32x32 pixelez osatuta egongo dira, 32 ilara x 32 zutabetan banatuak, horizontalean eta bertikalean distantziakideak, multzo etena osatuz.

## ELIKATZE-ITURRIEN SISTEMA

LED multzoak eta mezu aldakorreko panela osatzen duten gainerako elementu elektronikoak edota elektrikoak elikatze tentsio egokia ematen duten elementuen multzoari deritzo elikatze-iturriari. Seinaleztapen-panelek elikatze trifasikoa izatea gomendatzen da, 380V 50 Hz.

## E.E.S.

E.E.S. sistema (Etengabeko Elikatze Sistema) da sistemaren ohiko funtzionamendurako behar diren elementu guztiak elikatze energiaren hornidura bermatzen duena, etengabeko energia edo alternoa eta 220 V-ko mailan C.P.U. ren elikatzea, baita markatzaileren aireztapen-sistema osoa ere (mantentze-korrontearen hartunea izan ezik). Gutxienez ordubetez egon behar du funtzionatzen sistemak.

Sistema honek panelean energia elektrikoa hornitzen du, panelearen tentsio trifasikoak edo monofasikoak huts eginez gero; gainera, bateriak edo metagailuak kargatzen ditu horiek guztiak erabat kargatuta ez badaude, hargune elektrikoa dagoenean.

## KARKASA

Panelaren elementuak, dispositiboak eta aparatuak biltzen diren itxitura da mezu aldakorreko panelaren karkasa, hots, agente atmosferikoen aurrean MAPeko osagaiei babesa ematen dien inguratzaila da karkasa. Panelaren babes-mailak gutxienez IP-55ekoa izan behar du.

Karkasaren barruan sartzeko, ate bat edo hainbat ate izan beharko ditu karkasak, sarreraren atzeko aldean jarrita. Ate horiek, gutxienez inguratzaileren azalera erabilgarri osoa bildu behar du (karaktare-lerroen kopurua eta grafikoen aldea), halako moldez non sarbide erraza ematen baitzaie osagai guztiei.

Itxiera-sistema izan behar dute ateeak; hala, ezin izango da atetatik sartu. Sistema horrek gutxieneko itxiera-tokien kopurua izan beharko du. Horien artean salbuetsitako distantzia metro batekoa izango da gehienez; gainera, sistema blokeatzeko modua emango duen tresna berezia edukiko du, panel osorako bakarra. Beraz, sistema ezin izango da abiarazi.

Halaber, euste-sistema izan beharko dute ateeak, atea finkatuta eta irekita daudenean nahigabe zabaltzea galaraziko duena. Euste-sistema horrek, gainera, finkapen-sistema izan beharko du, eskuz edo automatikoki piztuko dena atea guztiz irekitzen denean.

Finkapen-sistemak desblokeatzeko modua eman behar du tresnarik erabili behar izan gabe.

Ateek sistema bat izan beharko dute, airea sar dadin.

## — Píxel:

Llamamos Píxel al elemento formado por un grupo de diodos luminiscentes y que tiene un encendido conjunto.

El tamaño, forma y cantidad de LEDs que componen un píxel, puede variar en función del tamaño de letra y LED utilizado, lo que genera un tamaño mínimo de placa matriz como soporte del píxel.

El número de LEDs por píxel alfanumérico debe ser superior o igual a cuatro.

El número de LEDs por píxel gráfico debe ser superior o igual a tres.

## — Placa Matriz:

La placa matriz que sirve como engarce de los grupos de LEDs, está compuesta por grupos de pixeles formando filas y columnas.

Las placas de la zona alfanumérica están compuestas como mínimo por matrices de 7 filas x 5 columnas equidistantes en horizontal y vertical.

Las placas de la zona gráfica deberán estar compuestas como mínimo de 32x32 píxeles distribuidos en 32 filas x 32 columnas, equidistantes en horizontal y vertical, formando un continuo.

## SISTEMA DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN

Las fuentes de alimentación son el conjunto de elementos que proporcionan una tensión adecuada para la alimentación de los conjuntos de LEDs y demás elementos electrónicos/eléctricos que configuran el Panel de Mensaje Variable. Se recomienda que los paneles de señalización se alimenten en trifásica a 380V 50 Hz.

## S.A.I.

El sistema S.A.I. (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) es el que garantiza el suministro de energía para alimentar todos los elementos necesarios para el normal funcionamiento del mismo, ya sea en continua o en alterna, y a un nivel de 220 V para la alimentación de la C.P.U. así como todo el sistema de ventilación del marcador (excepto la toma de corriente de mantenimiento). El tiempo mínimo de funcionamiento debe ser de 1 hora.

Este sistema es el encargado de suministrar la energía eléctrica al panel, en caso de que falle la acometida trifásica o monofásica del panel, e ir cargando las baterías o acumuladores eléctricos en caso que estos no se encuentren cargados totalmente cuando se disponga de acometida eléctrica.

## CARCASA

La carcasa del panel de mensaje variable constituye el cerramiento en el que se alojan los diferentes elementos, dispositivos y aparatos componentes del panel. Es decir, la carcasa es la envolvente que proporciona protección a los componentes del PMV ante los agentes atmosféricos. El grado de protección del panel debe ser al menos IP-55.

La carcasa deberá incorporar, para permitir el acceso a su interior, una o varias puertas, situadas en su parte posterior. Estas puertas deberán abarcar, por lo menos, toda la superficie útil de la envolvente (número de líneas de caracteres y zona gráfica), de modo que proporcionen un fácil acceso a todos los componentes.

Las puertas deberán incluir un sistema de cierre que asegure su inviolabilidad. Este sistema deberá incorporar un número mínimo de puntos de cierre, de forma que la distancia exenta entre los mismos no supere 1 m, e incluir una herramienta particular, única para todo el panel, que permita bloquear dicho sistema, impidiendo su accionamiento.

Asimismo, estas puertas deberán incorporar un sistema de retención o fijación, que las fije e impida su cierre accidental cuando estén abiertas. El sistema de retención deberá incorporar un sistema de fijación que se accione, de forma manual o automática, cuando se realice la apertura total de la puerta.

El sistema de fijación de la retención deberá permitir su desbloqueo sin necesidad de empleo de herramientas.

Las puertas podrán disponer de un sistema que permita la entrada del aire.

Balitzko talken edo deskarga elektrikoaren kontrako babesa bermatzeko, konexio sistema izan beharko dute ateeak, horien eta karkasaren arteko perimetro osoan batasun elektrikoa bermatzeko.

#### AURREKO LEIHOAK

Mezu aldakorreko panelaren aurreko aldea halako moldez diseinatu da non mezua argi eta garbi ikusteko modua izango baita eta eskaturiko argi-mailak lortuko baitira.

Baldin eta panelak aurreko pantaila gardena badu, halako moldez fabrikatuko da pantaila non karkasaren egiturekiko konexioak bermatu egingo baititu lehenago azaldutako estankotasun-mailak eta, ahal dela, mantentze lanetan erraz kentzeko modukoak izango baitira.

Pantailan kondentsaziorik ez sortzeko ahaleginak egingo dira. Horretarako, neurri egokiak erabiltzeko agindua eman daiteke (berogailua, aireztapena...).

Aurreko pantaila gardena polikarbonatozkoa izango da, UV tratamendua duena eta erreflexioaren kontrako dena; 2/5 mm-ko lodiera izango du, edo antzeko prestazioak dituen materialekoa izango da.

#### BEROKUNTZA ETA AIREZTAPEN SISTEMA

Panelak etengabe funtzionatzea ahalbidetuko duten sistema osagarriak dira biak, panelaren tenperaturak funtzionamendu-ataleak gainditzeko dituen; horretarako, tenperatura-zundak izan behar ditu gutxienez panelak goiko eta beheko mugarako.

Berokuntza sistema izan dezakete panelek, elurra eta izotza pilatu ez dadin edo saretoetako aurreko leihoetan kondentsaziorik sor ez dadin; izan ere, horren ondorioz gerta liteke mezua ez ikusteko modua izatea.

Barruko airea hobeto berritzeko erabiltzen da, karkasak hai-zegailuak izan ditzan bere baitan.

#### C.P.U. ETA KOMUNIKAZIO SISTEMA

Plaka mikroprozesatu edo CPU batekin kontrolatzen da mezu aldakorreko panela; izan ere, mikroprozesadorea du sistemak.

Mikroprozesadoreko plakak, gutxienez, komunikazioko serieko bi portu izan behar ditu (RS-232C, RS-422, RS-485), eta horietatik bat kontrol zentralizatuko sistemarekiko komunikazioan erabiltzen da eta beste bat mantentze lanetako terminalarekiko komunikazioan. Portuen transmisio abiadurak barrutik programatzeko modukoa izan behar du. Serieko portuak izateaz gain, bestelako komunikazio-portuak izan behar dituzte MAPek, hala nola Ethernet portuak, betiere teknologiararen eboluzioaren eta sistemaren eskakizunen arabera.

Mezu aldakorreko paneletako komunikazioak komunikazioko portu eta protokolo estandarren bidez egin behar dira.

#### 4.1.5.2. Mezu aldakorreko panelen kokalekua.

Mezu aldakorreko panelak seinaleztapen dinamikoko sistemako elementuak dira eta tuneleko sarreraren seinaleztapen dinamikokoak zein tunelen barruko seinaleztapen dinamikokoak dira. Hala, tuneleko toki ezberdinetan jarriko dira: batzuetan sarreretan eta beste batzuetan barruko aldean. Honako hauek ditugu, beraz:

— Tuneletako sarreretako seinaleztapen dinamikoa.

Seinaleztapenaren arkitekturari buruzko atalean zehazten dira, baita tunelaren ahoarekiko distantziak ere.

Panela, kasu honetan, aluminiozko edo altzairu galvanizatuzko portikoaren gainean jarriko da, eta gutxienez bi pertsonentzat egongo da eskuragarri mantentze lanak egiteko. Trazaketaren ezaugarriak direla-eta portikoa ezin jar badaiteke, adibidez, erdibitzailea nahikoa ez bada, bandera eskuragarri bat jarriko da, eta bertan ipiniko da aipaturiko panel hori.

— Tunelaren barruko seinaleztapen dinamikoa.

Tunelaren sekzioko tokirik altuenean ainguratuta jarriko dira mezu aldakorreko panelak, betiere galtzadan zentratuta.

Para asegurar la protección contra posibles choques o descargas eléctricas, las puertas deberán disponer de un sistema de conexión, que garantice la unión eléctrica en todo el perímetro de ellas y la carcasa.

#### VENTANAS FRONTALES

La parte frontal del panel de mensaje variable deberá diseñarse de forma que no quede restringida de la visibilidad del mensaje y que se alcancen los niveles luminosos exigidos.

Cuando el panel esté dotado de una pantalla frontal transparente, ésta deberá ser fabricada de manera que su conexión con la estructura de la carcasa asegure los niveles de estanqueidad prescritos anteriormente y, si es posible, que pueda quitarse fácilmente para trabajos de mantenimiento.

Se deberá evitar la formación de condensaciones en la pantalla. Para ello podrá prescribirse la utilización de las medidas adecuadas (calefacción, ventilación...).

La pantalla frontal transparente será del tipo policarbonato, antirreflexivo con tratamiento UV y de un espesor entre 2/5 mm u otro material de similares prestaciones.

#### SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN

Ambos son sistemas auxiliares para permitir el continuo funcionamiento del panel cuando la temperatura de este ha traspasado los umbrales de funcionamiento, y para ello el panel como mínimo debe poseer sondas de temperatura, para el límite superior e inferior.

Los paneles podrán disponer del sistema de calefacción que evite la acumulación de nieve y hielo, o que se formen condensaciones en las rejillas o ventanas frontales que pudieran restringir la visibilidad del mensaje.

Para favorecer la renovación del aire interior la carcasa podrá alojar en su interior ventiladores.

#### C.P.U. Y SISTEMA DE COMUNICACIÓN

El panel de mensaje variable está controlado por una placa microprocesada o CPU, la cual contiene un microprocesador.

La placa de microprocesador debe contener al menos dos puertos serie de comunicación (RS-232C, RS-422, RS-485), de los cuales uno se emplea en la comunicación con el sistema de control centralizado y otro en la comunicación con el terminal de mantenimiento. La velocidad de transmisión de los puertos tiene que ser programable internamente. Además de tener que presentar puertos serie, los PMVs pueden poseer otros puertos de comunicaciones, tales como puertos Ethernet, en función de la evolución tecnológica y de los requisitos del sistema.

Las comunicaciones de los paneles de mensaje variable deben realizarse a través de puertos y protocolos de comunicaciones estándar.

#### 4.1.5.2. Ubicación de los paneles de mensaje variable

Los paneles de mensaje variable son elementos del sistema de señalización dinámica y forman parte tanto de la señalización dinámica en los accesos del túnel como de la señalización dinámica en el interior de los mismos. Así en función de si se trata de la señalización en los accesos como en el interior la ubicación varía. Así tenemos:

— Señalización dinámica en los accesos de los túneles.

En el apartado de la arquitectura de la señalización se precisa la separación entre los elementos que componen la señalización y las distancias con la boca del túnel.

El panel en este caso deberá ser instalado sobre un pórtico de aluminio o de acero galvanizado, que debe ser visible por al menos dos personas para labores de mantenimiento. En caso que por las características del trazado no pueda ser instalado un pórtico, por ejemplo si la mediana es insuficiente, se colocará una banderola también visible donde se instalará el panel en cuestión.

— Señalización dinámica en el interior del túnel.

Los paneles de mensaje variable irán instalados sobre una estructura anclada en la parte más alta de la sección del túnel y centrada en la calzada.

**4.1.5.3. Mezu aldakorreko panelen alarmak**

Mezu aldakorreko panelak beharrezko bitartekoak izango ditu gutxienez alarma edo funtzionamendu baldintza hauek detektatzeko:

- Ate irekia.
- Temperatura handiegia.
- Testu aktiboko egiturako eta memoria alfanumerikoko akatsa.
- Bateriak guztiz kargatuta.
- Hardwarearen barruko akatsa.
- Testuen memoriaren eta grafikoen korrupzioa.
- Argitasun neurriaren fotozelulako akatsa.
- Aireztapen akatsa eta piztuta dagoen aireztapenaren akatsa.
- Sarearen tentsioko akatsa eta LED gorri, berde, urdin, hori eta zuriaren tentsioaren akatsa.
- Potentzia-kontagailua pizteko akatsa eta itzalita dagoen iturriaren akatsa.
- Bateria baxuak.
- Matxura duten pixelen kopurua gutxi gorabehera, beti itzalita edota piztuta daudenak.

**4.1.6. Gurutze-geziko seinaleak eta abiadura mugatzeko seinale aldakorrak**

Gurutze-geziko seinaleek eta abiadura mugatzeko seinale aldakorrek hainbat itxura izan dezakete (piktogramak). Horiek guztiak pizteko, seinaleak duen zirkuitu mikroprozesadore bat erabiltzen da; zirkuitu horrek uneoro erakutsi behar duen piktograma edo irudiaren informazioa jasotzen du.

Jarraibide tekniko hau tunelen sarreretan eta barruko aldeetan jartzen diren LED teknologiako abiadura aldakorra mugatzeko seinaleei eta gurutze-geziko seinaleei aplikatu behar zaie.

**4.1.6.1. Errei-ukipenari eta abiadura mugatuari buruzko seinaleen gaineko ezaugarri teknikoak**

EN 12966 arauan ezarritako eskakizunak bete beharko dituzte errei-ukipenaren seinaleek.

Honako elementu hauek osatzen dituzte errei-ukipenaren seinaleek.

**LED IKUSTEKO PLAKAK**

Errei-ukipeneko seinaleak trafikoko seinale finakoak dira, maila batekin edo hainbat mailarekin, eta piktograma-multzo finkoa adieraz dezakete.

Horrela, honako piktograma edo alderdi hauek adierazi behar dituzte gurutze-geziko seinaleek:

- Gurutze gorria.
- Gezi bertikal berdea.

Eta 800 metrotik gorako tuneletarako haxe sartzeko gomen-dioa ere ematen da:

- Eskuineko gezi zehar horia.
- Ezkerreko gezi zehar horia.

Era berean, abiadura aldakorreko mugaren seinaleak abiadura mugaren seinalea adierazten du; muga hori 10 eta 90 km ordukoa da.

Lau zati ezberdinek osatzen dituzten gurutze-geziko seinaleak:

- Gurutze gorria: LED gorriez osatua.
- Gezi bertikal berdea: LED berdez osatua.
- Eskuineko gezi zeharra: LED horiz osatua.
- Ezkerreko gezi zeharra: LED horiz osatua.

Led-multzoak osatzen du aipaturiko zati edo piktograma hori bakoitza, eta batera pizten da led-talde bakoitza. Piktogramak banan-banan pizten dira, eta ezin erakutsi daiteke irudi bat baino gehiago aldi berean.

**4.1.5.3. Alarmas de un panel de mensaje de variable**

El panel de mensaje variable deberá disponer de los medios necesarios para detectar al menos las siguientes alarmas o condiciones de funcionamiento:

- Puerta abierta.
- Exceso de temperatura.
- Error en estructura de texto activo y en memoria alfanumérica.
- Baterías totalmente cargadas.
- Error interno del hardware.
- Corrupción de memoria de textos y de gráficos.
- Fallo en fotocélula de medida de luminosidad.
- Fallo en la ventilación y en la ventilación activada.
- Fallo en la tensión de red y de la tensión del LED rojo, verde, azul, ámbar y blanco.
- Fallo en activación de contactor de potencia y de fuente de alimentación parada.
- Baterías bajas.
- Número estimado de píxeles con avería siempre encendidos y/o apagados.

**4.1.6. Señales aspa-flecha y de limitación de velocidad variable**

Las señales de aspa-flecha y las señales de límite de velocidad variable son señales que pueden mostrar varios aspectos (pictogramas). El encendido de los distintos aspectos se realiza a través de un circuito microprocesador incorporado en la señal, el cuál recibe la información del pictograma o figura que debe mostrar en cada momento.

Esta instrucción técnica será de aplicación a las señales de aspa-flecha y señales de límite de velocidad variable de tecnología LED que se instalen en los accesos e interior de los túneles.

**4.1.6.1. Características técnicas de las señales de afección de carril y de limitación de velocidad.**

Las señales de afección de carril deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Norma EN 12966.

Las señales de afección de carril están compuestas por los siguientes elementos.

**PLACAS VISUALIZADORAS DE LEDS**

Las señales de afección de carril son señales fijas de tráfico con uno o varios niveles de contenido pudiendo representar un conjunto de pictogramas fijo.

De esta forma las señales de aspa-flecha deben poder mostrar los siguientes pictogramas o presentar los siguientes aspectos:

- Aspa roja.
- Flecha vertical verde.

Y se recomienda que para túneles de más de 800 metros también se incorpore:

- Flecha oblicua derecha ámbar.
- Flecha oblicua izquierda ámbar.

Del mismo modo la señal de límite de velocidad variable representará la señal de límite de velocidad pudiendo configurarse este entre los 10 y los 90 km/h.

Las señales de aspa-flecha están compuestas por cuatro partes diferenciadas:

- Aspa roja: formada por LEDs de color rojo.
- Flecha vertical verde: formada por LEDs de color verde.
- Flecha oblicua derecha: formada por LEDs de color ámbar.
- Flecha oblicua izquierda: formada por LEDs de color ámbar.

Cada una de estas partes o pictogramas están formados por un conjunto de leds, activándose cada grupo de leds de forma conjunta. Cada pictograma se activa de forma individual no pudiendo representarse más de una figura al mismo tiempo.

Píxelek eguneko argiarekin eta eguzki-argi zuzenarekin ikusteko nahikoa argitasun izan behar dute píxelek.

Tunelaren arabera abiadura mugatzen duten led-seinaleek bi zati dituzte:

- Orla gorria: LED gorriek osaturikoa.
- Digituak. Unitateen digitua zero da beti, eta digitu finko horrekin led-plaka batekin dago osatuta, eta gainera ledak ikusteko beste plaka matrize bat ere badu hamarrekoen digiturako. LEDak horiak izango dira.

Led gorrien hiru zirkunferentzia zentrokidez egon behar da osatuta orla gorria. Radio handiena duen zirkunferentziaren diametroak gutxienez 800 mm-koa izan behar ditu.

Hamarrekoen digitua pixelen matrize horiarekin osaturiko ledak ikusteko plaka baten bidez erakutsiko da. Píxelek, gutxienez, 4 led hori dituzte.

Hamarrekoen digitua erakusteko plakak, gutxienez, 7 ilara x 5 zutabeko matrize izango ditu, horizontalean eta bertikalean distantziakideak.

Unitateen digitua finkoa da eta led horiko bi obalo zentrokiderekin dago osatuta.

Digituaren garaiera, gutxienez, 600 mm-koa izango da.

#### ELIKATZE-ITURRIEN SISTEMA

LEDen multzoak eta errei-ukipenaren seinaleko gainerako elementu elektronikoak edota elektrikoak elikatzeke tentsio egokia ematen duten elementuen multzoa dira elikatze-iturriak; halakoa izan daiteke zirkuitu mikroprozesadorea. Ekipoa korrante alferno monofasikoarekin elikatzea gomendatzen da, 220 V eta 50 Hz-koa hain zuzen.

#### KARKASA

Led-ak ikusteko plakak biltzen diren itxiera da seinaleen karkasa; seinale bakoitza osatzen duten elikatze-iturrien eta iturri elektrikoaren sistema da, hots, seinaleen osagaiak agente atmosferikoen, ingurumen-eraginaren eta gainerako kanpoko elementuen kontra babesten dituen ingurutzaila da karkasa.

Seinaleetako karkasaren metalezko elementuak korrosioaren kontrako material erresistenteekin fabrikatu edo estali behar dira.

Ekipoak IP-55 babes-maila lortu behar du. Atzeko atea karkasaren lur-sarera konektaturik egon behar da.

#### AURREALDEKO LEIHOA

Aurrealdeko babes gardena eragin handiko metakrilato edo polikarbonatozko leihoekin egingo da, UV tratamenduarekin, eta erreflexioaren kontrako tratamendua eta 2 eta 5 mm bitarteko lodiera izango ditu (edo antzeko propietateak dituen beste material batekoak). Karkasaren egiturari finkatuko da aurrealdeko babesa, IP-55 estankotasun-mailak bermatu ahal izateko.

#### C.P.U. ETA KOMUNIKAZIO SISTEMA

Plaka mikroprozesatuarekin kontrolatu behar dira gurutze-geziko seinaleak eta abiaduraren muga aldakorreko seinaleak, RS 422 edo RS 485 komunikazio linearekin, eta hornitzaileak erabilitako komunikazio-protokoloa dokumentatu behar du nahitaez.

#### 4.1.7. Barneko semaforoa

Barneko semaforoek Semafoeren EN 12368 Europako Araua LED semafoerei aplikatzeko gomendioetan ezarritako eskakizunak bete beharko dituzte.

#### EZAUGARRI OROKORRAK

- Modularrak izango dira. Modulu-unitatea fokua da, lente-diametroa 200 mm-koa duena.
- Hiru foku dituzte semaforoek: gorria, berdea eta horia.
- Barrerako semaforoek bi foku dituzte: gorria, gorria.
- Bisera dute argi-contrastea emateko.

Los píxeles deben tener una luminosidad suficiente para ser vistos con luz diurna e incidencia solar directa.

Las señales de leds en las que se limita la velocidad según las condiciones del túnel están constituidas por dos partes:

- Orla roja: formada por LEDs rojo.
- Dígitos. El dígito de las unidades siempre es cero formado por una placa de leds con este dígito fijo y una segunda placa matriz visualizadora de leds variable para el dígito de las decenas. Los LEDs serán de color ámbar.

La orla roja está formada al menos por tres circunferencias concéntricas de leds rojos. El diámetro de la circunferencia de radio mayor debe ser como mínimo de 800 mm.

El dígito de las decenas se presentará por medio de una placa visualizadora de leds formada por una matriz de píxeles ámbar. Los píxeles estarán compuestos como mínimo de 4 leds ámbar.

La placa visualizadora que representa al dígito de las decenas está compuesta como mínimo por matrices de 7 filas x 5 columnas equidistantes de horizontal y vertical.

El dígito de las unidades es fijo y está formado por dos óvalos concéntricos de leds ámbar.

La altura del dígito debe ser como mínimo de 600 mm.

#### SISTEMA DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN

Las fuentes de alimentación son el conjunto de elementos que proporcionan una tensión adecuada para la alimentación de los conjuntos de LEDs y demás elementos electrónicos/eléctricos que configuran la señal de afeción de carril como puede ser el circuito microprocesador. Se recomienda alimentar el equipo con corriente alterna monofásica a 220 V y 50 Hz.

#### CARCASA

La carcasa de las señales constituye el cerramiento en el que se alojan las placas visualizadoras de leds, el sistema de fuentes de alimentación y la electrónica que componen cada señal, es decir, la carcasa es la envolvente que proporciona protección a los componentes de la señal antes los agentes atmosféricos, impactos y demás elementos externos.

Los elementos metálicos de la carcasa de las señales deberán estar fabricados o revestidos con materiales resistentes a la corrosión.

El equipo deberá alcanzar un grado de protección IP-55. La puerta trasera deberá estar conectada a la red de tierra de la carcasa.

#### VENTANA FRONTAL

La protección frontal transparente se realizará en base de ventanas de policarbonato o metacrilato de alto impacto, antirreflexivo con tratamiento UV y de un espesor entre los 2 y los 5 mm (u otro material de similares propiedades). La protección frontal debe ser fijada a la estructura de la carcasa asegure los niveles de estanqueidad IP 55.

#### C.P.U. Y SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Las señales de aspa-flecha y de límite variable de velocidad deben estar controladas por una placa microprocesada, con una línea de comunicaciones RS 422 ó RS 485, teniendo el proveedor obligación de documentar el protocolo de comunicaciones utilizado.

#### 4.1.7. Semáforo interior

Los semáforos interiores deberán cumplir con los requisitos establecidos en las «Recomendaciones para la aplicación de la Norma Europea de semáforos EN 12368 a los semáforos de LEDs».

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Serán modulares. La unidad módulo es el foco de diámetro de lente de 200 mm.
- Los semáforos estarán compuestos de 3 focos: Rojo, Verde y Ámbar.
- Los semáforos estarán compuestos de 2 focos: rojo y ámbar.
- Incorporarán visera para facilitar contraste luminoso.

## EZAUGARRI OPTIKOAK

- Lenteek gardenak izan behar dute, erreflexioaren kontrako polikarbonatuaz eginak, U.V irradiazioaren kontrako tratamenduarekin eta talken kontrako erresistentziarekin.
- Irekiera estukoak izango dira fokuak, W klasekoak, errepideetako distantzia luzeak ikusteko egokiak baitira.
- Itxura zirkularrean eta kolore distiratsuekin ikusiko da lanpara. Luminantziaren uniformitateak EN 12368 arauko 6.5. puntuan ezarritako irekiera estuko fokuetarako (W klasea) eskatzen dena bete beharko du.
- Argi-intentsitateak gutxienez EN 12368 arauko 6.3. puntuan ezarritako 2. mailako 1. klaseko prestazioak emango ditu (hau da, 200 cd - 800 cd semaforo gorrietan eta horietan). Lanpararen argi-intentsitatea gehienez 2500 cd-koa izango da.
- EN 12368 arauko 6.4. puntuetako 3. taulako (W klaseko fokuak) balioei egokitu zaien argi-intentsitatearen banaketa.
- Argi gorriaren, berdearen eta horiaren koloreek EN 12368 arauaren 6.7. puntuko 7. taulan ezarritako kolore-aldeen barruan egon behar dute.
- Diodoen atzeko alde beltza izango da.
- Mamu-efektua ez da izango EN 12368 arauaren 6.6. puntuko 6. taulako 1. klaserako erakutsitako balioak baino handiagoa.

## EZAUGARRI FISIKOAK

- Erresistenteak: giroaren, atmosferaren zikinaren eta korrosioaren kontra.
- Temperatura-marjina: -15 - 60 °C (A klasea).
- Babes-maila: IP-55, UNE 20-324-78 1R arauaren arabera.
- Korrosioaren kontrako erresistentzia: CEI 68.2-11K arauaren arabera.

## EZAUGARRI ELEKTRIKOAK

- AC elikatze-tentsioa:  $V_{AC} = 230 \text{ V} + \% 10 - \% 15$ . 50 Hz-ko maiztasuna izango da.
- DC elikatze-tentsioa:  $V_{DC} = 12-24 \text{ V}$ .

**4.1.8. Kanpoko semaforoa**

Trafiko erregulatuak: kolore gorria, horia eta berdea izan dezakete.

«Semaforoen EN 12368 Europako araua LED semaforoei aplikatzeko gomendioak» direlakoetan ezarritako eskakizunak bete behar dituzte kanpoko semaforoek.

## EZAUGARRI OROKORRAK

- Modularrak izango dira. Modulu-unitatea fokua da, lentearen diametroa 300 mm-koa izanik.
- 3 foku izango dituzte semaforoek: gorria, berdea eta horia.
- Barrerako semaforoek 2 foku izango dituzte: gorria, gorria.
- Bisera izango dute argi-contrastea emateko.

## EZAUGARRI OPTIKOAK

- Lenteek gardenak izan behar dute, erreflexioaren kontrako polikarbonatuaz eginak, U.V irradiazioaren kontrako tratamenduarekin eta talken kontrako erresistentziarekin.
- Irekiera estukoak izango dira fokuak, N klasekoak, errepideetako distantzia luzeak ikusteko egokiak baitira.
- Itxura zirkularrean eta kolore distiratsuekin ikusiko da lanpara. Luminantziaren uniformitateak EN 12368 arauan ezarritako irekiera estuko fokuetarako (N klasea) eskatzen dena bete beharko du.

## CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS

- Las lentes deben ser transparentes fabricadas en policarbonato antireflexivo, con tratamiento anti radiación U.V. y resistente a impactos.
- Los focos serán de amplia apertura, tipo W, que permitan un buen reconocimiento de la señal en distancias cortas.
- La lámpara se verá como una forma circular y brillante. La uniformidad de luminancia cumplirá con lo exigido para los focos de amplia apertura (tipo W) en el punto 6.5 de la norma EN 12368.
- La intensidad luminosa alcanzará al menos las prestaciones de nivel 2, clase 1 indicadas en el punto 6.3 de la norma EN 12368 (es decir desde 200 cd hasta 800 cd para los semáforos rojo y ámbar). La lámpara no excederá de una intensidad luminosa máxima de 2500 cd.
- La distribución de la intensidad luminosa se ajustará a los valores de la Tabla 3 (focos de tipo W) incluidos en el punto 6.4 de la norma EN 12368.
- Los colores de la luz roja y ámbar deberán estar incluidos en las regiones cromáticas establecidas en la Tabla 7 del punto 6.7 de la norma EN 12368.
- El fondo de los diodos deberá ser negro.
- El efecto fantasma no excederá de los valores mostrados para la clase 1 en la Tabla 6 del punto 6.6 de la norma EN 12368.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- Resistentes: A intemperie, atmósfera sucia y corrosión.
- Margen de temperatura: -15 a 60 °C (clase A).
- Grado de protección: IP-55, según UNE 20-324-78 1R.
- Resistencia a la corrosión: Según CEI 68.2-11K.

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

- Tensión alimentación AC:  $V_{AC} = 230 \text{ V} + 10\% - 15\%$ . La frecuencia será de 50 Hz.
- Tensión alimentación DC:  $V_{DC} = 12-24 \text{ V}$ .

**4.1.8. Semáforo exterior**

Reguladores de tráfico en base a los colores rojo, ámbar y verde.

Los semáforos exteriores deberán cumplir con los requisitos establecidos en las «Recomendaciones para la aplicación de la Norma Europea de semáforos EN 12368 a los semáforos de LEDs».

## CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Serán modulares. La unidad módulo es el foco de diámetro de lente de 300 mm.
- Los semáforos estarán compuestos de 3 focos: Rojo, Verde y Ámbar.
- Los semáforos de barrera estarán formados por 2 focos: Rojo, Rojo.
- Incorporarán visera para facilitar contraste luminoso.

## CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS

- Las lentes deben ser transparentes fabricadas en policarbonato antireflexivo, con tratamiento anti radiación U.V. y resistente a impactos.
- Los focos serán de estrecha apertura, tipo N, al ser los adecuados para el reconocimiento a largas distancias en carreteras.
- La lámpara se verá como una forma circular y brillante. La uniformidad de luminancia cumplirá con lo exigido para los focos de estrecha apertura (tipo N) en la norma EN 12368.

- Argi-intentsitateak gutxienez 12368 arauan agertzen diren 2. mailako 1. klaseko prestazioak eman beharko ditu (hau da, 200 cd - 800 cd semaforo gorri, berde eta horian). Lanpararen argi-intentsitatea, gehienez, 2500 cd-koa izango da.
- EN 12368 arauan ezarritako N klaseko fokuetarako balioei egokituko zaie argi-dentsitatearen banaketa.
- Argi gorriaren, berdearen eta horiaren koloreek EN 12368 arauan ezarritako kolore-aldeetan egon beharko dute sartuta.
- Beltza izango da diodoen atzeko aldea.
- Mamu-efektua ez da izango EN 12368 arauan I. klaserako ezarritako balioak baino handiagoa.

## EZAUGARRI FISIKOAK

- Erresistenteak: giroaren, atmosferaren zikinaren eta korrosioaren kontra.
- Temperatura-marjina: -15 - 60 °C (A klasea).
- Babes-maila: IP-55, UNE 20-324-78 1R arauaren arabera.
- Korrosioaren kontrako erresistentzia: CEI 68.2-11K arauaren arabera

## EZAUGARRI ELEKTRIKOAK

- AC elikatze-tentsioa:  $V_{AC} = 230 \text{ V} + \% 10 - \% 15$ . 50 Hz-ko maiztasuna izango da.
- DC elikatze-tentsioa:  $V_{DC} = 12-24 \text{ V}$ .

4.1.9. *Itxierako barrerak*

Seinaleztapen akustikoa eta argizkoa izan behar dute berekin barrerak, ahal den neurrian ibilgailuek barreren kontra ez jotzeko. Honako hau izango da seinaleztapena: gorria - horia semaforo bat barrerak (aurreko atalean azaldutakoaren antzeko ezaugarriak dituztenak) eta sirena bat, gidariak ohartarazteko barrera jaitsi behar denean.

## EZAUGARRI FISIKOAK

Material arinekoa eta deformatzeko modukoa izango da barrera. Barrerak jaitzita daudenean gidarientzako arriskurik egon ez dadin eta automobilek barrak jo ez ditzaten mugimendu horizontala egiteko modua eman behar dute barrerak.

Barreraren berezko mugimendua bertikala da; izan ere, igota badago ibilgailuak pasa daitezke eta, tunelean sartzea galarazteko, jaitsi egiten da. Gainera, mugimendu horizontala ahalbidetu behar du, zertarako-eta, erabiltzailea barreren kontra jotzen bada, barrera malguak izateko eta gizakien kontrako kalteak txikitzeko; degondabilitatea deritzo ezaugarri horri.

Barrerak galtzadaren zabalera osoa hartu behar du. Ezinezkoa bada barrera batekin, bi jarriko dira, galtzadaren albo banatan.

Mastaren adarra lerro gorriekin eta zuriekin margotu behar da, bertara hurbiltzen diren gidariek masta ikus dezaten.

Mastaren mugimendu bertikala egiten duen motore elektrikoa duen karkasak eta kontrolerako eta babeserako beharrezko elektronikak, gutxienez, IP-54 babes-maila izango dute.

## EZAUGARRI ELEKTRIKOAK ETA ELEKTRONIKOAK

Barreraren agintearen eta kontrolaren logika barne programa duen mikroprozesadorearekin egiten da. Erregulatzeko modukoa izan behar du abiadurak, betiere abiaduraren kontrola izanik.

Tokian bertan zein urrutitik kontrolatzeko modukoa izan behar du barrerak, RS-232, RS-422 3 edo RS-485 komunikazio seriearen bidez. Barrerak igotzeko, jaisteko, blokeatzeko, oztipoa detektatzeko eta abiadura erregulatzeko, urrutiko kontrola egin daiteke.

Barreraren kontrolaren bidez, oztipoa detektatzeko modua egon behar da zapaldua ez izateko sistema elektronikoa erabiliz betiere; izan ere, sistema horrek mugimendua berehala geldiaraztea aurreikusten du.

- La intensidad luminosa alcanzará al menos las prestaciones de nivel 2, clase 1 indicadas en la norma EN 12368 (es decir desde 200 cd hasta 800 cd para los semáforos rojo, verde y ámbar). La lámpara no excederá de una intensidad luminosa máxima de 2500 cd.
- La distribución de la intensidad luminosa se ajustará a los valores para los focos tipo N incluidos en la norma EN 12368.
- Los colores de la luz roja, verde y ámbar deberán estar incluidos en las regiones cromáticas establecidas en la norma EN 12368.
- El fondo de los diodos deberá ser negro.
- El efecto fantasma no excederá de los valores mostrados para la clase 1 en la norma EN 12368.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- Resistentes: a intemperie, atmósfera sucia y corrosión.
- Margen de temperatura: -15 a 60 °C (clase A).
- Grado de protección: IP-55, según UNE 20-324-78 1R.
- Resistencia a la corrosión: Según CEI 68.2-11K.

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

- Tensión alimentación AC:  $V_{AC} = 230 \text{ V} + 10\% - 15\%$ . La frecuencia será de 50 Hz.
- Tensión alimentación DC:  $V_{DC} = 12-24 \text{ V}$ .

4.1.9. *Barreras de cierre*

Las barreras tienen que llevar asociada una señalización acústica y luminosa con objeto de prevenir en lo posible la colisión de vehículos contra estas. La señalización se compondrá de un semáforo rojo - rojo por barrera (de similares características a los descritos en el apartado anterior) y una sirena para advertir a los conductores de la bajada de la barrera.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

El brazo debe ser construido en material ligero y deformable. Para que las barreras no supongan un peligro para los conductores en caso de que se encuentren bajadas y que los automóviles impacten con ellas las barreras deben tener un movimiento horizontal.

El movimiento natural de la barrera es vertical, donde si se encuentra subida permite el paso de los vehículos y se baja para prohibir la entrada al túnel. Además, las barreras deben permitir un movimiento horizontal para que si un usuario impacta contra ellas, las barreras cedan y se minimicen los daños humanos, a esta característica se le conoce como degondabilidad.

La barrera debe cubrir todo el ancho de la calzada, si no es posible con una barrera se instalarán dos, una en cada lateral de la calzada.

El brazo del mástil tiene que estar pintado con franjas rojas y blancas reflectantes para que sea visible para los conductores que se acerquen hacia él.

La carcasa que contiene el motor eléctrico que realiza el movimiento vertical del mástil, así como la electrónica necesaria para el control y las protecciones necesarias, con un grado de protección IP54 como mínimo.

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Y ELECTRÓNICAS

La lógica de mando y control de la barrera se realiza mediante microprocesador con programa interno. La velocidad de la barrera tiene que poder ser regulada, poseyendo un control de la velocidad.

La barrera tiene que poder ser controlada tanto de forma local como remota mediante una comunicación serie RS-232, RS-422 o RS-485. Se permite el control remoto sobre la subida, bajada, bloqueo, detección de obstáculo y regular la velocidad.

El control de la barrera tiene que permitir la detección de un obstáculo durante la bajada a través de un sistema electrónico antiplastamiento que prevé la parada inmediata del movimiento.

Barrerak larrialdietan gelditzeko modua izan behar du, oztopoa detektatzeko fotozelulen sistema baten bitartez.

Aribideko lanetan, urrutitik martxa aldatzeko edo gelditzeko konfigurazioa izateko modua egon behar da.

## 4.2. Galibo kontrola

### 4.2.1. Sarrera

Onartutako galiboa gainditzen duten ibilgailuak tunelean sartzea galarazten duen sistema da. Ibilgailuen zirkulazio librerako galiboa 5,5 metrokoa edo handiagoa duen tunel orok garaiera kontrolatzeko sistema izan behar du, gehieneko garaiera gainditzen duten ibilgailuak tunelean sar ez daitezzen. Bidesaria ezarrita duten bide-etako tunelak salbuetsita daude baldin eta gehiegizko galiboa duten ibilgailuek tunelean sartzeko modurik ez badute, kontrol hori bidesaria ordaintzeko guneetan egiten dela-eta.

Hona hemen galiboko sistema osatzen duten elementu nagusiak:

- Galibo kontrolaz ohartarazteko seinale bertikal finkoa.
- Galibo kontrol mekanikoa eta elektronikoa.
- Gehiegizko galiboaren ezkutuko seinalea, toki mailan pizten den gehiegizko galiboaren alarma elektronikoa pizten denean.

Galiboa kontrolatzeko sistema halako distantzian kokatuko da non ibilgailua tunelean sartu baino lehen gelditzeko modua izango baita.

Baldin eta tunelak sarrerak ixteko instalazioak baditu (seinalez tapen dinamikoa), tunela ixteko ekipo horiek baino lehen jarriko da gehiegizko galiboa duten ibilgailuentzat gordetako gelditzeko gunea. Gelditzeko guneek kontrolako zentroarekin komunikatzeko sistema izan behar dute, garaiera altuegia duten ibilgailuetako erabiltzaileek operadoreengandik jarraibideak jaso ditzaten.

Baldin eta tunela ahalmen handiko bidean badago, galiboa kontrolatzeko sistema bikoiztea gomendatzen da, beste kontrol bat egiteko azken desbideraketa baino lehen.

### 4.2.2. Diseinu irizpideak

Galiboa osatzen duten elementu eta instalazio guztien arteko distantzia halako moldez finkatuko da non erabiltzaileak nahikoa denbora izango baitu seinalearen aurrean erreakzionatzeko eta, hala, maniobra modu seguruan egin ahal izateko.

Galibo kontrolak honako hauek izan behar ditu jarrita tuneleko sarreretan:

- Galibokoaren kontroleko aurre-abisua emateko seinalea.
- 150 metrora, 6 metroko altzairuzko kontroleko portikoa, 5,00 metroko altueran dagoen sumgailu elektronikoarekin batera; gainera, altueraren detekzio mekanikoa ere izango du. Portiko horrekin batera, ibilgailuak detektatzeko ekipoa egongo da, errei bakoitzeko sensore batekin eta sentzore bakoitzeko detektatzaile batekin osatuta.
- Galiboa detektatzen den tokitik 200 metrora gehiegizko altueraren seinalea ezkututzen da eskuineko aldean, betiere zirkulazioaren norabidean.
- Ezkutuko seinalearen 150 metrora, gehiegizko galiboa duen ibilgailua geldiarazteko gordetako gunea dago. SOS zutoina jartzea aurreikusi da, erabiltzaileak kontroleko zentroarekin komunikatzeko modua izan dezan.

Galiboa kontrolatzeko elementuen eta horien eta tuneleko ahoaren arteko elementuen arteko distantziak ingurunearen ezaugarrien eta bidearen trazaketaren geometria bereziaren arabera egokitu ahal izango dira (inguruetakoin seinalez tapenaren ikuspena, tuneleko sarreraren ikuspena gelditzeko tokitik, azken desbideraketa hurbil egotea...).

La barrera tiene que poseer una parada de emergencia, con un sistema de fotocélulas para la detección de un obstáculo.

Tiene que ser posible configurar de forma remota la inversión de marcha o parada durante operación en curso.

## 4.2. Control de Gálibo

### 4.2.1. Introducción

Sistema que evita que entren en un túnel vehículos que sobrepasen el gálibo admitido. Todo túnel cuyo gálibo de circulación libre para los vehículos sea igual o inferior a 5,5 metros debe contar con un sistema de control de altura para evitar que aquellos vehículos que superen la altura máxima entren en el túnel. Se exceptúan los túneles de vías de peaje en las que no sea posible el acceso a los túneles de vehículos con exceso de gálibo, por realizarse este control en las áreas de peaje.

Los principales elementos de los que consta el sistema de gálibo son:

- Señal vertical fija de aviso de control de gálibo.
- Control de gálibo mecánico y electrónico.
- Señal oculta de exceso de gálibo que se activa de forma local cuando se salta la alarma electrónica de exceso de gálibo.

El sistema de control de gálibo se debe situar a una distancia que permita detener el vehículo antes de que este entre en el túnel.

Si el túnel dispone de instalaciones para cerrar el acceso (señalización dinámica), el área de parada reservada para los vehículos con exceso de gálibo se situará con antelación a dichos equipos de cierre de túnel. Las áreas de parada deben disponer de un sistema de comunicación con el centro de control para que los usuarios con vehículos con exceso de altura puedan recibir instrucciones de los operadores.

Si el túnel se encuentra en una vía de alta capacidad se recomienda duplicar el sistema de control de gálibo ubicando otro control antes del último desvío.

### 4.2.2. Criterios de diseño

La distancia entre cada uno de los elementos e instalaciones que integran el gálibo tiene que ser de tal manera que el usuario tenga el tiempo suficiente para poder reaccionar a la señalización y así poder efectuar las maniobras necesarias de manera segura.

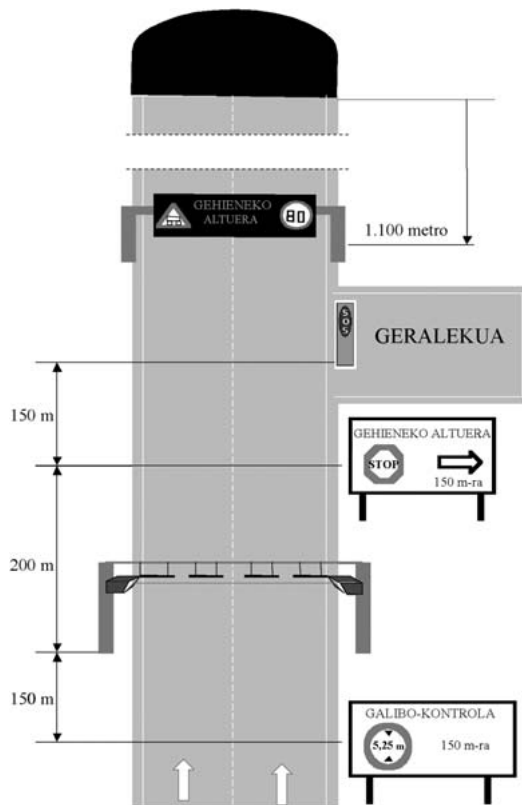
El control de gálibo en los accesos del túnel debe tener instalado:

- Señal de preaviso de control de gálibo.
- A 150 metros, pórtico de control de gálibo de acero de 6 metros con un detector electrónico situado a una altura de 5,00 metros, además de incluir la detección mecánica de altura. Este pórtico debe ir acompañado de un equipo detector de vehículos formado por un sensor por carril y un detector por cada sensor.
- A 200 metros de la detección del gálibo se sitúa la señal oculta de exceso de altura en el lado derecho según el sentido de la circulación.
- A 150 metros de la señal oculta se encuentra el área reservada para la detención del vehículo con gálibo excesivo. Se ha previsto la instalación de un poste SOS para que el usuario pueda comunicarse con el Centro de Control

Las distancias entre los elementos del control de gálibo y entre éstos y la boca de los túneles se podrán adaptar en función de las características del entorno y a la geometría particular del trazado de la vía (visibilidad de la señalización en las inmediaciones, visibilidad de la entrada al túnel desde el sitio de parada, proximidad del último desvío...).



Ondoren, tuneletako sarrerren seinaleztapen arkitektura agertzen dira, horietako bakoitza erabakitzeko irizpideak eta guzti.



Tunelen sarreretan jarritako galibo kontrolaren arkitektura agertzen da irudian.

#### 4.2.3. Galiboko sistemaren kontrola

Galiboaren sistemaren kontrola PCL motako edo antzeko dispositibo programagarriren baten bitartez egingo da.

Ekipo horrek sumagailuen seinale guztiak, fotozelula, ezkutuko seinalea eta bereak jasotzen ditu eta seinale egokia prozesatu eta transmititzen dio (galiboaren alarma eta bide sistemaren alarma) kontrolerako zentroari; aldi berean, pizteko agindua igortzen dio ezkutuko seinaleari.

Ekipo honek kontrolatzen du tokian bertan ezkutuko seinalea; izan ere, infragorrien barrerak gehiegizko seinalea jasotzean, ezkutuko seinalea pizteko seinalea igortzen du.

#### 4.2.4. Galiboa kontrolatzeko seinale bertikal finkoa

Informazioa emateko aurretiazko seinalea da, galiboaren kontroleratik 150 metrora kokatua, gidariei informazioa emateko: tunelean baimendutako galiboa eta bide alternatiboan aukeraketa jakinaraziko die galibo hori gainditzen denean.

Galiboaren kontrolerako aurretiazko ohartarazpenaren seinaleak indarreko arautegia bete beharko du.

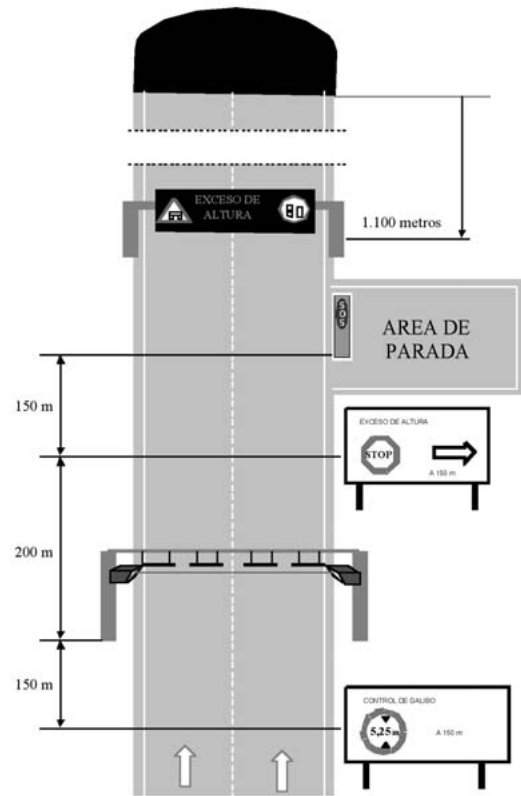
#### 4.2.5. Galibo elektronikoen eta mekanikoen kontrola

Honako ekipo hauek osatzen duten galibo elektronikoen kontrola:

1. Ibilgailuak detektatzeko ekipoa, errei bakoitzean sensore bat eta sensore bakoitzean sumagailu bat dituela. Barreraren azalera etengo duten nahigabeko elementuen bidez sistema abiaraz ez dadin, ibilgailuen sumagailua jarriko da, ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemari dagokionaren antzekoa, eta horri esker, galiboaren alarma pizten denean baliagarria izango da soilik ibilgailua dagoela baieztatzen denean.

2. Infragorrien barrera modulatu, eguzkiaren irradiazioaren edo giroko edozein argiztapen-motaren kontrako inerteia dena eta gutxienez 25 m-ko irismena duena 6 m-ko altuerako galiboko kontrolaren portikoaren gainean; profil bat ezartzen da nahi den galiboa erregulatu ahal izateko (4.5 eta 5.75 m bitartekoa). Zutabe horie-

Se presentan las distintas arquitecturas de señalización en los accesos del túnel con los criterios para adoptar cada una de ellas.



La figura muestra la arquitectura del control de gálibo instalado en los accesos de los túneles.

#### 4.2.3. Control de un sistema de gálibo

El control del sistema de gálibo se realiza a través de un dispositivo programable tipo PLC o similar.

Este equipo recibe todas las señales de los detectores, foto-célula, señal oculta y las suyas propias, las procesa y transmite la señal correspondiente (alarma de gálibo o alarma de sistema) al centro de control, a la vez que envía la orden de encendido a la señal oculta.

La señal oculta es controlada localmente por este equipo, que al recibir la señal de exceso de gálibo por la barrera de infrarrojos, envía la señal de activación de la señal oculta.

#### 4.2.4. Señal vertical fija de control de gálibo

Señal previa informativa ubicada a una distancia de 150 metros al control de gálibo para informar a los conductores del gálibo permitido en el túnel y la elección de rutas alternativas en caso que se sobrepase dicho gálibo.

La señal de preaviso de control de gálibo deberá cumplir con la normativa vigente.

#### 4.2.5. Control de gálibo electrónico y mecánico

El control de gálibo electrónico está formado por los siguientes equipos:

1. Un equipo detector de vehículos formado por un sensor por carril y un detector por cada sensor. Para evitar que el sistema sea activado por elementos casuales que corten el haz de la barrera, se dispone un detector de vehículos, idéntico al descrito el sistema de detección, clasificación y contaje de vehículos, que permite que la activación de la alarma de gálibo sea válida, únicamente cuando se confirme la presencia de vehículo.

2. Una barrera de infrarrojos modulado inerte a la radiación solar o a cualquier tipo de iluminación ambiental y de alcance mínimo 25m. sobre un pórtico de control de gálibo de 6m de altura se dispone un perfil para poder regular el gálibo deseado (entre 4.5 y 5.75m). En estas columnas se dispone la barrera de infrarrojos, com-

tan, infragorrien barrera jartzen da, 60 m-rainoko irismena duen igorle-hartzaille batekin osatua. Gainera, kanpoko egoerak ez du eraginik barreran, hau da, euriak, elurak edo eguzki indartsuak. Parasola jartzen da hautsak eta euri-urak kalterik egin ez diezaioten fotozelularen kristalari. Fotozelulei esker, doikuntza erraza izango da, zeren plano horizontalean eta bertikalean erregula baitaitezke; hala, fokatze zuzena adieraziko da.

3. Gutxienez 6 m-ko garaiera libre duen altzairu galvanizatuzko xafrazio portikoa, eta gainera ainguraketa-tokia izango da izpi infragorrien sortaren igorlearentzat edo hartzaillearentzat; toki hori erregula daiteke  $\pm 20$  cm-ko tartean.

4. Xafrazio portikoak galiboaren sistema mekanikoa du, gidaria ohartu dadin baimendutako gehieneko garaiera gainditu duela. Izan ere, infragorrien barrerak gehiegizko seinalea jasotzean, ezkutuko seinalea pizteko seinalea igortzen du.

5. Mikroprozesadore programagarrian oinarrituriko galiboaren kontroleko ekipoa. Ekipo horrek sumgailuen seinale guztiak, fotozelula, ezkutuko seinalea eta bereak jasotzen ditu eta seinale ego-kia prozesatu eta transmititzen dio (galiboaren alarma edo sistemaren alarma) kontroleko zentroari; aldi berean, pizteko agindu igortzen dio ezkutuko seinaleari.

#### 4.2.6. Ezkutuko seinalea

Ezkutuko seinalea, led teknologikoa, eskuinean jarriko da, zirkulazioaren norabidean eta 200-ko distantzian ibilgailuak doazen noranzkoan galiboaren detekzioetik. Kasuan kasuko kokapenaren araberakoa izango da distantzia. Ezkutuko seinaleak tokian bertan pizten dira ibilgailuaren sumagailuen eta altueraren sumagailuen seinale konbinatuaren bidez. Honako itxura hau du:



Ezkutuko seinalea pizten duen seinalea potentziarik gabeko kontaktu baten bidez transmititzen da.

##### 4.2.6.1. Ezkutuko seinalearen ezaugarriak

- Gutxienezko neurriak: 2400 x 1700 x 400 mm.
- Babes-maila: IP54.
- Aurrealdekoa: Erreflexioaren kontrako polikarbonatu muntagarria.
- Atzeko ateak: Ekintza bandalikoaren kontrako sarrailak.

Seinaleak argi-sentsorea izan behar du, kanpoko argira egokitzeko.

Etengabeko elikatze sistema (EES) izan behar du ezkutuko seinaleak, seinaleari gutxienez 15 minutuz tentsioa emango diona hornidura elektrikoak huts egiten badu.

### 4.3. Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak

#### 4.3.1. Sarrera

Sistema honek bidetik doan ibilgailua detektatzen du, trafikorearen bolumena zenbatzeko eta sailkatzeko. Sistema horri esker, kontroleko operadoreak trafikoaren egoerari buruzko informazioa eta alarmak ditu denbora errealean.

Ibilgailuen egoerari buruzko datuak izanda, ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak bi funtzionalitate izan ditzakete:

- Estatistikak egiteko trafiko-neurgailua: trafikoaren fluxuari, okupazioari, abiadurari, ibilgailuen arteko distantziari eta ibilgailu astunen ehunekoari buruzko informazioa ematen du.
- Trafikoko gorabeheren sumagailu automatikoa: auto-pilaketen, kontrako norabidean doazen ibilgailuen eta gehiegizko abiadura duten ibilgailuen alarmak sortzen dira.

Nahitaezkoa da I. eta II. motako tunelek ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema bat izatea.

puesta por un emisor-receptor con alcance hasta 60m, e insensible a condiciones extremas de lluvia, nieve o sol intenso. Se dispone de un parasol para evitar la influencia negativa de polvo y agua de lluvia sobre el cristal de la fotocélula. Las fotocélulas permitirán un fácil ajuste, al ser regulables en los planos horizontal y vertical, dando una indicación de enfoque correcto.

3. Un pórtico de chapa de acero galvanizado de 6 m. de altura libre como mínimo, con un punto de anclaje para el emisor o receptor del haz de rayos infrarrojos regulable en  $\pm 20$  cm.

4. El pórtico de chapa contiene un sistema mecánico de gálibo para que el conductor advierta que ha sobrepasado la altura máxima permitida.

5. Un equipo de control de gálibo basado en microprocesador programable. Recibe todas las señales de los detectores, fotocélula, señal oculta de exceso de altura y las suyas propias, las procesa y transmite la señal correspondiente (alarma de gálibo o alarma del sistema) al centro de control, a la vez que envía la orden de encendido a la señal oculta.

#### 4.2.6. Señal oculta

La señal oculta, de tecnología led, se situará en el lado derecho, según el sentido de la circulación, y a una distancia de 200 metros de la detección de gálibo en el sentido de la marcha. La distancia dependerá de cada emplazamiento en particular. La señal oculta se activa de forma local mediante la señal combinada del detector de vehículos y del detector de altura presentando el siguiente aspecto:



Esta señal que activa la señal oculta se transmite por un contacto libre de potencial.

##### 4.2.6.1. Características de la señal oculta

- Dimensiones mínimas: 2400 x 1700 x 400 mm.
- Grado de protección: IP54.
- Frontal: Policarbonado antirreflexivo desmontable.
- Puertas traseras: Cerraduras antivandálicas.

La señal debe tener un sensor de luminosidad para adaptarla a la luminosidad exterior.

La señal oculta debe tener un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) que proporcione tensión a la señal al menos durante 15 minutos en caso de fallo eléctrico.

### 4.3. Sistema de detección, clasificación y contaje de vehículos

#### 4.3.1. Introducción

Este sistema detecta el paso de vehículos por la vía, con el objetivo de contar y clasificar el volumen del tráfico. Gracias a este sistema el operador de control dispone de información y alarmas sobre el estado del tráfico en tiempo real.

Con los datos sobre el estado de la circulación de vehículos, los sistemas de detección, clasificación y contaje de vehículos pueden presentar dos funcionalidades:

- Aforador de tráfico con finalidad estadística, proporcionando información sobre flujo, ocupación, velocidad, distancias entre vehículos, porcentaje de vehículos pesados.
- Detector automático de incidentes de tráfico: se generan alarmas de retenciones, vehículos circulando en sentido contrario, vehículos a velocidades excesivas.

Es obligatorio que los túneles de Tipo I y II cuenten con un sistema de detección, clasificación y contaje de vehículos.

Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemaren sailkapena egiten da bideetan trafikoko laginak lortzeko erabilitako sistemaren arabera; hala, honako hauek ditugu:

- Sentsoreek ibilgailua dagoela edo igarotzen ari dela adierazteko seinalea sortzen dute, sumagailuak jasotzen duen seinalea, eta gero behar bezala transmititzen diote datuak hartzeko estazioari. Bertan egingo da trafikokoaren aldagaien kalkulua eta gero tuneleko urrutiko estazio unibertsalera transmitituko dira.
- Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak, irudien prozesatze digitala edo ikuspen artifiziala oinarritzat hartuta. Kamera finko bateak ematen duen bideko sekzio bateko bide-irudiak tratatu eta digitalizatzen dituzte sistema hauek, eta ordenagailu batean exekutaturiko software espezifiko baten bidez, trafiko-fluxuaren parametro nagusiak emateko gai dira.

Datuen estazioen sistemak behar dituen trafikoko oinarritzko parametroak, gutxienez, honako hauek izango dira:

- Ibilgailuen fluxua.
- Okupazioa.
- Abiadura.
- Ibilgailuen arteko distantziak.
- Sailkapena.
- Ibilgailu astunen ehunekoa.
- Auto-pilaketak.
- Kontrako norabidean doazen ibilgailuak.

Balio horiek ibilgailu motaren arabera eman eta, gutxienez, 3 mota bereiziko dira. Balioak konfiguratzeko moduko iraupen-aldietan integratu behar dira. Komenigarria da ETDko datuak integrazeko aldia 5 minututik gorakoa ez izatea.

#### 4.3.2. *Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak sailkapena*

Lehenago esan den moduan, ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak trafikoko oinarritzko parametroak lortzeko erabilitako baliabideen eta teknologien arabera sailka daitezke. Hona hemen sistemak:

- Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak, sentsore, sumagailu eta datuak hartzeko estazioen bidez.
- Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak, irudien prozesatze digitala edo ikuspen artifiziala oinarritzat hartuta.

Jarraian, sistema bakoitzaren deskribapen laburra egingo da.

##### 4.3.2.1. *Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema, sentsore, sumagailu eta datuak hartzeko estazioen bidez (DHE)*

Sentsoreek ibilgailua dagoela edo igarotzen ari dela adierazteko seinalea sortzen dute, sumagailuak jasotzen duen seinalea, eta gero behar bezala transmititzen diote datuak hartzeko estazioari. Bertan egingo da trafikokoaren aldagaien kalkulua eta gero tuneleko urrutiko estazio unibertsalera transmitituko dira.

Hona hemen sentsore eta sumagailuen bidez datuak hartzeko estazioa osatzen duten elementu nagusiak:

- Sentsorea eta sumagailua.
- Datuak hartzeko estazioa.
- Tuneleko Urrutitiko Estazio Unibertsala (TUEU), UNE 135411 arauaren arabera.
- Sumagailuak erabiliz egiten da laginketa, izenak berak adierazten duenez, ibilgailuak detektatzen ditu ibilgailuak pasatzean edo erreietan daudenean. Sumagailuok seinale bat igortzen diote datuak hartzeko estazioari, eta bertan egiten da prozesaketa eman beharreko datuak landuz.

Se realiza una clasificación de los sistemas de detección, clasificación y contaje de vehículos en función del sistema utilizado para la obtención de las muestras de tráfico en las vías, de este modo se dispone de:

- Sistemas de detección, clasificación y contaje de vehículos por sensores, detectores y estaciones de toma de datos. Los sensores generan la señal de presencia y/o paso de un vehículo, que es recibida por el detector y la transmiten adecuadamente a la estación de toma de datos las cuales realizan el cálculo de las variables de tráfico y las transmiten al sistema de control centralizado.
- Sistemas de detección, clasificación y contaje de vehículos basados en el procesamiento digital de imágenes o visión artificial. Estos sistemas realizan el tratamiento y digitalización de las imágenes de vídeo de una sección de la vía que proporciona una cámara fija, y mediante un software específico, ejecutado en un ordenador, son capaces de proporcionar los principales parámetros del flujo de tráfico.

Los parámetros básicos de tráfico que debe proporcionar el sistema de estaciones de datos serán como mínimo:

- Flujo de vehículos.
- Ocupación.
- Velocidad.
- Distancias entre vehículos.
- Clasificación.
- Porcentaje de vehículos pesados.
- Retenciones o atascos.
- Vehículos circulando en sentido contrario.

Estos valores se darán por clase de vehículo, distinguiéndose como mínimo 3 clases. Los valores se deberán integrar en periodos de duración configurable. Se aconseja que el periodo de integración de los datos de la ETD no sea superior a los 5 minutos.

#### 4.3.2. *Clasificación de los sistemas de detección, clasificación y contaje de vehículos*

Como se ha indicado anteriormente, los sistemas de detección, clasificación y contaje de vehículos se pueden clasificar en función de los medios y tecnologías empleadas para obtener los parámetros básicos de tráfico, a saber:

- Sistemas de detección, clasificación y contaje de vehículos por sensores, detectores y estaciones de toma de datos.
- Sistemas de detección, clasificación y contaje de vehículos basados en el procesamiento digital de imágenes o visión artificial.

A continuación se realiza una breve descripción de cada uno de los sistemas.

##### 4.3.2.1. *Sistema de detección, clasificación y contaje de vehículos mediante sensores, detectores y estaciones de toma de datos (ETDs)*

Los sensores generan la señal de presencia y/o paso de un vehículo, que es recibida por el detector y la transmiten adecuadamente a la estación de toma de datos las cuales realizan el cálculo de las variables de tráfico y las transmiten a las Estación Remota Universal de Túnel.

Los principales elementos que componen una estación de toma de datos mediante sensores y detectores son:

- Sensor y detector.
- Estación de toma de datos.
- Estación Remota Universal de Túnel (ERUTs), según la Norma UNE 135411
- El muestreo se realiza mediante el uso de detectores, que como su nombre indica «detectan» el paso de vehículos o su presencia en los carriles. Estos envían una señal a la estación de toma de datos la cual las procesa elaborando los datos que debe proporcionar.

Hainbat teknologia erabiltzen dute sentsoreek, ibilgailua erri batean denbora jakin batez detektatzeko. Landako elementuek (sentsoreek) erabilitako seinalearen aldaketa fisikoak bildu eta neurtzen dituzte sumagailuek, eta gero seinale digital bihurtzen dira, datuak hartzeko estazio prozesu-unitateari igorriko direnak Azkenik, estazioak trafikoko oinarriko parametroak sortzen ditu, eta horietatik abiatuz, bide horietako ibilgailuetako zirkulazioaren egoerari buruzko informazioa lortuko da.

Honako hauek izan daitezke sentsoreak teknologiaren arabera:

- Sentsore pneumatikoak.
- Begizta induktiboko sentsoreak.
- Mikrouhinen bidezko sentsoreak.

Datuak hartzeko estazioek, sumagailuen seinaleak prozesatu ondoren, datuak eta sortutako alarmak transmititzen dizkiote tuneleko urrutiko estazio unibertsalari, betiere linea-seriea interfaze bat eta UNE 135431-3 arauan («Datuak hartzeko estazioetako arau funtzionala eta aplikazio-protokoloak») zehazturiko aplikazio-protokoloak erabiliz. Tuneleko urritiko estazio unibertsalak, azkenik, informazio hori igortzen dio kontrolako zentroari.

Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko erabili ohi den sistema datuak hartzeko estazio batean integraturiko sumagailu elektronikoetan eta begizta induktiboko sentsoreetan oinarritzen da, trafikoko kudeaketako sistemetan integratzeko eta jartzeko erraza baita, baita neurrien eta datuen zehaztapenean eta fidagarritasunean ere.

#### 4.3.2.2. *Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak ordenagailu bidezko ikuspenera erabiliz*

Irudien prozesatze digitalerako sistema bat da, trafikoko oinarriko parametroei buruzko informazioa ematen duena. Tunelen barruko aldeetan eta sarreretan kokaturiko kamera finkoetatik jasotako irudiak dira sistema horren iturria.

Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak erabiliko dituen irudiak jasotzeko erabilitako kamerak telebista itxiko zirkuituak izan daitezke, baina zirkuitu horretatik aparteak izan daitezke ere.

Irudiak digitalizatzeko eta tratatzeko ekipoak (aztertzailea) eta zerbitzari nagusiak osatzen dute ikuspen artifizialen bidez ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema. Kamera finkoetako seinaleak telebistako zirkuitu itxiaren bidez transmititzen dira aztertzaileak kokatzen den tokietaraino, haiekin konektatzeko hain zuzen. Tunelak kontrolako sistemak Bizkaiko Foru Aldundian duen eraketa dela-eta, komenigarria da detekzio sistema kamera finkoko CCTVko sistema duten tuneletan jartzea; izan ere, tunel guztiak tunelak kontrolatzeko zentroan zentralizatzen dira.

#### 4.3.3. *Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak diseinatzearen irizpideak*

Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema bat izan behar du urrutitik kontrolatu eta jardun nahi den tunel orok, tunelaren barruan zein sarreretan dagoen trafikoaren egoeraren berri izateko uneoro.

Datuen estazioen sistemak duen funtzionaltasunaren arabera izango dira tunelaren barruko ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemaren kokapena eta banaketa:

1. Trafiko-neurgailua, estatistikak egiteko.
2. Trafikoko gorabeheren sumagailu automatikoa.

Tunelen barruko aldeetan datuen estazioak banatzeko arkitektura ezberdinak azalduko dira orain.

### 1. Arkitektura

200 metrotik gorako tuneletan, bidetik doazen ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema bat jarri beharko da, neurketak egiteko helburu soilarekin.

Gutxienez sumagailuen bi sekzio jarri beharko dira tunel bakoitzeko, tuneleko sarreraren eta irteeraren inguruetan kokatu beharrekoak.

Los sensores emplean distintas tecnologías para detectar la presencia de un vehículo durante un cierto tiempo en un carril. Los detectores recogen y miden las alteraciones físicas de la señal empleada por los elementos de campo, sensores, convirtiéndolas en señales digitales, que son transmitidas a la unidad de proceso de la estación de toma de datos. Por último ésta genera los parámetros básicos de tráfico a partir de los que mediante su tratamiento se obtendrá información del estado de la circulación de vehículos en esas vías.

En función de la tecnología, los sensores pueden ser:

- Sensores neumáticos.
- Sensores de lazo inductivo.
- Sensores por microondas.

Las estaciones de toma de datos, tras procesar las señales de los detectores, transmiten los datos y alarmas generadas a la Estación Remota Universal de Túnel, utilizando un interface Línea-Serie y los protocolos de Aplicación definidos en la Norma UNE 135431-3 «Norma funcional y protocolos aplicativos de estaciones de toma de datos». La Estación Remota Universal de Túnel por último transmite esta información al centro de control.

El sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos que normalmente se emplea es el sistema basado en sensores de lazo inductivo y detectores electrónicos integrados en una estación de toma de datos, debido a su facilidad en la instalación e integración en los sistemas de gestión de tráfico, así como en la precisión y fiabilidad de las medidas y datos.

#### 4.3.2.2. *Sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos por visión por ordenador*

Es un sistema de procesamiento digital de imágenes que proporciona información sobre los parámetros básicos de tráfico. Su fuente son las imágenes recibidas de cámaras fijas situadas en el interior y en los accesos de los túneles.

Las cámaras empleadas para adquirir las imágenes que serán empleadas por el sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos pueden pertenecer al circuito cerrado de televisión, aunque también pueden ser cámaras independientes al mismo.

El sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos por visión artificial esta compuesto por un equipo de digitalización y tratamiento de imágenes (analizador) y de un servidor central. Las señales de las cámaras fijas se transmiten por el Circuito Cerrado de Televisión hasta donde se ubican los analizadores para conectarse a ellos. Debido a la configuración del sistema de control de túneles en la Diputación de Bizkaia donde todos los túneles se centralizan en los Centros de Control de túneles, se recomienda dotar con ese sistema de detección a los túneles que dispongan de un sistema de CCTV con cámaras fijas.

#### 4.3.3. *Criterios de diseño en los sistemas de detección, clasificación y conteo de vehículos*

Todo túnel que se pretenda controlar y actuar de forma remota debe disponer de un sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos para conocer en todo momento la situación del tráfico tanto en el interior del túnel como en sus accesos.

La localización y distribución sistema de detección, clasificación y conteo de los vehículos en el interior del túnel depende de la funcionalidad que presente el sistema de estaciones de datos:

1. Aforador de tráfico con finalidad estadística.
2. Detector automático de incidentes de tráfico.

Se presentan las distintas arquitecturas de distribución de las estaciones de datos en el interior de los túneles.

### Arquitectura 1

En aquellos túneles con longitud superior a 200 metros se deberán instalar un sistema de detección, clasificación y conteo de los vehículos que circulan por la vía con la única función de aforar.

Se deberá dotar a los túneles de un mínimo de dos secciones de detectores por túnel, situadas en las proximidades del acceso y de la salida del mismo.

Tuneleko sarreren eta irteeren bide-adar guztietan eta tune-laren barruko galtzaden bidegurutzetako erreietan jarri behar dira sumagailuak, estatistika datuak eskuratu ahal izateko.

#### ERAIKUNTZARI BURUZKO OHARBIDEAK

Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak SOS zutoinak dauden sekzioen toki beretan jartzea gomendatzen da.

## 2. Arkitektura

Errepedetik doazen ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema jarriko zaien tuneletan, trafikoko gorabeherak automatikoki detektatzeko funtzioa ere zuzkitu nahi zaienean.

Kasu honetan, estazio detektatzaileak banatuko dira tunela-ren barruan. Bi estazio detektatzaileen arteko tartea gehienez 200 m-koa izango da, eta detekzio-tokiak kokatuko dira baztergunean baldin eta tunelak azpiegitura hori badu.

#### ERAIKUNTZARI BURUZKO OHARBIDEAK

Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak SOS zutoinak dauden sekzioen toki beretan jartzea gomendatzen da.

#### 4.3.4. **Sentsore, sumagailu eta datuak hartzeko estazioen bidez (DHE) ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema**

Datuak hartzeko estazioek UNE 135421 arauan («Datuak Hartzeko Estazioak») eta hura osatzeko ondoko arauetan ezarritakoa bete beharko dute; izan ere, bertan ezartzen dira eskakizun fisikoak eta funtzionalak, eta lotura-protokoloak eta aplikazioak zehazten dira Datuak Hartzeko Estazioaren eta ERU edo TUEUren arteko komunikazioan; azken hori UNE 135411 arauaren bidez normalizatu da.

Begizta inдукtibokoak dira sumagailu eta sentsorerik zabalduenak; hori dela-eta, horien funtzionamendua eta muntaketa zehaztuko dira datozen ataletan.

##### 4.3.4.1.1. *Begizta inдукtiboko sentsoreak*

Begizta inдукtiboko sentsoreak eta sumagailuak erabil daitezke trafikoko datuak hartzeko ekintzak burutzeko, honako elementu hauez osatuak:

- 1) Errodadura-geruzaren azpiko zoladura peko zenbait espira. 3 edo 4 itzuliko espira karratuarekin osatuta dagoen kablea da espira, gutxi gorabehera 2 x 2 m-koa.
- 2) Zirkuitu oszilatzailea, ibilgailuak galtzadan dagoen espiraren gainean igarotzean eragindako frekuentzia-aldaketak interpretatzen dituena.

Begizta inдукtiboko sumagailuko zirkuitu oszilatzaileak frekuentzia jakin bateko eremu elektromagnetikoa sortzen du espiran. Eremu magnetiko hori aldatuz doa ibilgailuetako metalezko piezak eremu horren eragin peko aldean sartzen direnean. Induktantzia (L) aldatzen da halakoetan, eta horren halaxe islatzen da ere frekuentziaren aldaketan (W).

Sumagailu bikoitza izan behar du (bakuna, aukeran), mikroprozesadore baten oinarrituta; hori dela-eta, digitalki egiten dira denbora neurketa eta kalkulu guztiak. Berez doitutako sumagailutzat jotzen da funtzionatzeko bere mailaren barruan.

Aparte funtzionatuko du oszilatzaileak espira bakoitzean, eta ez dago bi espiren frekuentzien arteko akoplamendurik.

Espirako zirkuitu irekiko eta zirkuitu laburreko detekzioa izan behar du sumagailuak, eta kasu bietan izango da detekzioa anomaliak iraun bitartean. Hutsunea konpondu ondoren, berez egokitzen zaio sumagailua funtzionamendu berriari.

Se deben dotar con detectores a todos los ramales de acceso o salida y los carriles pertenecientes a bifurcaciones o confluencias de calzadas en el interior del túnel para la adquisición de los datos estadísticos.

#### CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

Se recomienda la instalación de los sistemas de detección, clasificación y conteo de los vehículos coincidiendo con las secciones donde se encuentren los postes SOS.

## Arquitectura 2

Túneles en los que se vayan a instalar un sistema de detección, clasificación y conteo de los vehículos que circulan por la vía y se le quiera dotar adicionalmente con la función de detección automática de incidentes de tráfico.

En este caso se distribuirán estaciones detectoras en el interior del túnel. La separación entre dos estaciones detectoras no debe superar los 200 m, debiéndose ubicar puntos de detección en los apartaderos si el túnel dispone de esta infraestructura.

#### CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

Se recomienda la instalación de los sistemas de detección, clasificación y conteo de los vehículos coincidiendo con las secciones donde se encuentren los postes SOS.

#### 4.3.4. **Sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos mediante sensores, detectores y estaciones de toma de datos (ETDs)**

Las Estaciones de Toma de Datos deberán cumplir con lo establecido en la Norma UNE 135421 «Estaciones de Toma de Datos» y sus ampliaciones, en las que se describe el equipo, se establecen los requisitos físicos y funcionales y se definen los protocolos de enlace y aplicativos en la comunicación entre la Estación de Toma de Datos y la ERU o ERUT Normalizada según la Norma UNE 135411.

Los detectores y sensores más extendidos son los detectores y sensores de lazo inductivo, por lo que en los siguientes apartados se detalla su funcionamiento y montaje.

##### 4.3.4.1.1. *Sensores de Lazo Inductivo*

Para realizar acciones de captación de datos de tráfico se puede emplear sensores y detectores de lazo inductivo, compuesto por los siguientes elementos:

- 1) Unas espiras bajo el pavimento por debajo de la capa de rodadura. La espira consiste en un cable formando una espira cuadrada de 3 o 4 vueltas con medidas aproximadas de 2 x 2 m.
- 2) Un circuito oscilador, que interpreta las variaciones de frecuencia, causadas por el paso de los vehículos sobre la espira colocada en la calzada.

El circuito oscilador del detector de lazo inductivo produce un campo electromagnético de una determinada frecuencia en la espira. Este campo magnético se va alterando, cuando las piezas metálicas de los vehículos entran en la zona de influencia de dicho campo. Las alteraciones consisten en una variación de la inductancia (L) que se traduce así mismo en una variación de frecuencia (W).

El detector debe ser un detector doble (opcionalmente simple) que está basado en un microprocesador, lo que hace que todos los cálculos y medidas de tiempo sean realizados digitalmente. Se define como un detector autoajutable dentro de su rango de funcionamiento.

El funcionamiento del oscilador debe ser independiente para cada espira no existiendo acoplamiento entre las frecuencias de ambas espiras.

El detector debe poseer detección de cortocircuito y de circuito abierto de espira, presentando detección en ambos casos mientras esté presente la anomalía; una vez subsanada, el detector se autoadapta al nuevo funcionamiento.

#### 4.3.4.1.2. *Begiztak muntatzea*

Bi begizta magnetiko (begiztak edo espirak) jarriko dira errei bakoitzeko, elkarren atzean eta ibilgailuak doazen norabidean detekzio-sekzio bakoitzean; hala, 4.3.1. atalean zenbaturiko trafikoko datuak lortuko dira.

Arreta berezia jarriko da begizta magnetikoak kokatzean, datu desitxuraturik edo okerreko daturik sor ez dadin, baita begizten iraupena luzatzeko ere. Honakoak egingo dira, ahal dela, begizta magnetikoen arteko energiaren akoplamenduak gutxitzeko nolabait:

- Kable bidez kontu handiz txirikordatu (bihurtu), begiztaren zirkuitu osoan 10-15 itzuli eginez metro bakoitzeko (espirako kablea izan ezik, jakina), honako hau barne: begiztaren kablea espiraren errektangelutik irteten denetik begiztaren elikatze-kableraino, azkenean sumagailuen armairuko bornatan bukatzeko.
- Espira bakoitzeraino irizten diren begizta-kableen artean eta kable horien eta gainerako espiren artean 30 cm-ko tarteari eustea. Begizta-kableek aparteko hodietan joan beharko dute nahitaez espira bakoitzean.

Sekzioan 1,5 mm<sup>2</sup> duen txirikorda-itxurako kablea erabiliz egingo dira begizta magnetikoak, 750 V-ko PVC-ko isolamenduarekin.

Begizta-zirkuituko kablearen eta espiren iraupena eta neurrien kalitatea, neurri handi batean, begizta magnetikoaren instalazioaren arabera izango dira. Honako hauek bete behar dira instalazioan:

- Sara bat egitea galtzadan espirak jartzeko (begizta magnetikoak) errodadura-geruza baino lehen; perimetro egokikoa izango da, kablea ez behartzeko eta isolatzailea ez kalteztzeko erreietan jartzean.
- Sara puztea, espira jarri orduko garbi eta lehor dagoela segurtatzeko.
- Espira sararen hondoan jartzea.
- Ingurua epoxi porlanarekin ixtea.

Begiztaren eta lurraren arteko isolamendua, bi horiek jarri ondoren, gehienez 100 ohmiokoa izango da, eta neurketako tentsioa 500 V-koa izango da.

#### 4.3.5. *Ikuspen artifizialaren bidez ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema*

Ibilgailuak ikuspen artifizialaren bidez detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemaren oinarri dira sistemaren telebistako kamera espezifikoa, irudiak digitalizatzeko eta tratatzeko ekipo bat (aztertzailea). Irudiak prozesatzen ditu langileak definituriko irudizko begiztekin, eta trafikoari buruzko informazioa eta datuak eskuratzen ditu. Aztertzaile horrek kontrolerako zentrokerantz zerbizariari transmititzen dio informazioa.

Ez da gomendatzen sistema hau tuneletan neurketak egiteko sistema gisa erabiltzea, zeren eta ez baitu emaitza lehiakorrik eskaintzen, oinarritzat sentsoreak, sumagailuak eta datuak hartzeko estazioak dituzten sistemarekin alderatuta. Telebistako zirkuitu itxiko sistemari buruzko atalean azalduko da gorabeherak detektatzeko ikuspen artifizialaren bidezko sistemaren erabilera.

#### 4.4. Ingurumenaren kontrola

Ingurumena kontrolatzeko sistemaren xedea ingurumenaren aldetik dauden baldintzak antzematea da, eta eginkizun horri esker, informazioa eman ahal izango zaie erabiltzaileei tunelaren irteeraren egoera txarraren berri emateko. Hala, bada, erabiltzaileek behar bezala aldatuko dute ibilgailua gidatzeko modua.

Hauexek dira kontrolatu beharreko fenomeno meteorologikoen nabarmenenak, bide-segurtasunaren ondorioetarako:

- Ikuspenik eza behe-lainoak edo beste fenomenoren batek eraginda.
- Euria.
- Haize gogorrak, bereziki albotik jotzen duen haizea.
- Galtzada izoztea.

#### 4.3.4.1.2. *Montaje de los bucles*

Se instalan dos bucles (lazos o espiras) magnéticos por carril uno detrás de otro en el sentido de la marcha en cada sección de detección, para así obtener los datos de tráfico enumerados en el apartado 4.3.1.

Hay que tener especial cuidado en la ubicación de los bucles magnéticos, para que estos no generen datos distorsionados o erróneos además para aumentar la vida útil de los mismos. Para minimizar acoplamientos de energía entre lazos magnéticos se debe procurar:

- Trenzar (retorcer) cuidadosamente el cable dando entre 10-15 vueltas por metro en todo el circuito del lazo (a excepción lógica del cable en la espira), lo cual incluye el cable del lazo desde el momento que abandona el rectángulo de la espira hasta el cable de alimentación del lazo, acabando en los bornes del armario de los detectores.
- Mantener una separación superior a 30 cm entre los cables de lazo que llegan hasta cada una de las espiras y entre estos y el resto de las espiras. Se obliga a que los cables de lazo vayan por tubos independientes para cada una de las espiras.

Los bucles magnéticos se elaboran utilizando cable trenzado unifilar de 1,5 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de PVC de 750 V.

La calidad de las medidas y la vida útil del cable del circuito de lazo y de las espiras dependen en gran medida de la instalación del lazo magnético. La instalación

- Practicar en la calzada una roza que permita ubicar las espiras (bucles magnéticos) antes de la capa de rodadura y perímetro adecuado, para no tener que forzar el cable para colocarlo en la roza y dañar el aislante.
- Soplar la roza para asegurar que esté limpia y seca antes del tendido de la espira.
- Depositar la espira en el fondo de la roza.
- Cerrar la roza con cemento epoxi.

El aislamiento entre bucle y tierra, ya colocados deberá ser superior a 100 Mohmios con una tensión de medición de 500 V.

#### 4.3.5. *Sistema de detección, clasificación y contaje de vehículos mediante visión artificial*

El sistema de detección, clasificación y contaje de vehículos a través de visión artificial se basa en cámaras de televisión específicas del sistema y un equipo de digitalización y tratamiento de imágenes (analizador) el cual procesa las imágenes con los lazos imaginarios definidos por el operario y obtiene la información y los datos referentes al tráfico. Este analizador transmite la información al servidor del centro de control.

Se desaconseja el empleo de este sistema como sistema de aforo en túneles ya que no ofrece resultados competitivos en comparación del sistema basado en sensores, detectores y estación de toma de datos. El empleo del sistema de visión artificial para la detección de incidentes está tratado dentro del apartado del Sistema de Circuito Cerrado de Televisión.

#### 4.4. Control ambiental

La finalidad del sistema de control ambiental es la detección de las condiciones medioambientales que permita o posibilite la información a los usuarios de la existencia a la salida del túnel de condiciones adversas y que éstos puedan modificar su conducción de forma adecuada.

Los fenómenos meteorológicos más relevantes a efectos de seguridad vial y que se deben controlar:

- Falta de visibilidad por niebla u otro fenómeno.
- Lluvia.
- Vientos de intensidad fuerte, en particular, vientos laterales.
- Formación de hielo en la calzada.

Behe-lainoa da, oro har, trafiko istripu gehien eragiten duen fenomeno meteorologikoa, ikuspena modu nabarmenean galarazten duelako. Erabiltzaileei informazioa emateko eta arriskuaren seinalea jartzeko, behe-lainoaren sumagailua edo bisibilimetroa jarriko da.

Bestelako sentsoreak jartzen dira bestelako fenomeno meteorologikoak antzemateko, hala nola euria, haizea, elurra, baita galtzadan izotza dagoenean ere. Sentsore-kopuru handia jartzen bada, Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsorea delakoan biltzen dira (EAAS).

Mikroprozesadore batean oinarrituriko unitate elektronikoiari deritzo Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsoreen (EAAS) unitateari; izan ere, mikroprozesadore horrekin lotuta daude ekipoen multzoa, zundak, mastak, datu eta energia zuzentzaileak, alarmin instalazioak, baita instalazioak tuneletako sarbideetako toki jakin batzuetan kokatzeko, konektatzeko eta abiarazteko beharrezko jarduketak ere, betiere obra zibila barne dela.

Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsoreak (EAAS) alarmak sortu behar ditu eguraldi okerra dagoenean edo horrelako eguraldia gertatzeko aurreikuspena dagoenean, edo bi ahoen artean desberdintasun nabariak egon daitezkeenean. Batez ere, haran edo arro desberdinak komunikatzen dituztenean.

#### 4.4.1. Diseinu irizpideak ingurumenaren kontrolean

EAAS ekipo eta sentsoreen multzo batekin dago osatuta, eta horien bidez neurketak egiten dira hainbat magnituderen gainean. Hala, ez dago Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsore (EAAS) bakarria, hainbat baina, betiere multzoa osatzen duen sentsore-kopuruaren arabera. Hauexek dira Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsoreak izan ditzakeen sentsoreak edo zundak:

- *Anemometroa*: Haizearen abiaduraren osagai horizontala neurtzeko tresna.
- *Haize-orratza*: Haizearen norabidea neurtzeko tresna da.
- *Galtzadako sentsorea*: Tresna pasiboa edota aktiboa zoladuran jartzeko; horren eginkizuna erroadura-azalera dauden parametroak etengabe neurtzea da. Hauexek dira sentsoreak ematen dituen datuak, datuok tratatu ondoren betiere:
  - Temperatura.
  - Galtzada lehorra, hezea, bustia edo gehigarriekin bustia edo hezea.
  - Izozte-puntua.
  - Ur-geruzaren altuera.
  - Elurra, garoa edo leia egotea.
  - Galtzada izozteko arriskua eta galtzadako nahasketa likidoa izozteko puntua.
- *Bisibilimetroa*: Behe-lainoa edo ikuspena murrizten duten bestelako agenteak neurtzen ditu.
- *Higrometroa*: Hezetasunaren sentsorea da eta hezetasun erlatiboaren baldintzak neurtzen ditu, asfaltoarenak kenduta –lehorra, hezea edo bustia–, eta marraskadura-koefizientearen aldaketa ematen du.
- *Temperatura*: Beroaren intentsitatea neurtzeko unitatea da.
- *Piranometroa*: Eguzkiak aldeko unitate bakoitzeko igortzen duen energia neurtzeko tresna dugu.

Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsoreak bereziki eguraldi txarra dagoen tuneletako sarreretan jarri behar dira, hain zuzen bideko erabiltzaileentzako arriskua dagoenean. Bereziki eguraldi txarra dagoen tuneletako sarreretan jarri behar diren Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsoreek modularrak eta eskalatzeko modukoak izan behar dute, eta aho horretako arrisku espezifikoaren arabera egokitzen hartzen diren sentsoreak soilik instalatuko dira.

En general, la niebla es el fenómeno meteorológico que causa un mayor número de accidentes de tráfico por dificultar de manera notable la visibilidad. Con el fin de poder informar a los usuarios y señalar el riesgo se instala un detector de niebla o visibilímetro.

Para la detección de otros fenómenos meteorológicos adversos, como lluvia, viento, nieve, e incluso la presencia de hielo en la calzada se instalan otros sensores. Cuando se instalan un conjunto elevado de sensores estos se agrupan en lo que se denomina Sensor de Variables Atmosféricas en Carreteras (SEVAC).

Se define como unidad de Sensor de Variables Atmosféricas en Carreteras (SEVAC) a la unidad electrónica basada en un microprocesador, al cual están conectados el conjunto de equipos, sondas, mástiles, correctores de datos y energía, instalaciones de alarmas y las realizaciones o actuaciones necesarias para el alojamiento, conexión y puesta a punto, en el lugar determinado en los accesos de los túneles, incluso obra civil.

El Sensor de Variables Atmosféricas en Carreteras (SEVAC) debe generar alarmas en presencia de fenómenos meteorológicos adversos o la previsión de que esto ocurra de manera inminente.

#### 4.4.1. Criterios de diseño en el control ambiental

El SEVAC se compone de un conjunto de equipos y sensores, los cuales realizan medidas sobre diferentes magnitudes. De este modo no existe un único Sensor de Variables Atmosféricas en Carreteras (SEVAC) sino varios, dependiendo de los sensores que lo componga. Los sensores o sondas de los que puede disponer un Sensor de Variables Atmosféricas en Carreteras (SEVAC), son:

- *Anemómetro*: Instrumento que sirve para medir la componente horizontal de la velocidad del viento.
- *Veleta*: Instrumento que sirve para medir la dirección del viento.
- *Sensor de Calzada*: Dispositivo pasivo y/o activo para su instalación en el pavimento, cuya funcionalidad es medir continuamente los distintos parámetros presentes en la superficie de rodadura. Los datos que proporciona el sensor una vez tratados son:
  - Temperatura.
  - Calzada seca, húmeda, mojada, húmeda ó mojada con aditivos.
  - Punto de congelación.
  - Altura de la película de agua.
  - Presencia de nieve, escarcha o hielo.
  - Riesgo de formación de hielo en calzada y punto de congelación de la mezcla líquida en calzada.
- *Visibilímetro*: Realizará la medida de presencia de niebla u otros agentes reductores de la visibilidad.
- *Higrómetro*: Es un sensor de humedad y realiza la medición de las condiciones de humedad relativa, deduciéndose las del asfalto, ya sea seco, húmedo o mojado, suministrando la variación del coeficiente de rozamiento a la rodadura correspondiente.
- *Temperatura*: Es la unidad de medida de la intensidad de calor.
- *Piranómetro*: Instrumento que sirve para medir la energía emitida por el sol por unidad de área.

Los Sensores de Variables Atmosféricas en Carreteras se deben instalar en los accesos de los túneles que presenten condiciones meteorológicas especialmente adversas, presentando riesgo para los usuarios de la vía. Los Sensores de Variables Atmosféricas en Carreteras que se deben instalar en los accesos a los túneles que presenten riesgos meteorológicos adversos tienen que ser modulares y escalables, se instalar aquellos sensores que se consideren adecuados en función de los riesgos específicos de esta boca.

Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsorea jarri behar da bereziki eguraldi txarra dagoen tuneletan, edo bi ahoen arteko desberdintasun meteorologiko nabariak izan ditzaketan.

#### 4.4.2. Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsorearen elementuak (EAAS)

Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsoreek UNE 135441 arauan («Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsoreak») ezarritakoa bete beharko dute, non ekipoa eta ekipamendua azaltzen baitira, eskakizun fisikoak eta funtzionalak ezartzen baitira eta lotura-protokoloak eta aplikazioak definitzen baitira ekipo honen eta ERU edo TUEUen artean, UNE 135411 arauaren eta horren aldaketa berri handiagoen arabera.

### 5. ZIRKUITU ITXIKO BIDEO SISTEMA

Tunelaren egoera zaintzeko eta kontrolatzeko sistema da telebistako zirkuitu itxia. Sistema horri esker, tuneleko irudiak ikus ditzake operadoreak kontrolako zentrotik, honako helburu hauetarako:

- Tuneleko gorabeherak detektatzea edo beste bitarteko batzuen bidez detektaturiko gorabeherak baieztatzeke izatea.
- Gorabeherak jarraitzeko modua ematea gorabeherak konpondu arte, bereziki ebakuazioa egin behar den gorabehera orotan.
- Gorabehera izan deneko irudiak erregistratzea, ondoren ustiapena hobetzeko erabiliko dena, bai prebentzioaren arloan, bai gorabeheraren kudeaketaren zentzagarrien arloan.

Ezinbestekoa da telebistako zirkuitu itxi baten sistema jartzea urrutitik kontrolatu eta jardun nahi den edozein tuneletan. Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Dekretuan emandako definizioaren arabera I. eta II. motakoak diren tunel guztietan (200 metrotik gorako tunelak) izango da telebistako zirkuitu itxia.

Hona hemen telebistako zirkuitu itxiak dituen elementu nagusiak:

- *Kamera*: Ikusizko informazioa bildu eta bideo-seinale bihurtzeko elementuak.
- *Seinalea transmititzeko sistema*: Bideo-seinalearen transmisioan erabilitako igorleen, hartzaileen eta kableen multzoa, kameratik kontrolako zentrorako transmisioa zuzenean egiterik ez dagoenean.
- *Irudiak hautatzeko, kontrolatzeko eta ikusteko sistema*: Tuneletik iristen diren bideo-seinaleak abiapuntuz hartuta kontrolatuko dira alarmak eta monitoreetara konmutatuko dira (bideo-zerbitzariak edo matrizeak), eta bertan bihurtzen da bideo-seinalea argizko irudia.
- *Gorabeherak Automatikoki Detektatzea (GAD)*: Irudien prozesatze digitalen sistema da gorabeherak denbora errealean detektatzeko.
- *Grabazio ekipoak*: Irudiak aldi batez edo modu iraunkorrez biltzea.
- Finkatzeko, konektatzeko eta elikatzeke elementu osagarriak.

#### 5.1. Telebistako zirkuituko itxiko arkitekturak

Telebistako zirkuitu itxirako hainbat arkitektura posible dago, irudiak kontrolako zentrorako transmititzeko moduen arabera.

Hiru arkitekturetan, bideo-banatzaileak erabiltzen dira GAD ekipoak telebistako kamerako irudiez hornitzeko, betiere irudien seinalean kalitaterik edo potentziarik galdu barik.

Jarraian, arkitektura bakoitzari buruzko deskribapen laburra egingo da, eta arkitektura noiz komeni den abiaraztea azalduko da:

Se debe instalar un Sensor de Variables Atmosféricas en Carreteras en aquellos túneles que presenten condiciones meteorológicas especialmente adversas o que puedan presentar diferencias meteorológicas significativas entre ambas bocas. Principalmente cuando comuniquen valles y/o cuencas diferentes.

#### 4.4.2. Elementos de los Sensores de Variables Atmosféricas en Carreteras (SEVAC)

Los Sensores de Variables Atmosféricas en Carretera deberán cumplir con lo establecido en la Norma UNE 135441 «Sensores de Variables Atmosféricas en Carreteras», donde se describe el equipo y su equipamiento, se establecen los requisitos físicos y funcionales y se definen los protocolos de enlace y aplicativos en la comunicación entre este equipo y la ERU o ERUT Normalizada según la Norma UNE 135411 y sus ampliaciones.

### 5. SISTEMA DE VÍDEO EN CIRCUITO CERRADO

El circuito cerrado de televisión es un sistema de vigilancia y control del estado del túnel. Con este sistema el operador del centro de control puede visualizar desde el centro de control imágenes del túnel, con los siguientes objetivos:

- Detectar incidentes en el túnel o servir de herramienta para la confirmación de incidentes detectados por otros medios.
- Permitir el seguimiento de la evolución de los incidentes hasta su resolución, particularmente aquellos incidentes que requieran evacuación.
- Registrar las imágenes donde se desarrolle el incidente que posteriormente se utilizará para la mejora de la explotación tanto en aspectos preventivos como correctivos de la gestión de incidentes.

Es imprescindible la instalación de un sistema de circuito cerrado de televisión en cualquier túnel que se pretenda controlar y actuar de forma remota. Cualquier túnel que según la definición del Decreto Foral de Seguridad en Túneles sea de Tipo I y II (túneles cuya longitud supere los 200 metros) dispondrá de circuito cerrado de televisión.

Los principales elementos de los que consta un circuito cerrado de televisión son:

- *Cámara*: Elementos encargados de recoger la información visual y transformarla en señal de vídeo
- *Sistema de transmisión de la señal*: Conjunto de emisores, receptores y cableado empleados en la transmisión de la señal de vídeo desde la cámara hasta el centro de control cuando esta no se puede hacer directamente.
- *Sistema de selección, control y visualización de las imágenes*: A partir de las señales de vídeo que llegan desde el túnel se realiza el control de alarmas y conmutación (matrices o servidores de vídeo) a los monitores donde se reconvierte la señal de vídeo en imagen luminosa visible.
- *Detección Automática de Incidentes (DAI)*: Sistema de procesado digital de imágenes para la detección de incidencias en tiempo real.
- *Equipos de grabación*: Almacenan las imágenes de forma temporal o permanente.
- Elementos auxiliares de fijación, conexionado y alimentación.

#### 5.1. Arquitecturas de Circuito Cerrado de Televisión

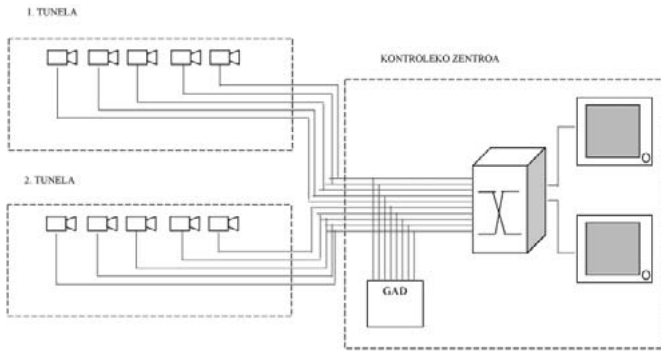
Existen distintas arquitecturas posibles para el Circuito Cerrado de Televisión, según la forma de realizar la transmisión de las imágenes al centro de Control.

En las tres arquitecturas se emplean distribuidores de vídeo para alimentar a los equipos DAI de imágenes de cámaras de televisión, no perdiendo calidad ni potencia en la señal de las imágenes.

A continuación se realiza una breve descripción de cada arquitectura, indicando cuando se recomienda su implementación:

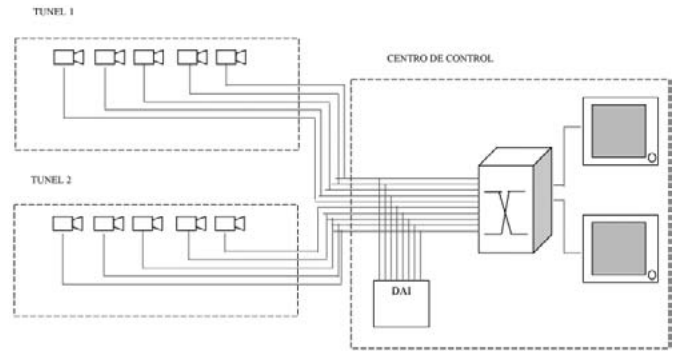


1. eskema.—Seinalea zuzenean kontroleko zentroraino transmititzea



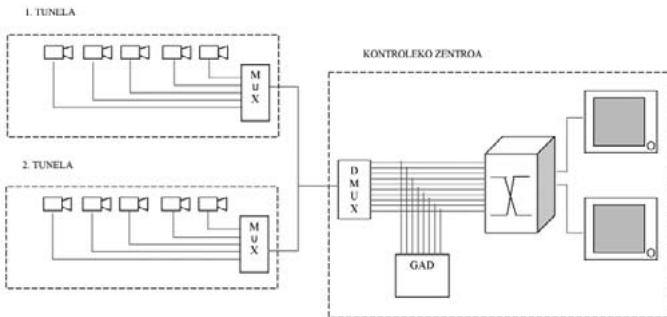
Tunela kontroleko zentrotik oso hurbil dagoenean aplikatu beharrekoa (2 km-ko distantziaren barruan izan ohi da): seinalea zuzenean transmititzen da kameretatik kontroleko zentrorara. Kontroleko zentroan (bideo-matrizea, bideo-zerbitzaria edo antzeko elementua) bideoaren kudeatzailea izango da jasotako irudien eta ikus-teko elementu ezberdinen arteko konmutazioa egiteko arduraduna.

Esquema 1.—Transmisión de la señal directamente hasta el centro de control



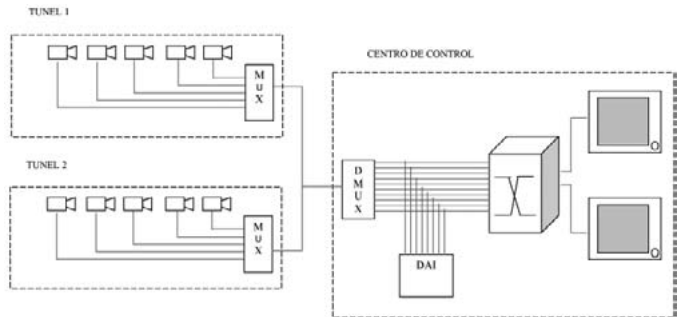
Aplicable si el túnel está muy próximo al Centro de Control (típicamente inferior a 2 km.), la señal se transmite directamente desde las cámaras al centro de control. En el Centro de Control el gestor de video (matriz de video, servidor de video o elemento análogo) es el encargado de realizar la conmutación entre las imágenes recibidas y los diferentes elementos de visualización disponibles.

2. eskema.—Hainbat seinale biltzea transmisioa baino lehen



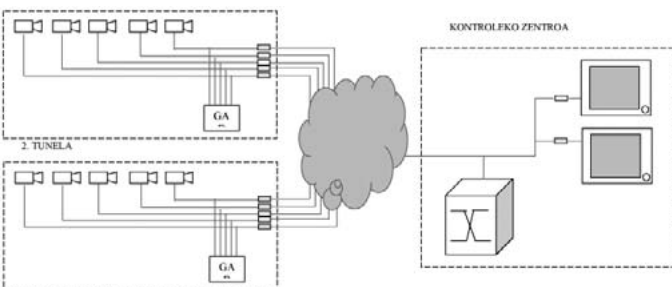
Tunelatik Kontroleko zentroraino dagoen distantzia handia denean edo kamera-kopurua handia denean, hauxe gomendatzen da: transmisioa kontroleko zentroraino egin baino lehen, irudiak multiplexatzea baliabideak hobetzeko. Irudi multiplexatuak bideo-komunikazioen sare nagusi baten bidez transmititzen dira, datuak komunikatzeko sare nagusiarekin bat etor daitekeena. Garrantzitsua da bideo-komunikazioen sare nagusian erredundantzia izatea, akats batek irudi-talde handi baten ikuspena gal ez dezan. Erredundantzia lortzeko, sare nagusian bide alternatiboak izatea gomendatzen da.

Esquema 2.—Concentración de varias señales antes de la transmisión



Cuando la distancia del túnel al Centro de control es alta o el número de cámaras es elevado se aconseja que antes de la transmisión al Centro de Control se multiplexen las imágenes para optimizar los recursos. Las imágenes multiplexadas se transmiten por una red troncal de comunicaciones de video que puede coincidir con la red troncal de comunicaciones de datos. Es importante tener redundancia en la red troncal de comunicaciones de vídeo para evitar que un fallo genere la pérdida de la visión de un grupo amplio imágenes. Para conseguir la redundancia se recomienda la existencia de caminos alternativos en la red troncal.

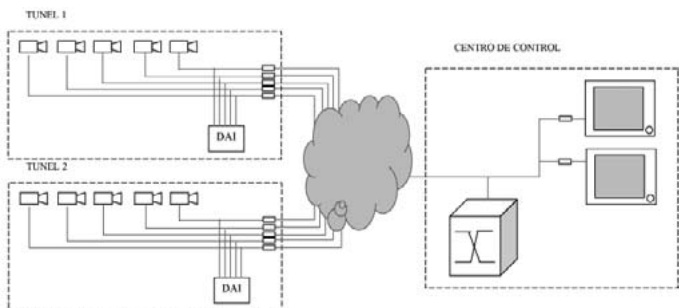
3. eskema.—Seinaleak tokiko zerbitzarietan biltzea



Bideo-seinaleen komunikazio-sarea zabala denean eta lurraldean sakabanatuta dagoenean, interesgarria da arkitektura hau, zeren eta tokiko zerbitzari hauek kontroleko zentrotik eskatzen zaizkien seinaleak transmititzen baitituzte soilik, betiere bideo komunikazioen sare nagusiko baliabideak hobetuta.

Baldin eta kontroleko zentrorara irudi guztiak aldi berean ez iristen aurreikusita bada, GAD sistemako eta etengabeko grabazio sistema zenbait ekipo tunelean bertan egokituriko lokaletan jartzeko aukera hautatuko da.

Esquema 3.—Concentración de señales en servidores locales



Cuando la red de comunicaciones de señales de video es amplia y geográficamente dispersa interesa esta arquitectura ya que estos servidores locales solo transmiten las señales que se le solicitan desde el centro de control optimizando los recursos de la red troncal de comunicaciones de vídeo.

Cuando se haya previsto que al Centro de Control no le lleguen todas las imágenes simultáneamente, se debe optar por instalar parte de los equipos del DAI y del sistema de grabación continua en locales habilitados en el propio túnel.

## 5.2. Kamerak

Ikusizko informazioa bildu eta bideo-seinale bihurtzen duten ekipoak dira kamerak. Hainbat kamera-mota daude, horiek erabiltzeko helburuaren eta ezaugarrien arabera.

Kamera finkoak jarri beharko dira tunel barruan; tunelen kanpoko ahoetan daudenak, berriz, mugikorrek dira.

### 5.2.1. Kamerako elementuak

CCD SENTSOREA (KARPA AKOPLATUKO DISPOSITIBOA)

Argia atzeman eta seinale elektronikoa bihurtzen duen elementua da. Pixelen ilara horizontalekin eta bertikalekin dago osatuta. Pixel guztien informazioa eskaneatu ondoren, bideo-irudia izango da emaitza.

LENTEAK

Kameraren prestazioak hobetzen dituen sistema optikoa. Diafragmaren irekiera aldatuta, CCDren eremura iristen den argi-kantitatea doitzen da, eta argitasun-baldintza ezberdinetara egokitzeko modua du kamerak.

Zooma duten kameretan, lentearen eta CCDren (fokuaren distantzia) arteko distantzia alda daiteke; hortaz, kameraren ikuspen-eremua aldatu egin daiteke.

KARKASA

Tuneletako kamerak airearekin kontaktuan jartzen direnez gero, gutxienez IP66 babes-maila duen karkasa babesle bat jarri behar da. Kamerak eta lenteak karkasaren barruan joan behar dute, babes egokia bermatzeko. Karkasa horiek berogailua eduki behar dute, lenteetan kondentsaziorik ager ez dadin. Kanpoko aldean jartzen badira karkasak, parasola eduki behar da argi biziak kameraren eraginik izan ez dezan; izan ere, argi horrek irudiaren kontrastea murriztuko luke eta itsualdiak eragingo lituzke.

EUSKARRI MOTORDUNA

Euskarri motorduna elementu osagarria da, eta bertan jartzen da kamera. Horri esker, mugimendu horizontalak eta bertikalak egiteko modua du kamerak. Urrutitik kontrolatuko da euskarria, eta kontrola zentrotik egingo da kontrola. Aurre-kokapeneko sistema bat eduki behar du, kamera aurrez finkaturiko posizioetan jartzea ahalbidetuko duena, hala adierazten zaionean edo berez. Euskarri motordunaren abiadurak segundoko 6º-koa izan behar du plano horizontalean eta segundoko 3º-koa plano bertikalean.

Kameraren elementu hau nahitaezkoa da tuneleko sarrerako kanpoko kameretan.

### 5.2.2. Kamerak kokatzeko irizpideak

TUNELAREN BARRUKO ALDEA

Tunelaren %100eko ikuspen-estaldura lortzeko kamerak jarri behar dira, angelu hilik edo puntu itsurik gabekoak; horretarako, kameraren arteko tartea, gehienez, 100 metrokoa izango da. Distantzia handiagoa badago, GADen funtzionamendua modu nabarmenean okertzeko arriskua dago.

Kokapenaren diseinuan, ondorengo puntuek kameraren bidezko ikuspen ona dutela bermatu beharko da:

- SOS zutoinak.
- Ebakuazio irteerak.
- Abiadura moteleko erreiko bide-bazterra.
- Antxuroiak (horrelakorik badago).
- Barneko seinaleztapen aldakorra (horrelakorik badago).
- Tuneleko sarrerak.
- Lokal teknikoak eta kontrola zentroa.
- Ebakuazio galeriak (horrelakorik badago).

Arau orokor lez, norabide bakarreko tuneletako tarte zuzenetan kamerak ezkerreko horma pikoan jarriko dira, eskuineko aldean hobeto ikusi ahal izateko; izan ere, bertan daude kokatuta ekipo guztiak eta bertan geldituko dituzte erabiltzaileek ibilgailuak, seguru asko, gorabeheraren bat suertatuz gero. Tunelak kurbatura handiko tartea badu, beharbada interesgarria izan daiteke kamerak kurbaren kanpoko aldean kokatzea, ezkerreko zein eskuineko horma pikoan. Hala denean, jarritako kameraren ikuspenari buruzko azterlan osoa egin beharko da.

## 5.2. Cámaras

Las cámaras son los equipos que recogen la información visual y la convierten en señales de video. Hay diversos tipos de cámaras según sus características y finalidad para los que se utilizan.

Las cámaras a instalar en el interior de los túneles son fijas, mientras que las ubicadas en las bocas en el exterior de los túneles son móviles.

### 5.2.1. Elementos de la cámara

SENSOR CCD (DISPOSITIVO DE CARGA ACOPLADA)

Elemento que captura la luz y la convierte en una señal electrónica. Se compone de filas horizontales y verticales de píxeles. Una vez escaneada la información de todos los píxeles se obtiene como resultado una imagen de vídeo.

LENTE

Sistema óptico que mejora las prestaciones de la cámara. Cambiando la apertura del diafragma se ajusta la cantidad de luz que alcanza la superficie del CCD y permite a la cámara adaptarse a distintas condiciones de luminosidad.

En aquellas cámaras que disponen de zoom se puede variar distancia entre la lente y el CCD (distancia focal) con lo que se puede cambiar el campo de visión de la cámara.

CARCASA

Las cámaras en túneles se instalan en intemperie por lo que deben ser protegidas adecuadamente con una carcasa protectora de índice de protección mínimo IP66. Tanto las cámaras como las lentes deben ir dentro de la carcasa, para asegurar una protección adecuada. Estas carcasas deben disponer de calefactor para evitar la condensación en las lentes. Si se instalan en exterior debe disponer de parasol para evitar que incida luz intensa en la cámara que reduciría el contraste de la imagen y podría provocar deslumbramientos.

POSICIONADOR MOTORIZADO

EL posicionador motorizado es un elemento auxiliar sobre el que se instala la cámara y permite que ésta realice movimientos tanto en sentido horizontal como vertical. Este control del posicionador será remoto y se controlará desde el centro de control. Debe disponer de un sistema de preposicionamiento que permita situar la cámara en posiciones prefijadas cuando se le indique o por defecto. La velocidad del posicionador motorizado debe alcanzar los 6º/s en el plano horizontal y 3º/s en el plano vertical.

Este elemento de la cámara es obligatorio en las cámaras exteriores de acceso al túnel.

### 5.2.2. Criterios para la ubicación de las cámaras

INTERIOR DEL TÚNEL

Se deben instalar cámaras para conseguir una cobertura visual del 100% del túnel sin ángulos muertos ni puntos ciegos, para ello la separación entre cámaras no debe exceder los 100 metros. Con una interdistancia superior, se corren riesgos de empeorar sustancialmente el funcionamiento del DAI.

En el diseño de ubicación se debe asegurar que los siguientes puntos singulares tengan una buena visibilidad por cámaras:

- Postes SOS.
- Salidas de evacuación.
- Arcén del carril lento.
- Anchurones (si dispone).
- Señalización variable interior (si dispone).
- Accesos al túnel.
- Locales técnicos y Centro de Control.
- Galerías de evacuación (si dispone).

Como norma general en los tramos rectos de túneles unidireccionales las cámaras se instalan en el hastial izquierdo, para tener una mejor visión del margen derecho, donde están ubicados todos los equipos y donde es previsible que los usuarios detendrán sus vehículos en caso de incidente. Cuando un túnel tuviese un tramo con una curvatura pronunciada puede interesar ubicar las cámaras en el lado exterior de la curva, ya sea el hastial izquierdo o el derecho, en este caso de deberá realizar un estudio completo de la visibilidad de las cámaras instaladas.

Tunelaren barruko kameren garaiera 4,5 metro eta 6 metro bitartekoa izan daiteke, eta tunelaren galiboak ahalbidezten duen garaierarik altuenean kokatuko dira, betiere tuneleko argiteriako luminarien azpitik eta luminarietako kamerak itsualdirik eragiten ez dutela bermatuz. Tunelaren barruko aldean distantzia fokal finkoko kamerak jartzea gomendatzen da. Prestazio handiak izan behar dituzte kamera horiek (bereizmena, sentsibilitatea...), zeren eta ikuspen-eremu zabala baitute eta GADekin konektaturik baitaude.

Kamerak kokatzerakoan eta jartzerakoan, ahal dela ez dira egongo tuneletako sarreretan eta irteeretan gertatzen diren itsualdiak, toki horietan gertatzen den argitasun-aldaketa dela eta.

Ebakuazio galerietan, lokal teknikoetan eta kontrolleko zentroan kamerak egon beharko dira pertsonak daudela detektatzeko eta ikusteko. Tunelaren barrukoak baino doitasun txikiagoak izan daitezke. Mugimendua detektatzeko algoritmoak izan behar dituzte, edo bestela, kamera bakoitzari lotutako presentzia-sumagailuak.

#### TUNELEKO SARRERAK

Euskarria eta zooma dituzten kamera motordunekin zaindu behar dira tuneletako sarrerak. Ikuspena hobetzeko, gutxienez 15 metroko altuera eta 8 metrora arte hormigoia duen mastaren gainean jartzea gomendatzen da.

### 5.2.3. Ezaugarri nagusiak

#### KOLOREA

Zaintzapeko gunearen kolorezko irudiak ematen dituzten kamerak jarri behar dira.

#### BEREIZMENA

Sentsoreak xehetasunak emateko duen ahalmena da. Bereizmena neurtzeko modurik ohikoena bereizmen-lerroak erabiltzea da; lerro zuri eta beltz bertikalen kopuru gisa definitzen da (bereizmen horizontala), irudiaren gutzizko zabaleraren 3/4-en barruan bereizteko gai direnak hain zuzen.

Kameretan teknologia digitala sartu den ezker, bereizmena neurtzeko modu berria erabiltzen ari da: irudiaren pixel eraginkorren kopurua. Ezaugarri batetik bestera iragaitzeko, pixel horizontal eraginkorren kopurua zati 1.33 (4/3) egin behar da, ondoko formulaz adierazten den moduan:

$$\text{Bereizmen lerroak} = 3/4 \text{ pixel horizontal eraginkorrak}$$

Kolorezko lerroetan ere izan daiteke bereizmena, irudiaren gutzizko zabaleraren 3/4-en barruan bereizteko gauza dena.

Tunelen barruko aldeetan eta sarreretan kokaturiko zaintza-kameren bereizmenak 480 lerrotik gorakoa izan behar du koloretan (bereizmen altua).

Tunel-zuloen arteko komunikazio galerietan, lokal teknikoetan eta kontrolleko zentroan kokaturiko zaintzako eta presentzia detektatzeko kameren bereizmenak 330 lerro baino gehiago izan beharko ditu koloretan.

#### SENSIBILITATEA

Kamerak irudia ekoizteko behar den gutxieneko argi-kantitatea da. Zaintzako sistema ezberdinak konparatzean, luxek bideoko irteera-maila berekoak direla egiaztatzea behar da (tunelaren barruko aldearen edo irteeraren % 100), baita neurketan erabili den lentea ere (azken balioa aldarazten duen lentearen f-stop ezagutzea). Tunelaren barruko aldean eta sarreretan jarritako kamerak sentsibilitate handikoak izan behar dute, lux 1ekoak baino txikiagoak eta lenteak F/1.2-koa eta irteeraren % 100ekoa izan behar du.

Aurreko eskakizunaz gain, prestazioak hobetzeko sistemaren bat izan beharko du kamerak ikuspen txikiko egoeratarako; gutxienez 0,7 luxekoa izan beharko du. Hainbat teknika dago: kolorezko irudia zuri-beltzean bihurtzea argitasun txikia dagoenean. Sentsibilitate elektronikoa da, non CCD agerian egoteko denbora igotzen baita eta ondoren integrazioetan hasierako prestazioak hobetzea lortzen baita; irabaziaren kontrol automatikoa: seinalea aplikatzen du argitasun txikiarekin irudi onargarria lortu arte.

La altura de las cámaras en el interior del túnel puede variar entre los 4,5 metros y los 6 metros, ubicándose a la mayor altura que permita el gálibo del túnel, siempre por debajo de las luminarias de alumbrado del túnel y asegurándose que éstas no produzcan deslumbramientos en la cámara. Se recomienda que se instalen cámaras de distancia focal fija para el interior del túnel. Estas cámaras deben tener altas prestaciones (resolución, sensibilidad...) ya que tienen un campo de visión amplio y están conectados al DAI.

A la hora de ubicar e instalar las cámaras se debe evitar el riesgo de deslumbramiento que se producen en los accesos y salidas de los túneles, debido al cambio de luminosidad que se origina en estos puntos.

Las galerías de evacuación, locales técnicos y el centro de control deben disponer de cámaras para la detección de presencia y visualización de personas. Estas cámaras pueden ser de una precisión más baja que las de interior de túnel. Deben disponer de algoritmos de detección de movimiento o en su defecto detectores de presencia asociados a cada cámara.

#### ACCESOS AL TÚNEL

Los accesos del túnel deben estar vigilados por cámaras motorizadas con posicionador y zoom. Para mejorar la visibilidad se recomienda su instalación sobre mástil de 15 metros de altura y hormigonado hasta los 8 metros.

### 5.2.3. Principales características

#### COLOR

Se deben instalar cámaras que proporcionen imágenes en color del área de vigilancia.

#### RESOLUCIÓN

Capacidad que tiene el sensor para reproducir detalles. La manera más generalizada de medir la resolución es por las líneas de resolución que se define como número de líneas verticales (resolución horizontal) blancas y negras que es capaz de distinguir dentro de las 3/4 de la anchura total de la imagen.

Desde la introducción de la tecnología digital en las cámaras se está empleando una nueva forma de medir la resolución, el número de píxeles efectivos de la imagen. Para traducir de una característica a otra hay que dividir por 1.33 (4/3) el número de píxeles efectivos horizontales, según se indica en la fórmula siguiente:

$$\text{Líneas de resolución} = 3/4 * \text{píxeles efectivos horizontales}$$

La resolución también se puede dar en las líneas de color que es capaz de distinguir dentro de las 3/4 de la anchura total de la imagen.

La resolución de las cámaras de vigilancia del tráfico ubicadas en el interior de túnel y en los accesos a éste debe ser superior a 480 líneas en color (alta resolución).

Las cámaras dedicadas a vigilancia y detección de presencia que se ubican en galerías de comunicación entre tubos, locales técnicos y centro de control deben superar las 330 líneas de resolución en color.

#### SENSIBILIDAD

Cantidad de luz mínima que se necesita para que una cámara produzca una imagen. Al comparar sistemas de vigilancia distintos se debe verificar que los luxes se refieren al mismo nivel de la salida de vídeo (100% de la salida o inferior), y cual es la lente que se utilizó en la medida (conocer el f-stop de la lente que hace variar el valor final). Las cámaras instaladas en el interior del túnel y los accesos deben ser de alta sensibilidad, con valores inferiores a 1 lux con una lente de F/1.2 y 100% de la salida.

Además de la exigencia anterior, la cámara debe disponer de algún sistema que mejore sus prestaciones en caso de baja visibilidad, con las que llegar al menos a 0.7 lux. Existen diversas técnicas: conmutación de la imagen en color a blanco y negro en caso de baja luminosidad; sensibilidad electrónica donde se aumenta el tiempo de exposición del CCD y en sucesivas integraciones se consigue mejorar las prestaciones iniciales; control automático de ganancia que amplifica la señal hasta conseguir una imagen aceptable con baja luminosidad.

**IKUSPEN-ANGELUA**

Lentearen tamainaren ezaugarrien eta lentearen eta CCDaren arteko distantziaren (distantzia fokala) araberakoa izango da. Zenbat eta distantzia fokala txikiagoa izan, orduan eta ikuspen-angelu txikiagoa izango da.

**LANDAKO SAKONERA**

Distantzien marjina adierazten du, non kamerak fokaturiko elementuak atzematen dituen. 4 metrotik beherakoa izan behar du gutxienezko distantziak.

**LENTEAREN DIAFRAGMAREN KONTROLA**

Lentetik sartzen den argi-kantitatea kontrolatzen duen sistema. Sistema automatikoa izan behar du (Auto Irisa), tentsio bidez edo bideo-anplifikadore konparatzailearen bidez.

**ARGI KONTREN KONPENTSAZIOA (B.L.C.)**

CCDaren kameraren berezitasunak dira; izan ere, elektronikoki egiten dute konpentsazioa atze aldeko argia oso altua denean. Hala, irudi hobea eta zehatzagoa lor daiteke; bestela, silueta iluna baino ez litzateke izango irudia. Ezaugarri hori nahitaezkoa da tunelaren barruko aldeko kameretan, GADek behar bezala funtziona dezaten.

**SEINALEAREN ETA ZARATAREN ARTEKO ERLAZIOA (S/N)**

Bideo-seinaleen zarata-mailen neurketa. Balio altuak hobek dira; S/N erlazioak gutxienez 50 dB-koa izan behar du.

**5.3. Seinalea transmitzeko sistema**

Ahalik eta gutxienez aldaraziko da ingurua edo protokoloa, CCVren sistemaren bereizmena bereizmen txarrena duen bideo-sistemako zatiaren berdina izango da. Hori dela-eta aukeraturiko arkitekturaren arabera, transmisio-mota bat edo bestea hautatuko da.

Tunelaren barruko aldeetan eta sarreretan erabilitako kamera-motaren arabera, bideo-seinalearen iterea analogikoa, digitala edo zuzenean IP bideoan izan daiteke. Kamera-motaren aukeraketa bideo sistemaren arkitekturaren arabera izango da. Hala, 1. eskemaren bezalako arkitekturetan transmisioa modu analogikoan egitea gomendatzen da. 2. eskemetan, komunikazio sare nagusian transmititu daiteke seinalea modu analogikoan edo digitalean. 2. eskemetan sare nagusian modu analogikoan transmititu daiteke. 3. eskeman, berriz, transmisioa baino lehen digitalizatuko da seinalea. Formatu digitala bada, irudia halako moldez trinkotu daiteke non banda-zabalera txikiagoa hartuko baita.

Maila fisikoari dagokionez, bideo-seinalea transmitzeko gehien erabiltzen diren transmisio moduak hauexek dira: kable koaxiala, txirikorda itxurako bi kableak eta zuntz optikoa. Transmisio distantzia txikietara bidaltzeko (kilometro 1 edo 2 km-koa baino txikiagoa), modu anitzetarako zuntza erabiltzea gomendatzen da. Komunikazio-enborrak egin eta seinaleak distantzia handiagoetara eramateko, modu bakarreko zuntz optikoa erabili beharko da.

Bideo-komunikazioen enborrean erreduntziak egotea gomendatzen da, zeren kanal horretako akats batek tunel osoko irudiak galaraziko bailituzke. Seinalerako bi ibilbide alternatibo emanda lor daitezke erreduntzia horiek. Garrantzitsua da erreduntzia maila fisikoan izatea eta kanal erreduntziak kanalizazio ezberdinetatik joatea, baita kanalizazioa hausteak kanal nagusian eta kanal erreduntzian akatsik ez eragitea ere. IP bideoa abiarazten bada, sare-mailan lortuko litzateke, eta gehitze-sistema gomendatzen da, karga-kulunkaz edota eraztun-itxurako sareko arkitekturaz.

**5.3.1. Seinale-mota****ANALOGIKOA**

Kamerak sortzen duen bideo-seinalea analogikoa da. 1 edo 2. eskemako transmisio arkitekturetan, zuzenean transmititu daiteke seinale analogikoa. Lehenbiziko kasuan, puntuz puntu bidaltzen da seinalea analogikoa; bigarrenetan, berriz, hainbat seinale modulatu dira kanal beretik transmititu ahal izateko.

Seinale analogikoak PAL sistema jarraitu behar du (Phase Alternation Line), Europako mendebaldeko lurraldeetan erabiltzen dena, horien artean Bizkaian. Estandar horrek 625 linea eta 50 eremu segundo transmititzen ditu, elkarrekiko loturak dituen sistema-rekin. Sistema hori irudiaren linea bakoitiek osaturiko lehen ere-

**ÁNGULO DE VISIÓN**

Depende de las características del tamaño de la lente y la separación entre está y el CCD (distancia focal). A mayor distancia focal menor ángulo de visión.

**PROFUNDIDAD DE CAMPO.**

Indica el margen de distancias donde la cámara capta los elementos enfocados. La distancia mínima debe ser inferior a 4 metros.

**CONTROL DEL DIAFRAGMA DE LALENTE**

Sistema que controla la cantidad de luz que entra por la lente. Debe tener un sistema automático (Auto Iris) controlado por tensión o por amplificador comparador de vídeo.

**COMPENSACIÓN DE CONTRALUCES (B.L.C.)**

Característica propia de las cámaras de CCD, las cuales electrónicamente realizan una compensación cuando la luz del fondo es muy elevada. Con ello se consigue presentar una imagen mejor y más detallada, que en otro caso sería simplemente una silueta oscura. Esta característica es obligatoria en todas las cámaras de interior de túnel para el correcto funcionamiento del DAI.

**RELACIÓN SEÑAL / RUIDO (S/N)**

Medida de los niveles de ruido en la señal de vídeo. Valores altos son mejores, la relación S/N no debe ser inferior a los 50 dB.

**5.3. Sistema de transmisión de la señal**

Se deben realizar las menores transformaciones de medio o protocolo ya que la resolución del sistema de CCTV será igual a la parte del sistema de vídeo con peor resolución. Ello hace que según sea la arquitectura escogida se realice un tipo de transmisión u otra.

En función del tipo de cámaras empleadas en el interior de los túneles y sus accesos, la salida de la señal de vídeo podrá ser analógica, digital o directamente en vídeo IP. La elección del tipo de cámara dependerá de la arquitectura del sistema de vídeo, así tenemos que en arquitecturas como el esquema 1 se recomienda que la transmisión se realice de forma analógica. En los esquemas 2 se puede transmitir la señal en el troncal de forma analógica o digital mientras que el 3 se digitalizará la imagen antes de su transmisión. Si el formato es digital permite comprimir la imagen de forma que ocupe menos ancho de banda.

Desde el punto de vista del nivel físico, los medios de transmisión más utilizados para la transmisión de la señal de vídeo son el cable coaxial, par trenzado y fibra óptica. Para realizar la transmisión a distancias pequeñas (inferior a 1 ó 2 Km.) se recomienda emplear fibra multimodo. Para realizar los troncales de comunicación y llevar las señales a distancias mayores, se deberá usar fibra óptica monomodo.

Se recomienda que haya redundancias en el troncal de comunicaciones de vídeo ya que un fallo en ese canal produciría la pérdida de las imágenes de todo un túnel. Estas redundancias se pueden conseguir proporcionando dos rutas alternativas para la señal. Es importante que la redundancia sea a nivel físico y que los canales redundantes vayan por canalizaciones distintas y que una rotura en la canalización no produzca fallos en el canal principal y el redundante. En caso de implementación de vídeo IP la redundancia se conseguiría a nivel de red recomendándose sistemas de agregación con balanceo de cargas y/o arquitecturas de red en anillo.

**5.3.1. Tipo de señal****ANALÓGICA**

La señal de vídeo que genera la cámara es analógica. Para arquitecturas de transmisión como el esquema 1 o 2 se puede transmitir la señal analógica directamente. En el primer caso se envía la señal analógica punto a punto mientras en el segundo se modulan varias señales para transmitir las por el mismo canal.

La señal analógica debe seguir el sistema PAL (Phase Alternation Line) que es el usado en la mayoría de los territorios de Europa Occidental entre ellos Bizkaia. Este estándar transmite 625 líneas y 50 campos por segundo con un sistema de entrelazado que consiste en la transmisión de un primer campo compuesto por las líneas

mua transmititzean datza, eta ondoren linea bikoitiek osaturiko bigarren eremua transmititzen da. Hala, irudiak freskatu egiten dira, hain zuzen ere 25 irudi segundoko.

Kameratik irten eta irudiak ikusteko sisteman sartu arte seinale analogian gertaturiko galerek inoiz ez dituzte 6 dBak gaintutuko, 5 MHz-ko frekuentzian.

#### DIGITALA

Bideo-seinaleak transmititzeko, irudiak digitalizatu beharra gerta daiteke bidalketa egin baino lehen. Seinalea digitalizatzeak ez dakar kalitatea galtzerik; hala eta guztiz ere, bideo-komunikazioen enboreko sareko baliabideak optimizatzeko 2. eskema egiten bada, interesgarria da irudiak trinkotzea, kalitatea galduta ere. Banda-zabalerara hobetu nahi da, betiere transmisioa zentzuzko kalitate-indizeen bidez transmitituta.

Irudia ikusteko bereizmena gutxienez 352 X 288 pixelekoa izan behar da, 25 irudi segundoko. Baldin eta GADek erabiltzen dituzten irudiak digitalak badira, trinkotuak zein ez, bideo-irudien gutxieneko bereizmena GAD sistemaren funtzionamendu egokia izateko modukoa izango da. Kasu honetan, GAD sistemaren hornitzailearen ziurtagiria beharko da, sistema aukeraturiko soluzioarekin ondo dabilela egiaztatzeko.

Merkatuan zabalkuntza handia duten digitalizazio edo ulermen protokoloak erabili beharko dira beti. Irudiak trinkotzeko, MPEG edo JPEG protokoloak erabili behar dira.

#### 5.4. Irudiak hautatzeko, kontrolatzeko eta ikusteko sistema

Kameretako seinaleak kontroleko zentrorira iristen dira, eta bertan zainduko dituzte operadoreek irudiok. Kontroleko zentroan ekipok eta nahikoa toki izango da lana eraginkortasunez egiteko. Hauek dira kontroleko zentroan sistema bat eduki behar dutenak:

#### LAN-ESTAZIOA

Kontrol-zentro bakoitzean gutxienez lan-estazio bat egongo da, eta bertan langileak zaintza- eta kontrol-lan guztiak burutuko ditu. Estazio bakoitzean tunelean ezarritako sistema guztiak kontsultatzeko aukera egon behar da, horien artean, bideo-sistema. Hala ere, lan-estazioak bistaratze pantailak dituzten ekipoekin lan egiten dutenekin zerikusia duten segurtasunaren eta osasunaren gutxieneko xedapenei buruzko 488/1997 Errege Dekretuan jasotako indarreko arauketa bete behar du.

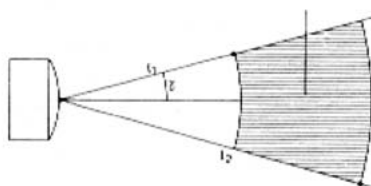
#### MONITOREA

Irudiak ikusteko funtsezko elementua da. 21 hazbeteko monitorea gomendatzen dira. Monitoreen kokapenak egokia izan behar du, lan-estazioetatik ikuspen ona izateko moduan.



Monitorearen oinplanoarekiko kokapenak normalak eta ikuspen-linea horizontalak definituriko angelua, gehienez, 30º-koa izango da.

Ikusteko gainaz. Baliag.



Behaketa-gainazal baliagarriari deritzo laneko estazioak koka daitezkeen eremuari. Distantziak (L) eta monitorea lan-estazioetatik bana ditzakeen angeluak emango dute gainazal hori, eta monitorea diagonalaren luzeraren arabera aldatuko da, taula honek dakarrenez:

impares de la imagen y a continuación un segundo campo formado por las líneas pares. Con esto se consigue un refresco de imágenes de 25 imágenes por segundo.

Las pérdidas producidas en la señal analógica desde la salida de la cámara hasta la entrada en el sistema de visualización nunca deben superar los 6 dB a la frecuencia de 5 MHz.

#### DIGITAL

Para la transmisión de señales de vídeo puede ser necesario digitalizar la imagen previo al envío. Digitalizar la señal no implica pérdida de calidad, aunque si se realiza el esquema 2 para una optimización de los recursos de la red troncal de comunicaciones de vídeo es interesante comprimir las imágenes aunque suponga pérdidas de calidad. Se busca la optimización del ancho de banda transmitiendo con unos índices de calidad razonables.

En ningún caso la resolución de la imagen para la visualización será inferior a 352X288 píxeles y 25 imágenes por segundo. En el caso que las imágenes que emplee el DAI sean digitales, ya sean comprimidas o no, la resolución mínima de las imágenes de vídeo debe ser la que al menos permita el correcto funcionamiento del sistema DAI. En este caso, será necesario un certificado del suministrador del sistema DAI en el que certifique el correcto funcionamiento de su sistema con la solución adoptada.

Se deben usar siempre protocolos de digitalización y/o compresión de amplia difusión en el mercado. Para comprimir las imágenes se debe emplear los protocolos MPEG o JPEG.

#### 5.4. Sistema de selección, control y visualización de las imágenes

Las señales procedentes de las cámaras llegan al Centro de Control donde deben ser vigiladas por los operadores. El Centro de Control debe disponer de equipos y espacio suficiente para realizar el trabajo de forma eficiente. Los equipos que debe tener un sistema en centro de control son:

#### ESTACIÓN DE TRABAJO

En cada centro de control habrá al menos una estación de trabajo donde el operador realice todas las labores de vigilancia y control. Desde cada estación se debe tener una disponibilidad total de todos los sistemas instalados en el túnel entre ellos el de vídeo. La estación de trabajo debe cumplir con la normativa vigente al respecto, Real Decreto 488/1997 disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.

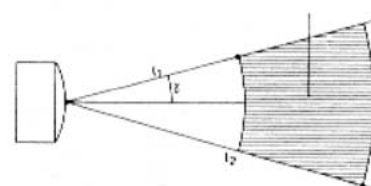
#### MONITOR

Elemento básico de visualización de imágenes. Se recomienda monitores de 21 pulgadas. La ubicación de los monitores debe ser adecuada para que se tenga una buena visualización desde las estaciones de trabajo.



El ángulo definido por la normal al plano del monitor y la línea horizontal de la línea de visión será de 30º como máximo.

Área útil de visualización



El área útil de observación, es aquella donde se puede ubicar las estaciones de trabajo, vendrán definidas por la distancia (L) y ángulo que puede separar los monitores de las estaciones de trabajo y variara según la longitud de la diagonal del monitor, según la tabla siguiente:

| Tamaina diagonal (hazbeteak) | Gutxieneko luz. (cm) | Gehieneko luz. (cm) | Angelua (°) |
|------------------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 15                           | 120                  | 330                 | 40          |
| 19                           | 140                  | 420                 | 40          |
| 21                           | 170                  | 470                 | 40          |

Ahal dela, ez da monitorerik jarriko atzean jarritako argi-fokuek eragindako argi kontrakoak aurreikusten diren tokietan, ezta pantailaren aurreko argi-fokuek pantailan erreflexioak eragin ditzaketen ere.

#### ERRETROPROIEKTOTREAK

Kontrolako zentroak nahikoa handiak direnean, tamaina handiko sistema bat jarri behar da irudiak ikusteko, non hainbat lagunek argi eta garbi ikusi ahal izango baitituzte bideo irudiak edo kontrolaren aplikazioa. Horretarako, erretroproiektoreak jarri ohi dira; izan ere, mosaiko gisa eratu daitekeenez, gero handitu egin daitezke beharrezkoa bada. Zentro txikien kasuan, pantaila zapal handiak jartzeko erabakia har daiteke. Halaber, planteatzeko moduko beste zenbait soluziotan, aurkezpena pantaila zapaleko monitore integratuen mosaiko baten bidez egingo da; horiek aukera emango dute hautaturiko seinalea pantaila bakartzat ikuskatzeko.

Kokapenari dagokionez, monitoreen antzeko irizpideak daude erretroproiektoreen inguruan.

#### BIDEOAREN KUDEATZAILEA

Honako funtzio hauek emateko ekipoa:

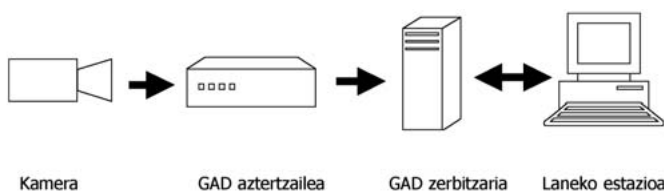
- Monitore eta erretroproiektore guztietako irudien eskuzko konmutazioa edozein lan-estaziotatik.
- Aurrez programaturiko sekuentziak ikustea monitore guztietan, edozein lan-estaziotatik konfiguratu daitezkeenak.
- Hainbat irudi (4 oro har) monitore berean aldi berean ikustea gomendatzen da. Tunel bereko irudi guztiak ikusi behar dira, sua dagoenean ebakuazioa behar bezala egiteko.
- Kontrolako zerbitzaritik badator alarma, hurbilen dauden kameretako irudia erakutsiko du bideo-kudeatzaileak aurretik finkatu den eta konfiguratu daitezkeen monitore batean.

Jarritako CCTV sistemaren teknologiararen eta arkitekturaren araber, teknologia desberdina izango du bideo-kudeatzaileak. Irudiak formatu digitalean iristen badira, bideo-zerbitzaria (ordenagailua) izango da kudeatzailea. Seinale analogikoak badira, berriz, bideo-matrizea izango da, sarrerak eta irteerak alarma-kudeatzaile batekin konmutatzen dituena. Azken kasu horretan, funtzio horietako batzuk lortzeko, beharrezkoa izan daiteke bestelako ekipo-motak jartzea hala nola quadak; izan ere, irudiak trinkotu egiten dituzte, horietako 4 monitore beretik ikusi ahal izateko.

### 5.5. Gorabeherak Automatikoki Detektatzea (GAD)

Gorabeherak denbora errealean detektatzeko sistema da GAD, irudien prozesatze digitaleko edo ikuste artifizialeko teknika batean oinarritua.

Telebistako sistema itxia duen tunel orok GAD sistema jarrita eduki behar izatea gomendatzen da.



#### 5.5.1. GAD sistemaren arkitektura

Irudiak digitalizatzeko eta tratatzeko ekipo batek (aztertzailea) eta sistemaren kontrolako zerbitzu nagusi batek osatzen dute GAD sistema.

| Tamaño diagonal (pulgadas) | L. mínima(cm) | L. máxima (cm) | Angulo (°) |
|----------------------------|---------------|----------------|------------|
| 15                         | 120           | 330            | 40         |
| 19                         | 140           | 420            | 40         |
| 21                         | 170           | 470            | 40         |

Se evitará la colocación del monitor, en lugares donde se prevean contraluces provocados por focos luminosos colocados detrás, así como donde puedan producirse reflexiones en la pantalla por focos luminosos frente a la misma.

#### RETROPROYECTORES

Cuando los centros de control tienen un tamaño importante se debe instalar sistema de visualización de grandes dimensiones, donde distintas personas pueden ver de forma clara las imágenes de vídeo o la aplicación de control. La solución habitual es la instalación de retroproyectores que al poder componerse en mosaico puede ampliarse posteriormente si hiciese falta. En el caso de centros pequeños puede optarse por la instalación de pantallas planas de grandes dimensiones. También se podrán plantear soluciones en las que la presentación se realice mediante un mosaico de monitores de pantalla plana, integrados, y que permitan visualizar como una única pantalla la señal elegida.

Los criterios de ubicación de los retroproyectores son similares a los de los monitores.

#### GESTOR DE VIDEO

Equipo encargado de proporcionar las siguientes funciones:

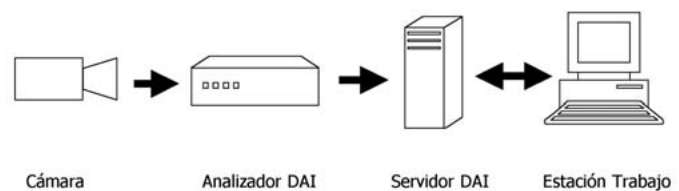
- Conmutación manual de las imágenes de todos los monitores y retroproyectores desde cualquier estación de trabajo.
- Visualización de secuencias preprogramadas en todos los monitores, configurables desde cualquier estación de trabajo.
- Se recomienda el visionado simultáneo de varias imágenes (típicamente 4) en el mismo monitor. Se debe poder ver todas las imágenes de un mismo túnel para verificar en caso de incendio que la evacuación se ha efectuado adecuadamente.
- En caso de alarma desde el servidor de control, el gestor de vídeo mostrará la imagen de la cámara más cercana en un monitor prefijado y configurable.

Según la tecnología y arquitectura del sistema de CCTV instalado, el gestor de vídeo tendrá una tecnología diferente. Si las imágenes llegan en formato digital el gestor será un servidor de vídeo (ordenador) mientras que si son señales analógicas será una matriz de vídeo que conmuta entradas y salidas con un gestor de alarmas. En este último caso, para conseguir algunas de estas funciones puede ser necesaria la instalación de otro tipo de equipo como los quad, que comprimen las imágenes para permitir que se vean 4 de ellas por el mismo monitor.

### 5.5. Detección Automática de Incidentes (DAI)

El DAI es un sistema de detección de incidentes en tiempo real basado en técnica de procesado digital de imágenes o visión artificial.

Se recomienda que todo túnel que disponga de sistema cerrado de televisión deba instalar sistema DAI.



#### 5.5.1. Arquitectura del sistema DAI

El sistema DAI esta compuesto por un equipo de digitalización y tratamiento de imágenes (analizador) y de un servidor central de control del sistema.

1. eta 2. eskemetan, GAD aztertzaileak Kontrolleko Zentroan instalatzen dira, eta konprimatu gabeko bideo-irudi analogikoekin eta digitalekin egingo dute lan. 3. eskeman, monitoreek erakutsi beharreko irudiak transmititzen dira; hori dela-eta GADen aztertzaileak eta etengabeko grabazio sistema tunelean kokatzen dira, irudi guztiak prozesa ditzaten, ez bakarrik kontrolleko zentrorira iristen direnak. Kasu honetan, irudi analogikoekin edo transmisio sistemek digitalizaturiko irudiekin egin ahal izango dute lan GADen aztertzaileek.

### 5.5.2. GADen elementuak

#### AZTERTZAILEA

Honako hauek ditu: prozesuko unitate zentrala, irudiak prozesatzeko softwarea, bideo-seinaleak digitalizatzeko sistema bat eta komunikazio-txartela. Ondoren azaltzen direnak dira aztertzaileak burutu beharreko atazak:

- Bideo-seinaleak, sinkronizatzea, digitalizatzea (beharrezkoa bada) eta eskuratzea. GADek jasotako bideo-seinaleak analogikoak direnean soilik digitalizatuko da irudia.
- Gorabeherak detektatzea eta bideo-kamera bakoitzaren trafikoko neurriak.
- Kameretako irudiak etengabe grabatzea. Gorabehera dagoenean, kameretako irudiak eskuratu ahal izango dira gorabehera gertatu baino 2 minutu lehenagotik hasita.
- Alarmak, trafikoko neurriak eta irudiak biltzea.

#### GADeko KONTROLEKO ZERBITZARIA

Ordenagailu bat da zerbitzari nagusia, analizatzaileekin eta tunela kudeatzeko sistemarekin konektatuta dagoena. Hauexek dira GADeko kontrolleko zerbitzariaren eginkizun nagusiak:

- Aztertzaileekin komunikatzea eta GAD sistema osoa ikuskatzea.
- Alarmak zentralizatzea eta trafikoa eta bideo sekuentziak neurtzea.
- Gorabeheren bideoen sekuentzien datu-basean sartzeko sistema kudeatzea.
- Tunela kudeatzeko duen sistemarekin komunikatzea.
- GAD aztertzaileak konfiguratzea.

### 5.5.3. GAD sistemaren ezaugarriak

#### IKUSIRIKO GORABEHERAK

Gutxienez honako gorabehera hauen gaineko abisua eman behar sistemak:

- Ibilgailua geldirik, galtzadan, bide-bazterrean edo baztergunean.
- Trafiko motela: ukituriko ibilgailuen taldea noiz hasi eta noiz amaitzen den adierazi beharko da.
- Trafiko motela galtzadan edo bidebazterrean: parametroetan adieraz daiteke atalasea trafikoaren egoera normala denean.
- Oinezkoak izatea galtzadan, bide-bazterrean, bazterguneetan edo espaloietan.
- Oztopoa izatea galtzadan.
- Kontrako noranzkoan doan ibilgailua, galtzadan edo bidebazterrean.
- Ibilgailuen arteko distantzia konfiguratu daitekeen atalasekoa baino txikiagoa izatea.
- Parametroetan adieraz daitekeen atalasekoa baino abiadura handiagoa daraman ibilgailua.
- Ibilgailu-pilaketa: konfiguratu egin daiteke ilarako azkeneko ibilgailuaren atalaseko luzera.
- Kea edo behe-lainoa.

Sistemak gorabeherak antzeman behar ditu, gorabehera berak eragindako alarma ugari eman ez ditzan.

En el esquema 1 y 2 los analizadores DAI se instalan en el Centro de Control, y trabajarán con las imágenes de vídeo analógicas o digitales, sin comprimir. En el esquema 3, únicamente se transmiten las imágenes que van a ser mostradas por los monitores, por lo que los analizadores del DAI y el sistema de grabación continua se ubican en el túnel, para que procesen todas las imágenes y no solamente las que lleguen al Centro de Control. En este caso los analizadores DAI podrán trabajar con las imágenes analógicas o con las imágenes digitalizadas por los sistemas de transmisión.

### 5.5.2. Elementos del DAI

#### ANALIZADOR

Consta de una unidad central de proceso, un software para el procesamiento de imágenes, un sistema para digitalizar señales de vídeo y una tarjeta de comunicaciones. Las tareas que realiza un analizador son las que se describen a continuación:

- Adquisición, digitalización, si es necesaria, y sincronización de las señales de vídeo. Únicamente se digitalizará la imagen cuando las señales de vídeo que reciba el DAI sean analógicas.
- Detección de incidentes y medidas de tráfico de cada imagen de vídeo.
- Grabación continua de las imágenes de las cámaras. En caso de incidente se podrá disponer de las imágenes de las cámaras desde 2 minutos antes de que se produzca el incidente.
- Almacenamiento de alarmas, medidas de tráfico e imágenes.

#### SERVIDOR CONTROL DAI

El servidor central es un ordenador, que se encuentra conectado a los distintos analizadores y al sistema de gestión del túnel. Las principales funciones del servidor de control DAI son:

- Comunicación con los analizadores y supervisión de todo el sistema DAI.
- Centralización de las alarmas, mediciones de tráfico y secuencias de vídeo.
- Gestión del acceso a la base de datos de secuencias de vídeo de incidente.
- Comunicación con el sistema de gestión del túnel.
- Configuración de los analizadores DAI.

### 5.5.3. Características del sistema DAI

#### INCIDENTES DETECTADOS

El sistema debe avisar de al menos los siguientes incidentes:

- Vehículo parado, ya sea en la calzada, en el arcén o en apartaderos.
- Tráfico lento, indicando en comienzo y el final del grupo de vehículos afectados.
- Vehículo lento en calzada o arcén, con umbral parametrizable en condiciones de tráfico normal.
- Presencia de viandantes, ya sea en la calzada, en el arcén, en apartaderos o en las aceras.
- Presencia de obstáculo en la calzada.
- Vehículo en sentido contrario, en calzada o arcén.
- Distancia intervehicular menor que un umbral configurable.
- Vehículo que exceda una velocidad umbral parametrizable.
- Congestión de vehículos, siendo configurable la longitud umbral de la cola.
- Humo o niebla.

El sistema debe poder reconocer incidentes para no dar múltiples alarmas producidas por el mismo incidente.

## TRAFIKOKO NEURRIAK

Trafikoko neurri hauek sortu behar ditu sistemak gutxienez:

- Batezbesteko abiadura.
- Ibilgailuen aparteko intentsitatea erreiko bakoitzean.
- Ibilgailuan sailkapena.
- Tuneleko tarte bakoitzean eta denbora errealean dagoen ibilgailu kopurua eta mota.
- Auto-ilaren luzera.

## ALARMA TEKNIKOAK

- Erreferentziako kokagunetik mugitu den kamera.
- Kameraren seinalea galtzea.
- Kalitate eskasa bideo-seinalean.
- Sistemako ekipotako baten hutsa.
- Komunikazio-sareko arazoa.

## DETEKZIO-INDIZEA

Sistemak gorabeherak detektatzeko duen ahalmena erakusten duen ratioa da. Detektaturiko gorabehera-kopurua zati guztizko gorabehera-kopurua egin behar da indizea kalkulatzeko. GADek %95etik gorako detekzio-indizea izan behar du.

## ALARMA FALTSUEN INDIZEA

Sistemak alarma faltsuak ez sortzeko duen sendotasuna erakusten duen ratioa. Alarma faltsuen kopurua zati sistemak sortutako guztizko alarma-kopurua egin behar da indizea kalkulatzeko. Alarma faltsuen indizeak %10ekoa izan behar du gehienez.

## DETEKZIO-DENBORA

Sistemak gorabeherak detektatzeko duen arintasuna adierazten du. Detekzio-denborak 10 segundokoa baino laburragoa izan behar du.

## TRAFIKOKO NEURKETEN DOITASUNA

GADen bidez kalkulaturiko trafikoko neurrien erroreak ez du %5 gainditu behar.

## ETENGABEKO GRABAZIOA

Gorabehera izan deneko kameretako irudiak gordeko ditu sistemak, gutxienez gorabehera hasi baino 2 minutu lehenagotik hasita gorabehera bukatutzat eman arte. GADek sortutako alarman zein kanpoko alarman abiarazi behar da sistema. Gainera, edozein kameretako edozein irudi gorde ahal izango da, gorabehera batekin lotuta ez badago ere.

**5.6. Grabazio ekipiak**

Telebistako zirkuitu itxia duen edozein tuneletan jarri behar dira irudiak grabatzeko sistemak, non gorabehera garrantzitsu guztiak erregistratuko baitira helburu hauetarako:

- Jarduketa-protokoloen ahalmena ondoren egiaztatzeko historikoak eta erabiltzaileen jarduketari buruzko azterlana.
- Erregistroa egitea erabiltzaileen eta ustiapeneko kideen jarduketak egiaztatzeko.
- Bideoak, erabiltzaileak eta ustiatzaileak etengabe trebatzeko.

Edozein kameretako irudia eskuz grabatzeko modua egon behar da, operadorearen erabakiaren arabera, eta automatikoki egin ahal izango da tuneleko toki batean gertatzen bada alarma, kamera horrek estaldura ematen duen tokian hain zuzen.

Gorabeheren aurreko uneen irudiak izateko, etengabeko grabazioa egin behar da, baina modu iraunkorrean gordeko da, soilik operadoreak hala eskatzen badu.

Hainbat teknologia daude, jasotako bideo-seinalea eta bildutako irudia analogikoa edo digitala izatearen arabera. Teknologiararen arabera, grabazio sistemak hainbat ekipa espezifikotakoak izan daitezke, bideo-sisteman dagoeneko jarrita dauden elementuen funtzioak (GADen bideratzaileak, kameretarako IP zerbitzariak, soft-

## MEDIDAS DE TRÁFICO

El sistema debe generar al menos las siguientes medidas de tráfico:

- Velocidad media.
- Intensidad de vehículos independiente para cada carril.
- Clasificación de vehículos.
- El número y tipo de vehículos que se encuentran en cada tramo de túnel en tiempo real.
- Longitud de colas

## ALARMAS TÉCNICAS

- Cámara movida de su posición de referencia.
- Pérdida de señal de una cámara.
- Calidad pobre en la señal de vídeo.
- Fallo en uno de los equipos del sistema.
- Problema en la red de comunicaciones.

## ÍNDICE DE DETECCIÓN

Ratio que muestra la bondad del sistema para detectar incidentes. Se calcula dividiendo el número de incidentes detectados entre el total de incidentes. El DAI debe tener un índice de detección superior al 95%.

## ÍNDICE DE FALSAS ALARMAS

Ratio que refleja la robustez del sistema para no generar falsas alarmas. Se calcula dividiendo el número de falsas alarmas entre las alarmas totales generadas por el sistema. El índice de falsas alarmas no debe superar el 10%.

## TIEMPO DE DETECCIÓN

Indica la rapidez del sistema para detectar incidentes. El tiempo de detección debe ser inferior a 10 segundos.

## PRECISIÓN DE LAS MEDIDAS DE TRÁFICO

El error en las medidas de tráfico calculadas mediante el DAI no debe superar el 5%.

## GRABACIÓN CONTINUA

El sistema guardará las imágenes de las cámaras donde se produce el incidente, desde por lo menos 2 minutos antes de que este se inicie hasta que se dé por concluido el incidente, este sistema se debe activar tanto para una alarma generada por el DAI como por una alarma externa. Además se podrá salvar cualquier imagen de cualquier cámara aunque no este asociado a ningún incidente.

**5.6. Equipos de grabación**

Cualquier túnel que disponga de circuito cerrado de Televisión debe instalar sistemas de grabación de imágenes donde se registrarán todos los incidentes importantes para:

- Históricos para una posterior verificación de la bondad de los protocolos de actuación y estudio de la actuación de los usuarios
- Registro en caso de verificación de actuaciones de los usuarios y miembros de la explotación.
- Utilización de los vídeos para la formación continua de los explotadores.

Se debe poder realizarse la grabación de la imagen de cualquier cámara de forma manual a criterio de los operadores y automáticamente cuando se produzca una alarma en el túnel en un punto que cubra esa cámara.

Para disponer de las imágenes de los momentos anteriores al inicio del incidente se debe realizar una grabación continua que solo se salvará de forma permanente cuando el operador así lo requiera.

Existen diversas tecnologías dependiendo de si la señal de vídeo recibida y la imagen almacenada sea analógica o digital. Según la tecnología los sistemas de grabación pueden ser uno o varios equipos específicos, funciones de elementos ya instalados en el sistema de vídeo (analizadores del DAI, servidores IP para cáma-



ware aplikazioak bideo-kudeatzailean...). Nolanahi ere, grabazio sistemak irudiak aldi berean erreproduzitzeko eta grabatzeko modua eman behar du, betiere CCTV eta GAD sistemen funtzionaltasuna kaltetu barik.

Irudiak biltzen diren baliabideek (DVD, HD, etab.) oso zabal-duta egon behar dute merkatuan, eta formatu estandarrek edukiko dituzte, adibidez, AVI, MPEG, etab.

Komenigarria da ekipoak kamera guztien irudiak gutxienez 7 egunetan gordetzeko gaitasuna izatea. Sistemak tresna erraza eduki beharko du CCTVko edozein kameratako edozein sekuentzia kudeatzeko, hautatzeko, ateratzeko eta ezabatzeko.

## 6. KOMUNIKAZIO SISTEMAK

### 6.1. SOS zutoinak

#### 6.1.1. Sarrera

SOS zutoinen sistema klasikoa da errepideetako larraldietako komunikazioan; izan ere, gertaturiko gorabeherei buruzko informazio-fluxua errazten du eta erabiltzaileek laguntza eskatzea ahalbide-tzen du. Bestalde, kontrolako zentroko operadorearekin komunikabide azkarra eta fidagarria ematen du, erabiltzaileak eskaera egin ondoren ezarriko den ahots-kanal baten bidez; horretarako, deia egiteko botoia sakatu behar da.

Telefonia mugikorra gizartean erabat hedatu denez eta 112 zer-bitzua sortu denez, SOS zutoinak ez dira hain ezinbestekoak, baina esperientziak frogatu duen moduan, oso baliabide erabilgarria izateari eusten dio.

Tunelako ikuspenaren baldintza txarrak eta espazio txikiak direla-eta, tunelaren barruan geldirik dauden ibilgailuak edota pertsonak arriskutsuak dira, aire zabaleko egoera berean baino askoz arriskutsuagoak. Gainera, tunelak itzal-gune naturalak dira telefonia mugikorrean erabiltzen diren irrati-seinaletarako; izan ere, telefonia mugikorra kasu batean soilik egongo da erabilgarri, hain zuzen ere seinaleak erretransmititzeko ekipo espezifikoak dituzten tunelak direnean.

Ohiko gorabeherez gain, SOS zutoinak egoera larrietan ere lagungarriak dira, ebakuazio batean esaterako. Hori dela-eta, ebakuazio galerietan (tunel-zulo paraleloen arteko komunikazioa edo kanporako zuzeneko irteerak) ere jarri behar dira laguntza eskatzeko zutoinak, behar izanez gero laguntza eskatu ahal izateko, adibidez, bere kabuz ebakutzeko modurik ez duten pertsonak izatea, atea blokeatzea, etab.

#### 6.1.2. SOS zutoinen sistemaren arkitektura

SOS zutoinen sistemak, funtsean, honako elementu hauek ditu:

- SOS zutoinak: errepidearen ondoan kokaturiko komunikazio elementuak.
- SOS zutoinen Komunikazio sareak, bus linealeko topografiarekin, oro har koadreteen kableak edo zuntz optikoak eta komunikazioetarako front-end delakoa oinarritzat hartuta.
- SOS zutoinen zentrala: ordenagailu bat eta foniako elementuekin dago osatuta eta jasotako deiak kudeatzea ahalbide-tzen du, zertarako-eta deiak behar bezala erregistratzeko eta lehentasunaren arabera erantzuteko lanpostu batetik edo hainbat lanpostutatik. Komenigarria da SOS zutoinen zentrala tuneletako instalazio guztien kontrolako aplikazioan integratzea.

Errepideetako SOS zutoinak, oro har, binaka jartzen dira errepidean, galtzada batean eta bestean. Hala izango ez balitz, galtzada bateko erabiltzaileek bidea gurutzatu behar izango lukete zutoina iristeko; beraz, arriskutsua izan daiteke.

SOS zutoin-bikote bakoitzean zutoin nagusia eta bigarren mailako zutoina daude, komunikazio kable batekin lotuta daudenak elkarrekin. Sistemak funtzionatzeko beharrezkoa den elektronikak du zutoin

ras, aplicaciones de software en el gestor de vídeo...). De cualquier forma el sistema de grabación debe permitir la grabación y reproducción de imágenes de forma simultánea sin que produzca ninguna merma en la funcionalidad del sistema CCTV y DAI.

Los medios en los que almacene las imágenes deben ser amplia difusión en el mercado, DVD, HD, etc. y con formatos estándar tipo AVI, MPEG, etc.

Se recomienda que el equipo tenga capacidad para guardar las imágenes de todas las cámaras como mínimo durante 7 días. El sistema deberá disponer de una sencilla herramienta que permita la gestión, selección, extracción y borrado de cualquier secuencia de cualquier cámara del CCTV.

## 6. SISTEMAS DE COMUNICACIONES

### 6.1. Postes SOS

#### 6.1.1. Introducción

Los postes SOS es un sistema clásico de comunicación de emergencia en las carreteras, que facilita el flujo de información sobre los incidentes ocurridos y permite a los usuarios solicitar ayuda. Proporcionan un medio de comunicación rápido y fiable con un operador del centro de control a través de un canal de voz que se establecerá tras la solicitud del usuario, al pulsar el botón de llamada.

La incorporación masiva a la sociedad de la telefonía móvil y la creación del servicio 112 ha hecho de los postes SOS una herramienta menos crítica, aunque la experiencia ha demostrado que sigue siendo un recurso de gran utilidad y uso.

Las desfavorables condiciones de visibilidad y las limitaciones de espacio en los túneles, hacen que la presencia de vehículos detenidos y/o personas en su interior suponga un riesgo considerablemente superior al que se genera por esta misma situación a cielo abierto. Además, los túneles son naturales zonas de sombra para las señales de radio utilizadas para la telefonía móvil, servicio que sólo estará disponible en los túneles que cuenten con equipos específicos para la retransmisión de las señales correspondientes.

Además de los incidentes más comunes, los postes SOS serán también de ayuda en circunstancias más extremas, como puede ser una evacuación. Por ello, en las galerías de evacuación (intercomunicación entre tubos paralelos o bien salidas directas al exterior) también deberán instalarse poses de auxilio que permitan solicitud de ayuda en caso de necesidad, como por ejemplo, por la presencia de personas que sean incapaces de evacuar por sí solas, el bloqueo de una puerta, etc...).

#### 6.1.2. Arquitectura del sistema de postes SOS

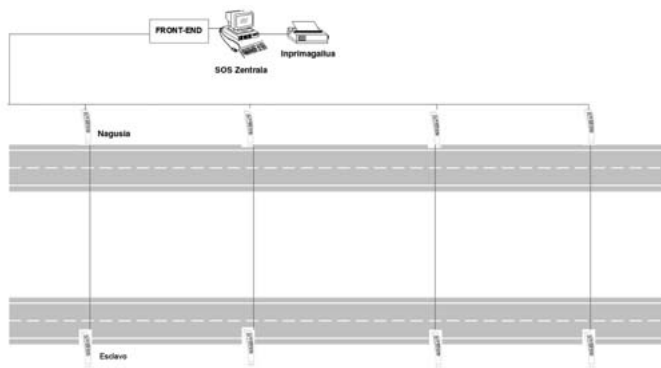
El sistema de postes SOS consta principalmente de los siguientes elementos:

- Postes SOS: elementos de comunicación situados junto a la carretera:
- Red de comunicaciones de postes SOS, con una topografía en bus lineal, generalmente basada en cable de cuadretes o fibra óptica y un front-end de comunicaciones.
- Central de postes SOS: constituida por un ordenador y los correspondientes elementos de fonía que permite gestionar las llamadas recibidas para que estas sean convenientemente registradas y atendidas según su prioridad, desde uno o varios puestos de trabajo. Se recomienda la integración de la central de postes SOS en la aplicación de control de todas las instalaciones de los túneles.

En general, los postes SOS de carretera se suelen distribuir por parejas a lo largo de la misma, en una y otra calzada. Si no fuera así, los usuarios de una calzada se verían obligados a cruzar la vía para acceder al poste, asumiendo con ello un cierto riesgo.

Cada pareja de postes SOS está formada por un poste maestro y un poste esclavo, conectados entre sí por medio de un cable de comunicaciones. El poste maestro es el que contiene la elec-

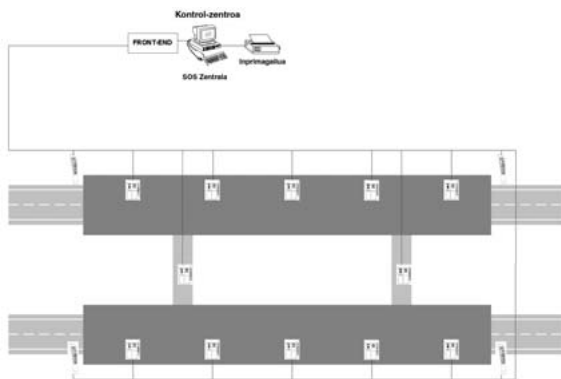
nagusiak, eta bigarren mailako zutoinak dei egiteko pulsadorea, mikrofono bat, bozgorailu bat eta alarma-kontaktu bat edo batzuk besterik ez ditu.



Zutoin nagusia transmisio-bide batekin konektatzen da zentralarekin (koadreteen kablea, zuntz optikoa, ....).

Baldin eta erabiltzaileak zutoineko laguntza-botoia sakatzen badu, erabiltzailea aurkitzeko datuak identifikatzen diren kontroleko zentrorra igortzen da mezua. Aldi berean, fonía-mezu bat igortzen dio erabiltzaile horri, deia bideratu dela adierazteko. Horrenbestez, erantzuna emateko zain gelditu behar du.

Tunelen barruko galtzada bateko eta besteko zutoinak ezin dira zutoin nagusi eta bigarren mailako zutoinari dagokien komunikazioaren arabera kokatu, zeren eta fisikoki ezinezkoa baita bi zutoinen arteko kable bat jartzea neurrizko prezio batean (tunel-zulo ezberdinetan daude). Horren ondorioz, zutoin guztiak nagusiak dira, ebakuazio galerietan jarritako zutoinak izan ezik; izan ere, nagusiak edo bigarren mailakoak izan daitezke. Bi komunikazio galeria dituzten bi tunel-zulo paralelo dituen tunel baterako SOS zutoinen sareko arkitekturaren eskema tipikoa agertzen da irudian; galerietako zutoinak zutoin nagusiak dira.



Kudeaketa Zentroarekiko komunikazioak hainbat modutan egin daitezke, kontrolatu beharreko sareen konplexutasunaren arabera (koadrete-kablearen bidezko konexio elektrikoa): metodo tradizionala, kable eta zuntz optikoko sistema mistoa edo zuntz optikoaren bidezko komunikazio osoa. Atal egokian azalduko da sistema bakoitza, eta kasu bakoitzean zein gomendatzen den komentatuko da.

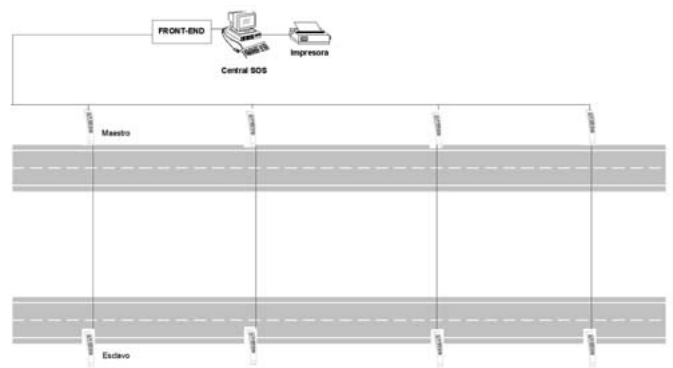
### 6.1.3. SOS zutoinak tuneletan jartzeko eskakizunak

Tuneletan jarri beharreko SOS zutoinen sistemak PNE 135702 arauan («Laguntza sistemak eta datuak SOS zutoinen bidez transmititzea. 2. Zatia: zutoinaren elementuak, funtzioak eta ezagurri teknikoak») eta UNE 135701 arauan («Laguntza sistemak eta datuak SOS zutoinen bidez transmititzea. 1. zatia: Eskakizun orokorrak») ezarritako eskakizunak bete behar ditu.

I. eta II. motako tunel guztiek (Tunelen Segurutasunari buruzko Foru Dekretuaren definizioaren arabera) SOS zutoinak izan behar dituzte. Toki hauetan kokatuko dira zutoinak:

- Tunelaren barruan, tarte jakin batzuetan, eskuineko horma pikoan. Zutoinen arteko distantzia gehienez 100 metrokoa izango da, oinezkoak hurbilen dagoen SOS zutoinerainoko duen distantzia murrizteko.

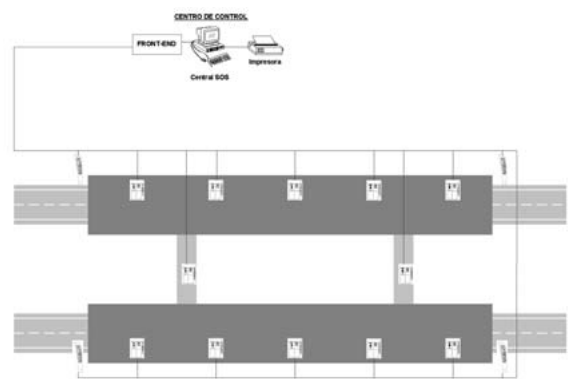
trónica necesaria para el funcionamiento del sistema, y el poste esclavo sólo contiene un pulsador de llamada, un micrófono, un altavoz, y uno o varios contactos de alarmas.



El poste maestro se conecta con la central a través de un medio de transmisión (cable de cuadretes, fibra óptica, etc.).

Cuando un usuario pulsa el botón de auxilio de un poste, éste envía un mensaje al centro de control en el que se identifican los datos de localización. Al mismo tiempo emite un mensaje de fonía a dicho usuario indicándole que la llamada ha sido cursada, quedando a la espera de ser atendido.

En el interior de los túneles los postes de una y otra calzada no pueden disponerse en configuración maestro-esclavo por imposibilidad física de tender un cable entre ambos con un coste razonable (están en tubos distintos). En consecuencia, todos los postes son de tipo «maestro», excepto los postes instalados en las galerías de evacuación, los cuales pueden ser del tipo «maestro» o «esclavo». En la figura se representa un esquema típico de la arquitectura de red de postes SOS para un túnel de dos tubos paralelos con dos galerías de intercomunicación, donde los postes de las galerías son del tipo «maestro».



Las comunicaciones con el Centro de Gestión pueden realizarse, según sea la complejidad de la red de túneles a controlar, con el método tradicional (conexión eléctrica mediante cable de cuadretes), con un sistema mixto de cable y fibra óptica, o con una comunicación completa por fibra óptica. En el apartado correspondiente se describirá cada sistema y se comentará cual de ellos es más recomendable en cada caso.

### 6.1.3. Requerimientos de instalación de postes SOS en los túneles

El sistema de postes SOS a instalar en los túneles, deberá cumplir con los requisitos que establece las Normas PNE 135702 «Sistemas de ayuda y transmisión de datos mediante postes SOS. Parte 2: elementos, funciones y características técnicas del poste» y la UNE 135701 «Sistemas de ayuda y transmisión de datos mediante postes SOS. Parte 1: Requisitos Generales».

Todos los túneles de Tipo I y II, (según la definición del Decreto Foral de Seguridad en Túneles) deben estar dotados de postes SOS. Estos se ubicarán:

- En el interior de los túneles, cada cierta distancia, en el lateral derecho. Con objeto de minimizar el recorrido de un viandante en el interior del túnel hasta al poste SOS más cercano, la distancia entre los mismos no debe superar los 100 metros.

- Ebakuazio bideetan (zuloen edo kanpoko aldearekin komunikatzen duten beste korridore batzuen edo eskaileraren arteko komunikazio galeriak).
- Sarrerako eta irteerako ahoetan. Horrekin lortu nahi dena da kanpoan gertatzen den gorabehera baten ondorioz erabiltzailea tunelera SOS zutoin baten bila sartzea saihestea.

#### 6.1.3.1. SOS zutoinak

Honako elementu hauek osatzen dute SOS zutoina:

- *Zirkuitu elektronikokoak*: IP65 inguratzaile batekin babestu beharko dira.
- *Laguntza-pulstadoreak*: Erabat estankoa, eta laguntza behar denean sakatu behar dela adierazten duen seinalea duela.
- *Zerbitzu-deiaren sumagailuak*: Sareko kapsula zigilatatu bat izan behar du, zutoinaren barruan jarrita eta barrutik iman batekin abiaraziko dena.
- *Ate irekien sumagailuak*: kontaktukoak edo magnetikoak izan daitezke
- *Bozgorailuak eta mikrofonoak*: errendimendu akustiko altua lortzeko eta fonía testa ahalbidetzeko bereziki diseinaturiko multzoa osatuko dute. Paraleloan dauden bi bozgorailuen artean muntatuko da mikrofonoa.
- *Elikatze-moduluak*: 12 Vcc-ko bateria batekin elikatuko dira, 20 egunez zutoina funtzionatzeko moduan kargatu barik. Zutoinaren elikatzearen bidez kargatuko da bateria; honako hauek izan ditzake elikatzeak:
  - 5 W-ko eguzki-panelaren bidezko elikatzea (kanpoko zutoinak).
  - 220 Vca-ko sarearen bidezko elikatzea (tuneleko zutoinak).
  - Karkasa:
    - Kanpoko SOS zutoinak beirazko zuntzarekin sendoturiko poliesterezkoak izango dira, IP-455 beteko behar dute eta SOS hitza eta jarraibideak dituzten islatzaileak eduki behar dituzte.
    - Tunelerako SOS zutoinaren kasuan, 1,5 mm-ko lodierako altzairu herdoilezinezko armairu bat izango da karkasa, lehenago azal dutako elementu guztiak izango dituen, gehi konexioen eta babesen kaxa eta bi itzalgailu sartzeko tokia. Toki horretako ateak ate irekiko alarma izango du, alarma elektronikoko bera izan daitekeena, edo ate itzalgailu gisa jar daiteke.

SOS zutoinen barruko armairuaren eta konexioen eta babesen armairuaren babes-maila IP-65 edo IP-66 malari dagokiona izango da; guztiz estankoa izan behar dute.

Kanpoko SOS zutoinak (errepide eraokoak) eta tuneletako barrukoak sare berean daude integratuta, funtzioaren aldetik antzekoak baitira, eta horien artean diferentzia txikiak baino ez daude inguratzailerari dagokionez.

#### 6.1.3.2. SOS zutoinen funtzionaltasuna

Hauexek dira jarritako SOS zutoinek bete behar dituzten gutxienezko funtzioak:

- *Laguntza deia sortzea*: Erabiltzaileak laguntza-pulstadorera sakatzen badu, zutoinak mezu bat bidaltzen du kontroleko zentrorra eta horren jakinarazpena jaso izanaren zain gelditzen da. Hori jasotzen ez badu, mezua bi aldiz gehiago errepikatuko du, eta orduan ere jasotzen ez badu, mezua grabaturik emango du: «Zerbitzuan ez dagoen zutoina», eta hartuta dagoen linearen tonuarekin geldituko da. Baiezta-pena jasotzen badu, itxaroteko mezua transmitituko du: «Zure deia bideratzen ari gara. Itxaron mesedez», eta zain egoteari dagokion lineako tonuarekin geldituko da sistema fonian abiarazi arte.
- *Zerbitzu deia sortzea*: Mantentze pertsonalak deiak eta probak egingo ditu dei horrekin lehentasuneko ez dela adierazteko.
- *Komunikazioa erabiltzailearekin*:
  - Tonu akustikoen bidez: lehenago azaldu dira (itxaron beharra eta hartuta).

- En las vías de evacuación (galerías de intercomunicación entre tubos u otros pasillos o escaleras que comuniquen con el exterior).
- En las bocas de entrada y salida. Con ello se pretende evitar que un incidente en el exterior pudiera incitar a algún usuario a entrar en el túnel, en busca de un poste SOS.

#### 6.1.3.1. Postes SOS

Un poste SOS esta compuesto por los siguientes elementos:

- *Circuitos electrónicos*: Deberán de estar protegidos por una envolvente IP65.
- *Pulsador de auxilio*: Totalmente estanco y con una indicación de pulsar en caso de auxilio.
- *Detector de llamada de servicio*: Deberá ser una cápsula reed sellada colocada en el interior del poste, y que se activará desde el exterior con un imán.
- *Detectores de puerta abierta*: Podrán ser de contacto o magnéticos
- *Altavoces y micrófonos*: Formarán un conjunto especialmente diseñado para obtener un alto rendimiento acústico y permitir el test de fonía. El micrófono estará montado entre dos altavoces en paralelo.
- *Módulos de alimentación*: La alimentación será una batería de 12 Vcc. Que permita el funcionamiento del poste durante 20 días, sin recargarse. La carga de la batería se realiza por medio de la alimentación del poste, que podrá ser:
  - Alimentación por panel solar de 5 W. (postes de exterior).
  - Alimentación por red de 220 Vca. (postes de túnel).
  - Carcasa:
    - En los postes SOS exteriores deberá de fabricarse en políéster reforzado con fibra de vidrio, cumplir un IP-455, y tener reflectantes con SOS e instrucciones.
    - En el caso de SOS para túnel ésta carcasa será un armario de acero inoxidable de 1,5 mm de espesor, que contenga todos los elementos antes descritos, más una caja de conexiones y protecciones y un alojamiento para dos extintores. La puerta de éste alojamiento tendrá una alarma de puerta abierta que puede ser la misma que la de la electrónica, o estar individualizada como puerta extintor.

El grado de protección del armario interior de Poste SOS y del armario de conexiones y protecciones tendrán un IP-65 ó IP-66, debiendo ser totalmente estancos.

Los postes SOS exteriores (tipo carretera) y los del interior de los túneles están integrados dentro de una misma red, ya que son funcionalmente similares, existiendo entre ellos tan sólo ligeras diferencias en lo que se refiere a su envolvente.

#### 6.1.3.2. Funcionalidad de los postes SOS

Las funciones mínimas que deberán permitir los postes SOS instalados son las siguientes:

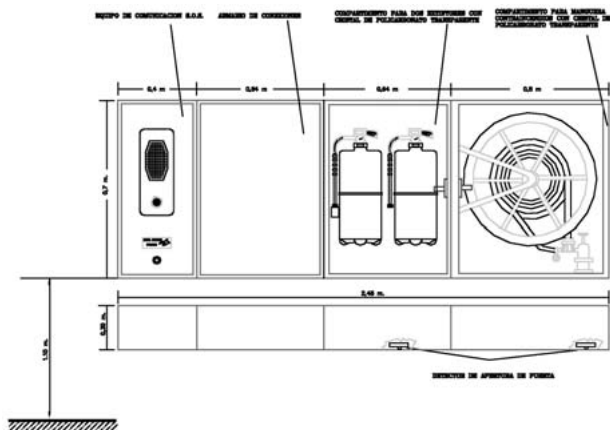
- *Generar llamada de auxilio*: Cuando un usuario oprime el pulsador de auxilio, el poste envía un mensaje al Centro de Control y espera recibir el acuse de recibo de éste. Si no lo recibe repite el mensaje hasta dos veces más y si sigue sin recibirlo emite el mensaje grabado, en el sintetizador de voz, de «poste fuera de servicio», y quedando con un tono de línea ocupada. Si recibe la confirmación emitirá un mensaje de espera «Su llamada está siendo cursada. Por favor, espere», y quedará con un tono de línea en espera, hasta la puesta en fonía del sistema.
- *Generar llamada de servicio*: El personal de mantenimiento realizará las llamadas y las pruebas con esta llamada para indicar que no es prioritaria.
- *Comunicación con el usuario*:
  - Mediante tonos acústicos: Comentados anteriormente (espera y ocupado).

- Ahots-sintetizadorearen bidez: lehenago azaldu dira (itxaron beharra eta zerbitzutik kanpora egotea, hainbat hizkuntzatan).
  - Full-duplex foniaren eta Kudeaketa Zentroaren arteko konezioaren bidez.
- Probaren sistema, automatikoa edo operadoreak eskatuta, honako hauek barne:
- Zutoinaren proba osoa (nagusia-bigarren mailakoa): Mantentze-testaren bidez, zutoin nagusiaren, bigarren mailako zutoinaren (bidezkoa denean), sarrerako indargabetzeko gailuaren, zutoin nagusiaren bolumenaren eta bigarren mailako zutoinaren bolumenaren egoera egiaztatzen da.
  - Linea proba: Sistemak frekuentzia puruak transmititu ditu, linearen egoera zein den ezagutu ahal izateko (TX-RX).
  - Fonia proba: Mikrofonoa berriz ere elikatuko den tonua transmititu du sistemak bozgorailutik, eta bien egoera zein den ezagutzeko modua emango du.
  - Elikatze proba: zutoinak elikatze eta bateria mailak txekiatuko ditu.
- Audio anplifikadorearen irteerako bolumena doitzea: Automatikoa utzi daiteke, edo eskuzko mekanismoan kontrola zentrotik.
- Alarmak automatikoki sortzea:
- Zutoinaren konexiorik eza (ez du komunikatzen).
  - Elikatze-hutsa.
  - Ate irekia.
  - Itzalgailua (tuneleko zutoinaren kasua).
- Datuen transmisioa:
- 1. azpibandaren bidezko datuak.
  - 2. azpibandaren bidezko datuak.

### 6.1.3.3. SOS zutoinak tunelen barruko aldean

SOS zutoinen erabilera erabiltzaileei errazteko, tunel guztietan itxura bera izatea gomendatzen da, bai neurri (irudiaren arabera) eta koloreari (RAL 2004, laranja purua) dagokienez, bai elementuen kokapenari dagokionez (pulsadorea eta mikrofonoa eskuinean eta itzalgailua erdian).

Tunelen barruko SOS zutoinetako armairuak modularrak izango dira, eta kasuan kasuko beharrezko moduluak jarriko dira. Modulu bakoitzaren neurriak agertzen dira ondoko irudian.



Itzalgailua dagoen tokia seinale fotoluminiszentearen bidez identifikatu behar da, UNE 23-033 arauaren arabera.

SOS zutoinak tunelaren barruan errazago aurki daitezten, SOS zutoinaren ondoan argidun baliza bat adierazteko seinalea jarriko da 2,5 metroko altueran. Bi elementu izango ditu baliza horrek:

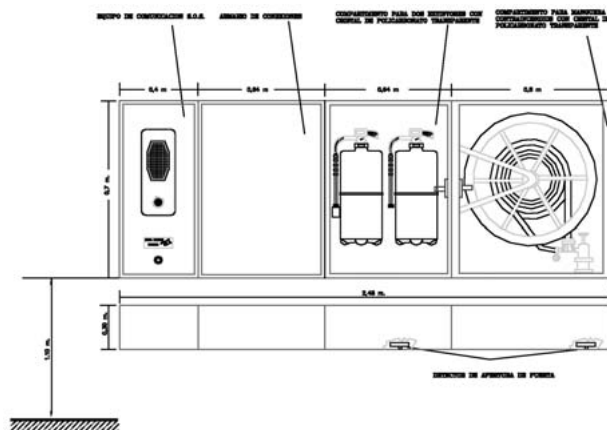
- (1) Argidun panel bat; bertan itzalgailuaren eta telefonoaren ikonoak jarriko dira, irudian agertzen den moduan. Argidun panel horrek argiztapen egokia izango du, zutoinaren kokapena errazago aurkitzeko.

- Mediante sintetizador de voz: Comentados anteriormente (espera y fuera de servicio, en varios idiomas).
  - Mediante conexión de fonía full-duplex con el C.G.
- Prueba del sistema, automática o por petición del operador, incluyendo:
- Prueba completa del poste (maestro-esclavo): Mediante el test de mantenimiento se comprueba el estado del poste maestro, poste esclavo (cuando proceda), atenuador de entrada, atenuador de salida, nivel de volumen del maestro, y nivel de volumen del esclavo.
  - Prueba de línea: El sistema emitirá frecuencias puras que le permitirán conocer el estado de la línea (TX-RX).
  - Prueba de fonía: El sistema emitirá por el altavoz un tono que se realimentará en el micrófono, y permitirá conocer el estado de ambos.
  - Prueba de alimentación: El poste chequeará los niveles de alimentación y de batería.
- Ajuste del volumen de salida del amplificador de audio: Puede dejarse en automático, o en manual desde el centro de control.
- Generación automática de alarmas:
- Desconexión del poste (no comunica).
  - Fallo de alimentación.
  - Puerta abierta.
  - Extintor (caso de poste de túnel).
- Transmisión de datos:
- Datos por sub-banda 1.
  - Datos por sub-banda 2.

### 6.1.3.3. Postes SOS en el interior de los túneles

Con objeto de facilitar el uso de los postes SOS a los usuarios, se recomienda que todos ellos presenten un mismo aspecto en todos los túneles, tanto en sus dimensiones (según figura), color (RAL 2004, naranja puro) como en la disposición de sus elementos (pulsador y micrófono a la derecha y extintor en el centro).

Los armarios de los postes SOS del interior de los túneles serán modulares, instalándose los módulos necesarios en cada caso. En la figura se muestra las dimensiones de cada uno de los módulos.

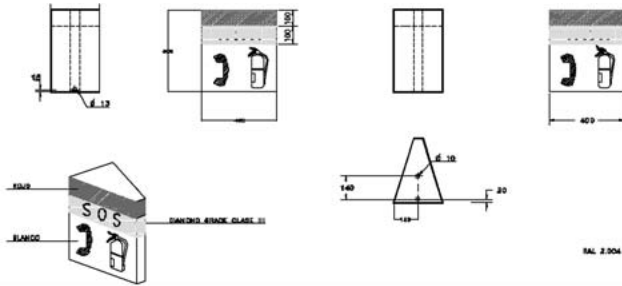


El alojamiento del extintor deberá estar identificado con una señal foto luminiscente según norma UNE 23-033.

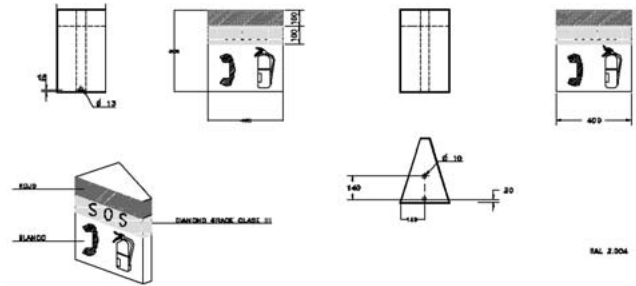
Con objeto de facilitar la localización de los postes SOS en el interior del túnel, cada poste estará señalado con una baliza luminosa situada junto al poste SOS a una altura de 2,5 metros. Esta baliza constará de dos elementos:

- (1) un panel luminoso en la que se mostrará un icono de un extintor y un teléfono, según se muestra en la figura. Este panel luminoso deberá estar permanentemente iluminado, facilitando la localización del poste.

- (2) Señaleztaipen-pilotua, 10 mm-ko zabalerako banda gorri bat duena. Erabiltzaileak SOS zutoineko pulsadorea sakatzen duenean deia eskatzeko, argi keinukaria piztuko da pilotuan harik eta deia hartzen den arte.

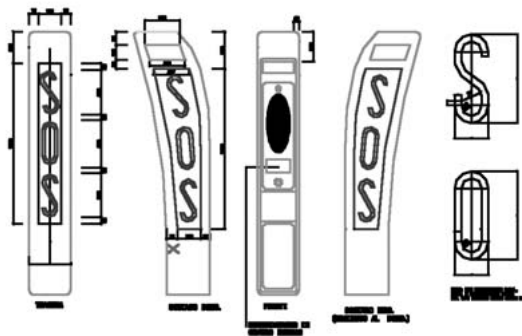


- (2) Un piloto de señalización, constituido por una banda roja de 10 mm de anchura. Cuando un usuario active el pulsador del poste SOS para solicitar una llamada, el piloto se iluminará de manera intermitente, hasta que la llamada haya sido atendida.



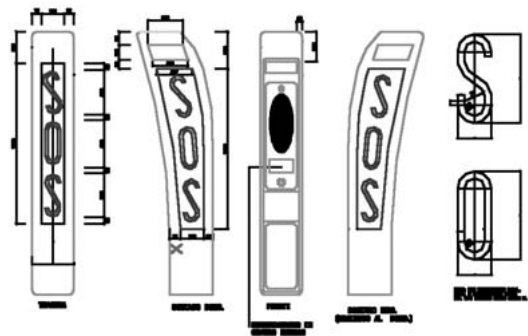
#### 6.1.3.4. Kanpoko SOS zutoinak

Kanpoko SOS zutoinak tuneletako sarreren eta irteeren inguruan kokatuko dira horietatik 75 metrora gehienez ere; nolahi ere, sarreretatik eta irteeretatik ikusteko modukoak izan beharko dute ahal dela. SOS zutoinaren inguratzailea irudian agertzen diren neurri eta ezaugarriekin lotuko zaie.



#### 6.1.3.4. Postes SOS de exterior

Los postes SOS exteriores se ubicarán en las proximidades de las bocas de entrada y salida a una distancia no superior a 75 metros de estas, procurando en todo caso que sean visibles desde las mismas. La envolvente de los postes SOS se ajustará a las dimensiones y características reflejadas en la imagen.



#### 6.1.4. SOS zutoinen armairuetako ekipamenduak tunelen barruko aldean

Tuneletako horma pikoetan dauden SOS zutoinen konexioetako armairuan landako hainbat ekipa eta dispositibo jartzen dira; konexioak babestuko ditu airearen eraginetik, eta gainera elikatzea, babes elektrikoa eta TUEUrekiko komunikazioa emango dizkie. Hala, kontroleko sisteman integratuko ditu.

Hauexek dira SOS zutoinetako konexioen armairuan jar daitezkeen ekipaok:

- CCTV sistemaren telebistako kameren bideo-igorlea.
- I/S moduluak.
- CO, NOx eta ikuspena detektatzeko elektronika.
- Begizta inдукtiboaren sumagailu bikoitzak.
- Landako ekipaok hornitzeko erregeletak eta bornak.

SOS zutoinetako konexioen armairuetan kokatuko dira SOS zutoinean jarritako dispositibo bakoitza hornitzeko beharrezko babes elektrikoak.

Halaber, honako hauen banaketa egingo da armairu horretan: tunelaren barruko zuntz optikoa eta komunikazio-kableak.

#### 6.1.5. SOS zutoinen komunikazio sarrerak

Bi irtenbide erabiliko dira SOS zutoinak eta kontroleko zentroa elkarrekin komunikatu ahal izateko, informazioa transmititzeko euskarri gisa, betiere zentroaren eta tunelaren artean dagoen distantziaren arabera:

1. Koadreteen kablea.
2. Zuntz optikoa.

#### 6.1.4. Equipamiento en los armarios de los postes SOS en el interior de los túneles

En el armario de conexiones de los postes SOS ubicados en los hastiales de los túneles se instalan diversos equipos y dispositivos de campo, protegiéndoles de la intemperie además de proporcionarles alimentación y protección eléctrica y proporcionarles comunicación con la ERUT integrándoles en el sistema de control

Los equipos que se pueden instalar en el armario de conexiones de los postes SOS son:

- Emisor de vídeo de las cámaras de televisión del sistema CCTV.
- Módulos de E/S.
- Electrónica de los detectores de CO, NOx y visibilidad.
- Detectores dobles de los lazos inductivos.
- Regleteros y bornas para la alimentación de los distintos equipos de campo.

En los armarios de conexiones de los postes SOS se ubicarán las protecciones eléctricas necesarias para la alimentación de cada uno de los dispositivos instalados en el poste SOS.

Así mismo en este armario se realizará la distribución de fibra óptica y cable de comunicaciones en el interior de los túneles.

#### 6.1.5. Red de comunicaciones de postes SOS

Para la intercomunicación entre los postes SOS y el centro de control se emplearán dos soluciones como soporte de transmisión de la información en función de la distancia entre el centro y el/los túnel(es):

1. Cable de cuadretes.
2. Fibra óptica.

Jarraian, hiru motarik ohikoenak azalduko dira:

#### 6.1.5.1. *Koadreteen kable bidezko konexioa*

Tunel laburren kasuan, hurbileko tuneletarako eta hurreko kontrolerako zentrorako gomendatzen da egitura hau. Hala ere, egingarria bada, zuntz optikoan oinarrituriko soluzioak aukeratuko dira, koadreteen kableek arazo asko sortzen baitituzte (ekaitzak, interferentziak, etab.).

Komunikazioen Front-End eta zutoin-sarearen arteko konexioa hiru koadretero kable baten bidez egiten da; pupinizaturik dago kable hori, 1.840 metroko tartetan bobinak eta linea amaierako kargak dituena.

Kontrolerako zentrorako sarrera babesten duten elementuetatik pasa behar du komunikazioetako kableak (deskargadoreak, diodoak, fusibleak...) Front-End-ekin konektatu baino lehen. Azken horrek komunikazioetako B1 eta B2 azpibandak iragazkaiztu, modulatu, demodulatu, kodifikatu eta dekodifikatu eta gainbegiratu egiten du automatikoki SOS zutoinen sarea (mantentzea, fonía, alarma, bateriaren egoeraren eta abarren testak...). Zerbitzaritik kudeaturiko zutoinekiko audio-komunikazioa ere ezartzeko mikroteléfonoa ere badu.

SOS zentroaren bidez konektatzen dira operadorearen postua eta Front-End delakoa; izan ere, SOS zentral horrek komunikazioak kudeatzeko programa, eragiketa-aplikazioa, mantentzea, gainbegiratzea, kontrola, datu-baseak eta zutoinen sarearen gertaerei buruzko fitxategi historikoak ditu.

Operadorearen postuak audio-terminala du zutoinekin komunikatzeko.

#### 6.1.5.2. *Zuntz optikoaren bidezko konexioa*

Komunikaziorako bitarteko fisiko lez zuntz optikoa erabiltzen bada, modu analogikoan egin daiteke transmisioa, transmisio biderako bihurtzaileak erabiliz edo informazioa digitalizatuz eta TCP/IP protokoloaren bidez transmitituz; SOS IP zutoinak deritze horiei.

Baldin eta zuntz optikoaren bidezko transmisio analogikoa bada, hauxe aukeratzen da: komunikazioen Front-End delakoari koadretek zuntz optiko bihurtzeko ekipa bat gehitzea. Beste muturrean, SOS zutoin guztiek zuntz-kablea bihurtzailea izango dute komunikazioen zuntz nagusira iristeko.

Transmisio digitala denean TCP/IP protokoloaren bidez, berriz, audio eta datuen IP bihurtzaileak erabiliko dira, seinale analogikoak IP seinale digital bihurtzeko; bihurtzaile horiek kontrolerako zentrorarekin konektatuko dira Ethernet sare baten bitartez.

Sarea luzeegia denean, seinale optikoa birsortu beharko da (40-50 Km-ko tarte bakoitzean, gutxi gorabehera).

#### 6.1.5.3. *Zuntz optikoen eta koadreteen sare konbinatuak*

Egitura hau gomendatzen da elkarrengandik eta kontrolerako zentrotik urruti dauden hainbat tunel biltzen dituen kudeaketarako.

Tunel guztietan egongo da koadreteen linea pupinizatua, jarritako SOS zutoinei zerbitzua emango diena (kanpokoak eta barrukoak). Kablea zuntz bihurtzeko gailu baten bidez, bitarteko fisikoaren seinalea aldatu egiten da eta zuntz gisa iritsiko da zentroraino. Bertan, zuntza kable bihurtzeko gailu batekin tratatzen da seinalea eta komunikazioen Front-End batekin konektatzen da. Tunel beste Front-End-ak izango ditu sistema, betiere horien arteko interferentziarik izan barik.

#### 6.1.6. *SOS ekipamendua kontrolerako zentroan*

Kontrolerako zentroan jarri beharreko SOS zutoinen sistemako ekipamendua PNE 135703 arauan («Laguntza sistemak eta datuak SOS zutoinen bidez transmititzea. 3. zatia: Kontrolerako zentroa») ezarritako eskakizunak bete beharko ditu.

## 6.2. *Megafonia*

### 6.2.1. *Sarrera*

Megafonia tuneleko segurtasun sistema bat da, eta haren xedea tuneleko erabiltzaileei mezu akustikoak transmititzea da. Megafoniako sistema gorabeheretan erabiltzen da (sua, heriotza eragin deza-

A continuación se presentan las tres topologías más comunes:

#### 6.1.5.1. *Conexión mediante cable de cuadretes*

Esta estructura se recomienda para túneles cortos, cercanos, y un centro de control próximo. Aunque si es posible, se debería optar por soluciones basadas en fibra óptica, ya que los cables de cuadretes producen muchos problemas, tormentas, interferencias, etc.

La conexión entre el Front-End de comunicaciones y la red de postes se realiza a través de un cable de tres cuadretes pupinizado con bobinas cada 1.840 mts. y cargas de final de línea.

El cable de comunicaciones debe de pasar por los elementos de protección de entrada al centro de control. (descargadores, diodos, fusibles...) antes de conectarse al Front-End. Éste se encarga de filtrar las subbandas, B1 y B2, de comunicaciones, modular y demodular, codificar y decodificar, y supervisar automáticamente la red de postes SOS (tests de mantenimiento, de fonía, de alarmas, estado de batería etc.). También dispone de un microteléfono con el que puede establecer comunicación de audio con los postes gestionada desde el servidor.

La conexión entre el puesto de operador y el Front-End se realiza a través de la central SOS, que contiene el programa de gestión de comunicaciones, las aplicaciones de operación, mantenimiento, supervisión, control, banco de datos y ficheros históricos de eventos de la red de postes.

El puesto de operador tiene un terminal de audio para la comunicación con los postes.

#### 6.1.5.2. *Conexión mediante fibra óptica*

Cuando se emplea como medio físico de comunicación la fibra óptica, la transmisión puede realizarse de modo analógico, empleando convertidores de medio de transmisión, o digitalizando la información y transmitiéndola a través del protocolo TCP/IP, lo que se ha denominado postes SOS IP.

Cuando a través de la fibra óptica la transmisión es analógica, se opta por añadir al Front-End de comunicaciones un equipo de conversión de cuadrete a fibra óptica. En el otro extremo, cada poste SOS tendrá su convertidor fibra-cable para acceder a la fibra principal de comunicaciones.

Mientras que cuando la transmisión es digital a través del protocolo TCP/IP, se emplearán convertidores IP de Audio y Datos, para convertir las señales analógicas a señales digitales IP, el cual se conecta al Centro de Control a través de una red Ethernet.

Cuando la longitud de la red sea excesiva, será necesario la regeneración intermedia de la señal óptica (cada 40-50 Km. aprox.).

#### 6.1.5.3. *Redes combinadas de fibra óptica y cuadretes*

Esta estructura se recomienda para el caso de un Centro de Control que concentra la gestión de varios túneles alejados entre ellos y de dicho centro.

En cada túnel se dispondrá de una línea pupinizada de cuadretes que dará servicio a los postes SOS instalados (exteriores e interiores). Por medio de un convertidor de cable a fibra, se cambia la señal de medio físico, llegando en fibra hasta el centro. Allí la señal es tratada con un convertidor de fibra a cable, que se conecta a un Front-End de comunicaciones. El sistema tendrá tantos Front-End como túneles, sin interferencia entre ellos.

#### 6.1.6. *Equipamiento SOS en el Centro de Control*

El equipamiento del sistema de postes SOS a instalar en el Centro de Control, deberá cumplir con los requisitos que establece la Norma PNE 135703 «Sistemas de ayuda y transmisión de datos mediante postes SOS. Parte 3: Centro de Control».

## 6.2. *Megafonía*

### 6.2.1. *Introducción*

La megafonía es un sistema de seguridad del túnel, que tiene como objetivo transmitir mensajes acústicos a los usuarios del túnel. El sistema de megafonía se emplea en caso de incidentes o para infor-

keen CO maila, etab.) edo erabiltzaileei arriskuaz ohartarazi behar zaienean; aldi berean, kasu bakoitzean nola jokatu behar duten jakinarazten zaie (motorea itzali, autotik alde egitea ...).

Erabiltzaileak babesteko hartu beharreko neurriei buruzko informazio ulergarria ematea ahalbidetu behar du larrialdietarako megafoniako sistemak.

Megafoniako sistema seinaleztapen dinamikoaren sistemaren lagungarria da, zeren eta megafoniak adierazi nahi dituen ingurubarren berri ematen baitie erabiltzaileei, baina baliagarria izan daiteke erabiltzaileak lasaitzeko eta jarraibideak emateko ebakuazioa egin behar bada.

Megafonia are garrantzitsuagoa da hiriko tuneletan, non tunelean auto-pilaketak sarritan gertatzen baitira. Baina baditu eragozpenak: zenbait egoeratan ez da batere baliagarria (erabiltzaileak auto barruan daudenean leihatilak igota eta irratia piztuta, aireztapena piztuta, zirkulazio handia dagoenean, etab.).

Megafoniako sistema bat jarri behar da I. eta II. motako tuneletan (200 metrotik gorak tuneletan), Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Dekretuan emandako definizioaren arabera. Hauek xetarako estaldura eman behar du megafoniako sistemak:

- Tunel-zulo bakoitzaren barruko aldean.
- Hodi bakoitzaren sarreretan.
- Tunel-zuloen arteko komunikazio galeriak eta, hala denean, tunelen artekoak.

Mezuak sektoreka bidaltzeko modua eman behar du sistemak, hots, soilik alde jakin batzuetan igortzen direnak. Megafoniaren sektORIZAZIO hori oso baliagarria izango da ebakuazioan laguntasuna emateko, mezu ezberdinak emateko tuneleko tartearen arabera.

Mezu horiek bi modu hauetan igortzeko modua egon behar da: kontrolako zentroko operadorearen mahai bakoitzean jarritako mikrofono batetik (gela teknikoan jarritako mikrofonoaren bidez) edo ordenagailuak erreproduzituriko aurrez grabaturiko mezuen bidez.

Aurretik grabaturiko mezuak berriz transmititzeko modua eman behar du sistemak tunela ebakuatzeko laguntza gisa, betiere operadoreak mezu bakoitzean esku hartu behar izan barik.

Honako hauek dira megafoniako sistema baten elementu nagusiak:

- Bozgorailua: Kontrolako zentrotik tuneleko erabiltzaileei transmititzen zaizkie mezu akustikoak transmititzeko elementuak.
- Anplifikadorea: Jasotzen duen seinalearen potentzia eta intentsitatea areagotu eta seinale anplifikatua bozgorailuetara transmititzen duen gailua da.
- Megafoniako tokiko kudeatzailea: Aukeraturiko aldeetara bidetzen ditu abisuak eta bolumena kontrolatzen du. Bozgorailu-lineak eta horien anplifikadoreak gainbegiratu ditzake, eta anplifikadoreak huts egiten badu, erreserbako anplifikadore batera konmuta dezake.

Ordenagailu nagusi batek edo hainbat ordenagailuk kontrolatzen ditu tokiko kudeatzaileak.

- Seinalea transmititzeko sistema: audio seinaleak eta kontrolako datuak transmititzen ditu kontrolako zentrotik megafoniako tokiko kudeatzaileetara.
- Megafoniako zentralako kontrolaren sistema, ordenagailuen bidez kontrolatua: audio sarrera eta irteera ugari ditu (mikrofonoak dituzten mahaiak), aldeak/areak hautatzeko aukera, mezuak grabatzea edota erreproduzitzea, urrutik kontrola, anplifikadoreen monitorizazioa eta lineak.

### 6.2.2. Megafoniako sistemaren arkitektura

Megafoniako sistema megafoniako zerbitzari nagusi batek kontrolaturiko sistema mikroprozesatua da, megafoniako mezuak eta musika hedatzeko. Zerbitzari hori zentroko kontrolako zerbitzu nagusiarekin komunikatzen da LAN Ethernet sarearen bitartez, kontrolako zentroan dagoen TCP/IP protokoloarekin. Zerbitzari nagusiak megafoniako sistema kontrolatzen du, megafoniako zerbitzu nagusiak tuneleko alde bakoitzean emititu behar dituen mezuak transmitituz.

mar a los usuarios de la presencia de riesgos inminentes (fuego, concentración letal de CO, etc.) a la vez que se les da indicación de cómo actuar en cada situación (apagar el motor, abandonar el coche, etc.).

Un sistema de megafonía para emergencias debe permitir la emisión inteligible de información sobre medidas a tomar para la protección de los usuarios.

El sistema de megafonía sirve de apoyo al sistema de señalización dinámica, al avisar esta a los usuarios de las mismas circunstancias que la megafonía quiere poner de manifiesto, aunque puede resultar útil para calmar a los usuarios e indicarles las acciones a realizar en caso de evacuación.

La megafonía adquiere una mayor relevancia en túneles urbanos en los que las retenciones dentro del túnel sean frecuentes. Tiene como inconvenientes su escasa utilidad en algunas condiciones (usuarios dentro de los vehículos con ventanillas subidas y radio puesta, ventilación encendida, circulación densa, etc.).

Se debe instalar sistema de megafonía en los túneles de Tipo I y II (aquellos túneles cuya longitud supere los 200 metros) según la definición realizada en el Decreto Foral de Seguridad en Túneles. El sistema de megafonía debe cubrir:

- El interior de cada uno de los tubos que constituyen los túneles.
- En las bocas de acceso de cada uno de los tubos.
- Galerías de comunicación entre tubos y en su caso entre túneles.

El sistema deberá permitir enviar mensajes sectorizados que sólo se emitan en zonas determinadas. Esta característica de sectorización de la megafonía será muy útil a la hora de ayudar a la evacuación, para dar mensajes distintos según el tramo del túnel.

Estos mensajes se deberán poder emitir: desde un micrófono instalado en cada mesa de operador en el centro de control, mediante micrófono en sala técnica, o mediante mensajes pregrabados reproducidos por ordenador.

El sistema deberá permitir la emisión reiterativa de mensajes de megafonía pregrabados, sin necesidad de intervención del operador en cada uno de ellos, como medio de ayuda a la evacuación del túnel.

Los principales elementos de los que consta un sistema de megafonía son:

- Altavoz: elementos de transmitir los mensajes acústicos que se transmiten desde el centro de control a los usuarios del túnel.
- Amplificador: es el dispositivo que aumenta la intensidad y la potencia de la señal de audio que recibe y trasmite la señal amplificada a las líneas de altavoces.
- Gestor local de megafonía: direcciona los avisos hacia las zonas seleccionadas, así como realizar el control de volumen. Puede realizar la supervisión de las líneas de altavoces y de su correspondiente amplificador, y en caso que este falle poder conmutar a uno de reserva.

Lo gestores locales se encuentran controlados por uno o varios ordenadores centrales.

- Sistema de transmisión de la señal: es el encargado de transmitir las señales de audio y los datos de control, desde el Centro Control hasta los gestores locales de megafonía.
- Sistema de control central de megafonía, controlado por ordenador/es, el cual contiene múltiples entradas y salidas de audio (pupitres microfónicos) con selección de zonas/áreas, grabación/reproducción de mensajes, control remoto, monitorización de amplificadores y líneas.

### 6.2.2. Arquitectura del sistema de megafonía

El sistema de megafonía se trata de un sistema microprocesado controlado por un servidor central de megafonía diseñado para la difusión de música y mensajes de megafonía. Este servidor se comunica con el servidor central de control del Centro a través de la red LAN Ethernet con protocolo TCP/IP existente en el Centro de Control. El servidor central realiza el control del sistema de megafonía transmitiéndole los mensajes que el servidor central de megafonía debe emitir en cada zona de cada túnel.

Operadoreek, operadorearen (bezeroak) laneko estazioetatik, mezuak emititu (aurrez grabaturikoak edo langileak berak sortutakoak), megafoniako sistemaren landako ekipoa kontrolatu, aurrez grabaturiko mezuak egin eta tuneleko erabiltzaileei mezuak igor diezazkiekete, aldea edo alde-multzook hautatuz (guneak deritze alde horiei).

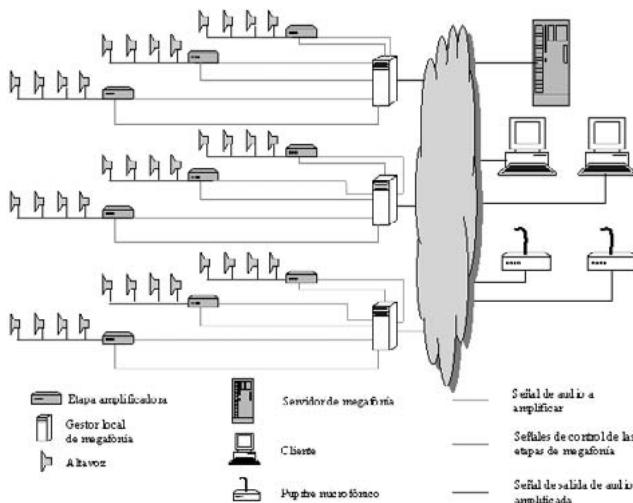
Laneko estazioek mikrofonoak dituzten mahaiak dauzkate. Mezuak emateko eta aldeak aukeratzeko ahalmena duten mahai horien bitartez, kontroleko zentroko operadoreak emandako mezuak bidal ditzakete edozein aldetara.

Hauexek osatzen dute sistema funtsean: megafoniako zerbitzari batek, sistemaren kudeaketak, kontroleko softwarea duten bezeroek eta mezuak alde bakoitzeko aparteko zirkuituetara bideratzen dituzten megafoniako tokiko kudeatzaileek.

Megafoniako sistemaren kontroleko datuak megafoniako zerbitzari nagusitik transmititzen dira tuneletan dauden megafoniako tokiko kudeatzaileetara, garraioko sare nagusi baten eta landako kontroleko sarearen bitartez; hala, zerbitzari nagusia tuneletan dauden megafoniako tokiko kudeatzaileekin komunikatzen da. Audio seinalea megafoniako zerbitzari nagusitik transmititu daiteke megafoniako tokiko kudeatzaileetara, garraioko sare nagusiaren edo landako kontroleko sarearen bitartez, edo bestela garraibide esklusiboaren bitartez. Lehenengo aukera gomendatzen da, kontroleko zentroaren eta tunelen arteko komunikazio moduak hobetzeko.

Megafoniako tokiko kudeatzaile orok du aparteko bozgorailu-zirkuituen multzoa (soinu-proiektoreak), eta zirkuitu bakoitzak alde bat hartzen du. Tokiko kudeatzaileak estazio amplifikadoreak kontrolatzen ditu; izan ere, horietatik ateratzen da audio seinalea megafoniako sistema banatuta dagoen sektore bakoitzera. Megafoniako tokiko kudeatzaile horiek bozgorailu-lineak eta horien amplifikadoreak gainbegiratzen dituzte, hutsuneak edo akatsak antzemateko eta megafoniako zerbitzari nagusiari jakinarazteko.

Jarraian, megafonia sistemaren arkitekturaren adibide bat agertzen da:



### 6.2.3. Sistemaren eskakizun orokorrak

Hona hemen megafoniako instalazioko elementuak: megafoniako zerbitzari nagusia, mikrofonoak dituzten mahaiak, aurre-amplifikadoreak eta kontroleko zentroan jarritako ordenagailuak, kontroleko zentrotik tuneleraino mezuak transmititzeko beharrezko elementuak barne. Gainera, landako ekipamendu hau ere sartzen da instalazioan: megafoniako tokiko kudeatzaileak, audio seinalea tunelean amplifikatu barik transmititzeko ingurune fisikoa, etapa amplifikadoreak, bozgorailuen irteerako zirkuituak eta bozgorailuak eurak.

UNE-EN 60849 Arauan («Larrialdi zerbitzuetarako sistema elektroakustikoak») ezarritakoa bete behar du megafoniako instalazioak. Arau horretan, megafoniako sistemak bete behar dituen irizpideak agertzen dira, betiere tunel bakoitzerako irizpide zehatzak emanez. Hauexek dira:

1. Megafoniako instalazioa ez badago hondatuta larrialdia eragin duen gorabeheraren ondorioz, megafoniako sistemak baliagarri egon behar du uneoro jardunean aritzeko.

Desde las Estaciones de Trabajo de operador (clientes), los operadores podrán emitir mensajes (pregrabados o generados por el operario), supervisar y controlar los equipos de campo del sistema de megafonía, elaborar mensajes pregrabados y emitir mensajes a los usuarios de un túnel seleccionando la zona o un conjunto de zonas, denominadas como áreas.

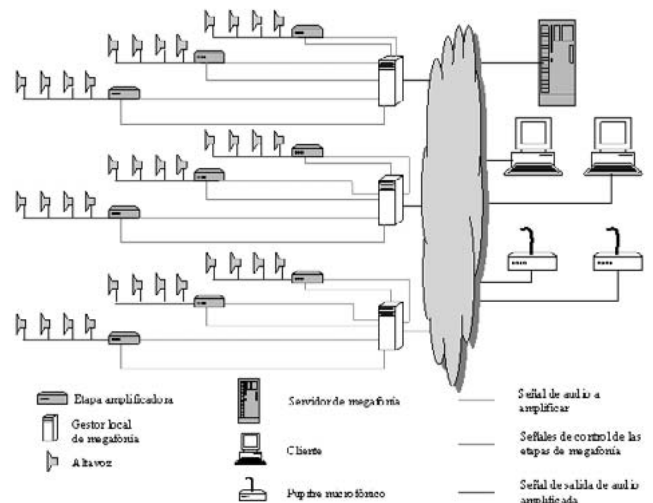
Las estaciones de trabajo disponen de pupitres microfónicos. A través de los pupitres microfónicos con capacidad para dar mensajes y seleccionar zonas, los operadores pueden difundir mensajes efectuados por operadores del Centro de Control a cualquier zona.

Básicamente, el sistema está formado por un servidor de megafonía, unos clientes con el software de gestión y control del sistema y los gestores locales de megafonía que redirigen los mensajes hacia los circuitos independientes de cada zona.

Los datos de control del sistema de megafonía se transmiten desde el servidor central de megafonía hasta los gestores locales de megafonía ubicados en los túneles a través de la red troncal de transporte y de la red de control de campo, comunicando de este modo el servidor central con los distintos gestores locales de megafonía ubicados en los túneles. La señal de audio se puede transmitir desde el servidor central de megafonía hasta los gestores locales de megafonía mediante la red troncal de transporte y de la red de control de campo o bien disponer de un medio de transporte dedicado y exclusivo. Se recomienda la primera opción para optimizar los recursos de comunicaciones entre el centro de control y los túneles.

Cada gestor local de megafonía contiene un conjunto de circuitos de altavoces (proyectors sonoros) independientes, abarcando cada circuito una zona. El gestor local controla las estaciones amplificadoras, de las que sale la señal de audio a cada uno de los sectores en los que está dividido el sistema de megafonía. Los gestores locales de megafonía supervisan las líneas de altavoces y sus correspondientes amplificadores, para detectar anomalías o fallos y comunicarlos al servidor central de megafonía.

A continuación se muestra un ejemplo de arquitectura del sistema de megafonía:



### 6.2.3. Requisitos generales del sistema

La instalación de megafonía comprende el servidor central de megafonía, pupitres microfónicos, preamplificadores y ordenadores clientes dispuestos en el Centro de Control incluyendo los elementos necesarios para transmitir los mensajes desde éste hasta el túnel. Además la instalación de megafonía incluye el siguiente equipamiento de campo: gestores locales de megafonía, medio físico de transmisión de la señal de audio sin amplificar en el túnel, etapas amplificadoras, circuitos de salida a altavoces y los propios altavoces.

La instalación de megafonía cumplirá con lo establecido en la Norma UNE-EN 60849 «Sistemas electroacústicos para servicios de emergencia». De esta Norma se desprenden los principales criterios que debe seguir el sistema de megafonía particularizándolo para el caso de un túnel. Estos son:

1. A menos que la instalación de megafonía se encuentre dañada por el incidente que provocó la emergencia, el sistema de megafonía debe encontrarse disponible para operación todo el tiempo.



2. Larrialdia badago, larrialdi-abisua emateko lehen seinalea igorri behar du sistemak, 4 s eta 10 s bitartean, betiere lehen mezua bidali baino lehen. Ondoz ondoko mezuen arteko tartek gehienez 30 segundokoa izan behar du, eta larrialdi-abisuen seinaleak igor daitezke isiluneak 10 segundokoak baino luzeagoak badira.

3. Megafoniako sistemak larrialdi-abisuak eta ahots-mezuak gune batera edo gehiagora aldi berean igortzeko gauza izan behar du. Gutxienez ahots-mezu egoki bat edo gehiago duen larrialdi-abisua egokia izan behar da.

4. Kontrolere zentroko operadoreek, edozein unetan, megafoniako sistemaren funtzionamenduaren edo sistema horretako osagaririk garrantzitsuenen egoera eskatu edo jasotzeko modua izan behar dute. Megafoniako sistemaren tokiko kudeatzaileek etapa anplifikadoreak eta horietako bozgorailu-lineak gainbegiratu eta funtzionamenduaren egoera transmititzen diote megafoniako zerbitzari nagusiari, kontrolere zentroan dagoen kontrol zentralizatuko sistemaren bidez.

Operadoreek megafoniako sistemaren egoerari buruzko informazioa izango dute kontrolere zentroko laneko estazioen bitartez ingurune grafiko erraz eta atseginean.

5. Zirkuitu anplifikadore edo bozgorailu bakarraren akatsak ez dakar zerbitzua erabat galtzea bozgorailuen zerbitzua dagoen aldeetan.

6. Igorritako larrialdi-mezuak alde zurretik graba daitezke sekuentzia bati jarraituz baldin eta larrialdia tipifikatuta badago edo operadoreek laneko estazioetako ordenagailuetan jarritako mikrofonoen bidez transmititu baditzakete, edo mikrofonoak dituzten mahaien bitartez. Larrialdi planaren ebakuazio planaren arabera igorriko dira mezuak.

7. Mezu guztiek argiak, laburrak eta zalantzarik gabekoak izan behar dute eta, ahal dela, aurrez planifikatuak. Aurretik grabaturiko mezuek etengabeko biltze-sistemetan egon behar dute.

8. Megafoniako sistemak larrialdietako bozgorailuen aldeetan banatzeko gauza izan behar du, baldin eta ebakuazio prozeduretan hala egin beharra badago. Megafoniako alde hauek sortuko dira tuneleko zulo bakoitzean:

- Ondoz ondoko larrialdietako bi irteeraren artean.
- Tuneleko ahoen eta hurbilen dagoen larrialdiko irteeraren artean.
- Tuneleko zuloetako sarrerak.
- Zulo bat baino gehiagoko tuneletan, zuloak konektatzeko galerietan jarritako bozgorailuek tuneleko zuloetako bozgorailuetakoak ez bestelako aldeetakoak izan beharko dute.

9. Alde batean igorritako mezuen ulergarritasunak, gutxienez, 6.2.4.1. ataleko eskakizunak bete beharko ditu, mezuak beste alde batzuetan edo iturri bat baino gehiagoren bitartez igortzen direla-eta.

#### 6.2.4. Sistemaren eskakizun teknikoak

##### 6.2.4.1. Hitzaren ulergarritasuna

EN 60849 arauarekin bat etorritik, tuneletan jarritako megafoniako sistemak arau horretako 5.1. atalean ezarritakoa bete behar du; izan ere, neurtu beharreko magnitudeak eta horien balioak finkatzen dira bertan.

##### 6.2.4.2. Egoera automatikoaren adierazlea

Honako hauei buruzko informazioa eman behar dute kontrolere zentroan jarritako laneko estazioek interfaze grafiko baten bitartez:

- Megafoniako sistema eskuragarri izatea.
- Anplifikadorearen, bozgorailu-lineen eta megafoniako tokiko kudeatzailearen edozein akats.

2. Ante la presencia de una emergencia, el sistema deberá emitir una primera señal de alerta con una duración 4 s a 10 s que precederá a la emisión del primer mensaje. El intervalo entre mensajes consecutivos no debe exceder los 30 s y podrán emitirse señales de alerta cuando los periodos de silencio excedan los 10 s.

3. El sistema de megafonía deberá ser capaz de emitir señales de alerta y mensajes de voz a una o más áreas de forma simultánea. Deberá haber al menos una señal de alerta apropiada con uno o más mensajes de voz adecuados.

4. En cualquier momento los operadores del Centro de Control deberán poder recibir o realizar la petición del estado del funcionamiento del sistema de megafonía o bien de sus componentes más importantes. Los gestores locales de megafonía supervisan las etapas amplificadoras y sus líneas de altavoces y transmiten su estado de funcionamiento al servidor central de megafonía, a través del sistema de control centralizado, ubicado en el Centro de Control.

Los operadores dispondrán de la información del estado del sistema de megafonía a través de las Estaciones de Trabajo del Centro de Control en un entorno gráfico sencillo y amigable.

5. El fallo de un único circuito amplificador o altavoz no implicará la pérdida total de servicio en la zona de altavoces cubierta.

6. Los mensajes de emergencia que son emitidos podrán ser pregrabados siguiendo una secuencia si la emergencia se tiene tipificada o pueden ser emitidos por los operadores a través de micrófonos instalados en los ordenadores de las Estaciones de Trabajo o por medio de los pupitres microfónicos. Los mensajes emitidos estarán de acuerdo con el Plan de Evacuación del Plan de Emergencia.

7. Todos los mensajes deberán ser claros, cortos, sin ambigüedades y, hasta donde sea posible, preplanificados. Los mensajes pregrabados deberán estar en sistemas de almacenamiento permanente.

8. El sistema de megafonía deberá ser capaz de dividirse en zonas de altavoces de emergencia creando zonas de megafonía, si los procedimientos de evacuación así lo exigen. En los túneles se crearán para cada tubo las siguientes zonas de megafonía:

- Entre dos salidas de emergencia consecutivas.
- Entre las bocas del túnel y la salida de emergencia más cercana.
- Los accesos a cada uno de los tubos del túnel.
- En túneles de más de un tubo, los altavoces instalados en las galerías de interconexión entre los tubos deben pertenecer a zonas diferentes a las de los altavoces del interior de los tubos del túnel.

9. La inteligibilidad de la emisión de los mensajes en una zona no deberá disminuirse por debajo de los requerimientos del apartado 6.2.4.1 por la emisión de mensajes en otras zonas o por más de una fuente.

#### 6.2.4. Requisitos técnicos del sistema

##### 6.2.4.1. Inteligibilidad de la palabra

De acuerdo con la Norma EN 60849, el sistema de megafonía instalado en los túneles cumplirá con lo establecido en el apartado 5.1 de dicha norma, en el que se fija las magnitudes a medir así como los valores de las mismas.

##### 6.2.4.2. Indicador de estado automático

Las Estaciones de Trabajo dispuestas en el Centro de Control deberán proporcionar, a través de un interfaz gráfico, información relativa a:

- La disponibilidad del sistema de megafonía.
- A cualquier condición de fallo de amplificadores, líneas de altavoces y gestor local de megafonía.

- Bozgorailuen zein alde aukeratu diren eta alde bakoitzean jarduteko modua, alde bakoitzean igorrita dagoen mezua eta operadoreak mikrofono batetik edo mahaia duen mikrofono batetik igortzen duen. Alarma mezuak ematen direnean, ebakuazioa egiteko eskakizunen arabera, sistemak modu egokian erakutsi behar du zein mezu igortzen ari den eta zein aldetan. Informazio hori etengabe erakutsi eta eguneratuko da.

#### 6.2.4.3. Akatsen monitorizazio automatikoa

Kontrolako zentroan jarritako laneko estazioek honako hauei buruzko jarraibide argiak eman behar dituzte:

- Mikrofonoaren akatsa, kapsula elektrodinamikoa, aurre-anplifikadorea eta gainerako sistemarekiko funtsezko kableen akatsa.
- Seinaleko bide kritikoen akatsa amplifikazio-katearen bitartez, aparte identifikaturiko banako amplifikadorearekin.
- Megafoniako tokiko kudeatzaileen akatsa.
- Anplifikadorerik edo modulu kritikorik eza.
- Edozein amplifikadore osagarriaren akatsa.
- Edozein bozgorailu-zirkuituen akatsa, zirkuitu irekiko eta zirkuitu laburreko akatsak.
- Kontrolako zentroetako mikrofonoen edo mikrofonoak dituzten mahaiekin akatsa.
- Megafoniako zerbitzariaren akatsa.

Megafoniaren sisteman akatsa gertatzen bada, sistema kontrolako zentroaren operadorearekin komunikatzen da alarma baten bitartez.

#### 6.2.4.4. Kontrol zentralizatuko sistemarekiko interfazea

Megafoniako zerbitzariak eta kontrolako zerbitzari nagusiak elkarri ematen dizkiote datuak eta informazioa kontrolako zentroan dagoen LAN TCP/IP sarearen bitartez. Komunikazioa galtzen bada edo megafoniako zerbitzariak huts egiten badu, horren berri emango da laneko estazioetan (operadorearen postuak).

Kontrol zentralizatuko sistemak megafoniako sisteman dauden akatsei buruzko informazioa jasotzeko modua izan behar du, eta akats horiek laneko estazioan erakutsiko ditu pantailan, seinale akustikoak emanez.

#### 6.2.4.5. Gorde beharreko erregistroak

Kontrol zentralizatuko sistemak euskarri informatikoan gorde behar ditu zenbait erregistro, eta bertan jasoko dira megafoniako sistemaren erabilerak eta datak eta akatsa edo alarma egoerak, sisteman eginiko saioak eta sistemako eragiketa eta gertaera guztiak.

#### 6.2.4.6. Klimaren eta ingurumenaren baldintzak

Bestela zehaztu ezik, sistemaren zehaztapenekin bat etorritik jardun behar du ekipoak, baldintza hauetan:

1. Megafoniako tokiko kudeatzaileak, amplifikadoreak:
  - Giroko tenperatura:  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  /  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
  - Hezetasun erlatiboa: % 25 / % 90.
  - Airearen presioa: 86 kPa - 106 kPa.
2. Landako gainerako megafonia-ekipoak:
  - Giroko tenperatura:  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  /  $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
  - Hezetasun erlatiboa: % 25 / % 90.
  - Airearen presioa: 86 kPa - 106 kPa.

#### 6.2.4.7. Konektoreak

Konektoreek CEI 60268-11 araua edo CEI 60268-12 araua bete behar dute. Agintari eskudunek finka ditzakete konektoreek suaren kontrako erresistentzian bete behar dituzten eskakizunak.

- Qué zonas de altavoces están seleccionadas y el modo de operación de cada zona, el mensaje que se encuentra emitiendo en cada una de las zonas y si el mensaje lo emite el operador desde un micrófono o pupitre microfónico. Donde se den mensajes de alarma diferentes, en función de los requisitos de evacuación, el sistema deberá mostrar de forma apropiada qué mensaje está siendo emitido y dentro de qué zona. Esta información se mostrará de forma continuada y actualizada.

#### 6.2.4.3. Monitorización automática de fallo

Las Estaciones de Trabajo instaladas en el Centro de Control deberán proporcionar una indicación clara de:

- Fallo del micrófono, incluyendo la cápsula electrodinámica, el preamplificador y el cableado esencial al resto del sistema.
- Fallo de los caminos de señal críticos a través de la cadena de la cadena de amplificación, con amplificadores individuales identificados por separado.
- Fallo de gestores locales de megafonía.
- Ausencia de amplificadores o módulos críticos.
- Fallo de cualquier amplificador auxiliar.
- Fallo de cualquier circuito de altavoces, fallos de circuito abierto y cortocircuito.
- Fallo de micrófonos o pupitres microfónicos en el Centro de Control.
- Fallo del servidor de megafonía.

En caso de detectarse un fallo en el sistema de megafonía, este se comunicará al operador del Centro de Control a través de una alarma.

#### 6.2.4.4. Interfaz con el sistema de control centralizado

El servidor de megafonía intercambia datos e información con el Servidor de Central de Control, a través de la red LAN TCP/IP existente en el Centro de Control. En el caso de pérdida de comunicación o fallo del servidor de megafonía se indicará esta situación en las Estaciones de Trabajo (puestos de operador).

El sistema de Control Centralizado deberá ser capaz de recibir información relativa a fallos en el sistema de megafonía mostrándolos en las Estaciones de Trabajo a través de la pantalla indicándolo de forma acústica.

#### 6.2.4.5. Registros a conservar

El sistema de Control Centralizado deberá mantener una serie de registros en soporte informático donde se conserven las fechas y usos del sistema de megafonía y de la ocurrencia de fallo o alarma, ensayos realizados al sistema y todas las operaciones y eventos del sistema.

#### 6.2.4.6. Condiciones climáticas y medioambientales

Cuando no se especifique de otra forma, el equipo deberá operar de acuerdo con la especificación del sistema bajo las siguientes condiciones:

1. Gestores locales de megafonía, amplificadores:
  - Temperatura ambiente  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
  - Humedad relativa 25% a 90%.
  - Presión del aire 86 kPa a 106 kPa.
2. Demás equipos de megafonía en campo:
  - Temperatura ambiente  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
  - Humedad relativa 25% a 90%.
  - Presión del aire 86 kPa a 106 kPa.

#### 6.2.4.7. Conectores

Los conectores deberán cumplir con la Norma CEI 60268-11 o con la Norma CEI 60268-12. Los requisitos para resistencia al fuego de los conectores pueden ser estipulados por las autoridades competentes.

### 6.2.5. Megafoniako instalazioen eskakizunak

Megafoniako sistema CEI 60364 arauarekin, eta nahitaezko nazio edo tokiko arauekin eta Tentsio Baxurako Araudi Elektro-teknikoarekin bat etorri jarri beharko dira.

Babestuta egon behar dute edo suaren kontrako erresisten-teak izan beharko dute tuneletako ahoetako eta konexiorako gale-rietako bozgorailuen zirkuituetako kableek.

Tuneletan jarri beharreko estalkietarako eta kableetarako ezaugarriak bete beharko dituzte kableek eta estalki-motek, Tune-letako Argien eta Energia Horniduraren gaineko Jarraibide Tekni-koan ezarri denaren arabera.

### 6.2.6. Bozgorailua

Mezu akustikoak irteko elementua da; izan ere, megafoniako tokiko kudeatzaileengandik jasotzen dituzten bultzada elektrokoak erabiltzaileek entzun eta uler ditzaketen soinu dardara bihurtzen ditu bozgorailuak. Hortaz, oso sendoak eta fidagarriak izan behar dute.

Halaber, tunelean dauden agente kaltegarriak jasan behar izango ditu, hala nola hautsa, hezetasuna, gasak, etab.

Soinu zehatza erreproduzitu behar izateaz gain, ahal dela, ez du distorsiorik izango.

#### 6.2.6.1. Bozgorailuak kokatzea

Tunelari buruz egingo den azterlan akustikoak finkatuko du boz- gorailuak tunelean kokatzeko tokia, UNE-EN 60849 arauan ezar- ritakoarekin bat etorri.

Konexioko galeria bakoitza megafoniako aparteko alde bat izango da eta, hala, tunelaren barruan zabalitzen diren ez bezalako mezuak igorri ahal izango dira.

Ahal denean eta tunelerako eginiko azterlan akustikoan ezar- ritako ildoak jarraituz, bozgorailuak norabide bakarrekotuneletan eskuineko horma pikoan jartzeko ahaleginak egingo dira, zirkula- zioaren noranzkoan, non ekipo guztiak jarriko diren eta, oro har, istripua dagoenean erabiltzaileek ibilgailua geldituko duten. Bi nora- bideko tuneletan, bi horma pikoetan kokatuko dira bozgorailuak, bi noranzkoetan doazen erabiltzaileak jakinaren gainean jartzeko. Azter- lan akustikoak finkatuko du bozgorailuak jartzeko altuera, baina kon- tuan izan behar dira galiboaren balizko galera, tunelen estaldura eta horma pikoetan jarrita egon daitezkeen kable-erretiluak. Tune- laren barruko bozgorailuen altuera, gutxi gorabehera, 4,5 metro eta 6 metro bitartekoa izan daiteke.

#### 6.2.6.2. Ezaugarri teknikoak

Barrunbea sonorizatzeko aukeraturiko bozgorailuek egokiak izan behar dute:

- Hitza erreproduzitzea (banda-zabalera).
- Errendimendu altukoa (eraginkortasuna eta sentsibilitatea).
- Direktibitate altua (Q).
- Eguraldi txarra jasateko bereziki prestatua (IP maila).
- Neurrien araberakoa.

Bozgorailuen beste eredu batzuekin egin daiteke azterlan akus- tikoa, baina tunel baten berezitasunak (giro gogorra), soinu presio maila handiak lortu beharra, soinua zabaldu beharreko guneetan soinua bideratzeko direktibitate handia izan beharra eta, hala, bene- tako erreberberazioa baino itxurazko erreberberazio txikiago izateko ahaleginak egin behar direla-eta, konpresio-motorea duen kla- xon esponenzia gomendatzen da bozgorailu egoki lez.

### 6.2.7. Etapa anplifikadoreak

Etapa anplifikadorea aparatu bat da, zeinaren bidez eta kan- poko energia erabiliz sarrerako audio seinalearen potentzia han- ditzen baita; hala, seinalea entzuteko moduan bozgorailu-linea batera transmititzeko behar den potentzia duen seinalea ematen da.

### 6.2.5. Requisitos de la instalación de megafonía

El sistema de megafonía deberá instalarse de acuerdo con la Norma CEI 60364 y con normas nacionales o locales obligatorias, Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Los cables que conforman los circuitos de los altavoces de las galerías de interconexión y las bocas de los túneles, deberán estar protegidos o ser resistentes al fuego.

El cableado y el tipo de cubierta a instalar deben cumplir con las características para cables y cubiertas a instalar en túneles, según lo indicado en la Instrucción Técnica de Alumbrado y Suministro de Energía en Túneles.

### 6.2.6. Altavoz

Es el elemento de salida de los mensajes acústicos, encar- gado de convertir los impulsos eléctricos que reciben de los ges- tores locales de megafonía en vibraciones sonoras audibles y com- prensibles por los usuarios. Su construcción deberá ser, por tanto, extremadamente robusta y fiable.

Deberá soportar, asimismo, las condiciones agresivas que rei- nan en el interior del túnel, tanto de polvo como de humedad, gases, etc.

Además deberá de tener una reproducción fiel del sonido, exenta, en lo posible, de distorsiones.

#### 6.2.6.1. Ubicación de los altavoces

La ubicación de los altavoces en el túnel vendrá determinada por el estudio acústico que se realice del túnel, según lo estable- cido en la norma UNE-EN 60849.

Cada galería de interconexión será una zona independiente de megafonía y así poder emitir mensajes diferentes a los que se difundan en el interior del túnel.

Siempre que sea posible y siguiendo las pautas que esta- blecerá el estudio acústico realizado para el túnel se procurará que en los túneles unidireccionales los altavoces se instalan en el hastial derecho según el sentido de la circulación, donde están ubicados todos los equipos y, como norma general, donde los usuarios detendrán sus vehículos en caso de incidente. En los túneles bidireccionales se ubicarán los altavoces en sendos has- tiales para informar a los usuarios que circulan en ambos sen- tidos. La altura a la que se instalarán los altavoces la marca el estudio acústico, pero se debe tener en cuenta la posible pér- dida de gálibo, el revestimiento de los túneles y las posibles ban- dejas de cableado colocadas en los hastiales. Aproximadamente la altura de los altavoces en el interior del túnel puede variar entre los 4,5 y los 6 metros.

#### 6.2.6.2. Características técnicas

Los altavoces elegidos para sonorizar el recinto deben ser un tipo de altavoz adecuado:

- Para reproducción de la palabra (ancho de banda).
- De alto rendimiento (eficacia y sensibilidad).
- Elevada directividad (Q).
- Especialmente preparado para soportar los agentes medio- ambientales desfavorables (grado IP).
- Por dimensiones.

Podría realizarse el estudio acústico con otros modelos de alta- voces, pero por las particularidades de un túnel (ambiente agresivo), la necesidad de conseguir elevados niveles de presión sonora, de disponer una gran directividad para dirigir el sonido sobre las super- ficies a sonorizar y de este modo intentar tener una reverberación apa- rente inferior a la real, se recomienda como altavoz adecuado la bocina exponencial rentrante con motor de compresión.

### 6.2.7. Etapas amplificadoras

La etapa amplificadora es el aparato, mediante el cual, utilizando energía externa, aumenta la potencia de la señal de audio de entrada, proporcionando una señal con la potencia necesaria para transmi- tirla a una línea de altavoces para la difusión audible de la señal.

Etapla anplifikadoreetako sarrerek karga simetrikoak eta balantzeatuak eduki behar dituzte. Gutxienez bi sarrera eskatzen dira etapa anplifikadore bakoitzeko: bata programakoa eta bestea lehentasuna duena.

Etaparen irteerarekin konektatzen diren bozgorailu-lineen potentziaren arabera aukeratzen da etapa anplifikadoreen irteerako potentzia, baita horiek elikatzeke tentsioa ere (irteerako tentsioa linean), gehienbat 100 V, 70 V eta 50 V-koa. Irteerako bozgorailuen linearen inpedantzia, hots, etapa anplifikadorearen kargaren inpedantzia, etapa anplifikadorearen irteerako berezko inpedantziaren antzekoa izan behar da.

Korrante zuzenaren bidez elika daitezke etapa anplifikadoreak, 24 Vcc-ko tentsioarekin, edo korrante alternoaren bidez baina 230 Vca eta 50–60 Hz-ko tentsioarekin. Ohiko egoeran korrontetik des-konektatuta dago (maila baxua energia aurrezteko), eta maila altuan egongo da –konektaturik- megafoniako tokiko kudeatzailetik jardunean jartzen den unetik aurrera.

Etapla anplifikadoreak bozgorailu-lineako gainkargen eta zirkuitu laburren kontrako babes termikoko babesak izan behar du.

Etapla anplifikadore bakoitzak etapa anplifikadoreak eta bozgorailu-lineak gainbegiratzeko sistema bat izan behar du, horien gaineko informazioa emango diona kontrol zentralizatuko sistemari megafoniako tokiko kudeatzailearen bitartez, edo zuzenean. Matxura badago, erreserbako etapa anplifikadorera konmutatuko da.

#### 6.2.7.1. *Etapla anplifikadoreen kokapena*

Tunel bakoitzean erabiltzen den megafoniako sistemaren arkitekturaren arabera, kokapen ezberdinak izango dira:

- Etapla anplifikadoreak megafoniako tokiko kudeatzaileen ondoan daude, oro har tuneletako lokal teknikoetan kokatzen direnak.
- Etapla anplifikadoreak tuneleko ahoetan zehar banatzen dira, eta SOS zutoinetako armairuetan jarri ohi dira eta bertatik elikatzen dira (komunikazio ekiporako konpartimenduan).

#### 6.2.7.2. *Audio seinalea etapa anplifikadoretik bozgorailuen-linean transmititzea*

Txirikorda gisa jarritako bi hariko kable baten bidez transmititzen da audio seinalea etapa anplifikadoretik bozgorailuetaraino, betiere audio seinalea kanpoko zaratekiko sentikorra ez bada. Kasu honetan, txirikorda eta pantaila formako kablea erabiliko da lurra-ekin konektaturiko pantailarekin, inguruko zaratek audio seinalea galaraz ez dezaten eta frekuentzia altuak moteldu ez ditzaten.

Seinalea transmititzeko erabilitako kablea pareekin txirikordatu egiten da linearen ahalmena murrizteko eta interferentzia elektromagnetikoak gutxitzeko inguruan dituen ondoko pareekin alderatuta.

Jarri beharreko kable elektrikoek eta estalki-motek tuneletan jarri beharreko kable elektrikoetarako eta estalkietarako ezauzgarriak bete behar dituzte, Tuneletako Argien eta Energia Horniduraren gaineko Jarraibide Teknikoan ezarritakoarekin bat etorritik.

Audio seinale anplifikatuaren transmisioa kableen sekzioa Tentsio Baxuko Araudi Elektroteknikoan zehaztu denaren arabera egingo da.

#### 6.2.8. *Megafoniako tokiko kudeatzaileak*

Megafoniako tokiko kudeatzaileak landako (tuneletan) megafoniako sistemaren kontroleko ekipoak dira. Tuneletako alde bakoitzean transmititu beharreko seinaleak jasotzen dituzte, eta gainera kontrol zentralizatuko sistemarekin komunikatzen da, betiere megafoniako sistema kontrolatuz eta gainbegiratu.

Las entradas de las etapas amplificadoras tendrán cargas simétricas y balanceadas. Al menos se exige dos entradas por cada etapa amplificadora: una de programa y otra de prioridad.

La potencia de salida de las etapas amplificadoras se selecciona en función de la potencia de la línea de altavoces que se conecten a la salida de la etapa, así como la tensión de alimentación de los mismos (tensión de salida en línea) típicamente 100 V, 70 V y 50 V. La impedancia de la línea de altavoces de salida, es decir, la impedancia de la carga de la etapa amplificadora debe ser lo más semejante a la impedancia característica de salida de la etapa amplificadora.

La alimentación de las etapas amplificadoras podrá llevarse a cabo por medio de corriente continua a una tensión de 24 Vcc, o corriente alterna a 230 Vca y 50–60 Hz. En estado normal se encuentra desconectado de la corriente, (nivel bajo para ahorro de energía) pasando a nivel alto –conectado– en el momento de su puesta en operación desde el gestor local de megafonía.

La etapa amplificadora debe incorporar circuitos de protección térmica contra sobrecargas y cortocircuitos en la línea de altavoces.

Por cada etapa amplificadora se debe disponer de un sistema supervisión de etapas amplificadoras y líneas de altavoces que informa del estado de los mismos, a través del gestor local de megafonía o directamente, al Sistema de Control Centralizado. En caso de avería se conmutará a la etapa de amplificación de reserva.

#### 6.2.7.1. *Ubicación de las etapas amplificadoras*

En función de la arquitectura que se emplee en el sistema de megafonía en cada túnel los amplificadores se instalarán en ubicaciones diferentes:

- Las etapas amplificadoras se encuentran instalados junto a los gestores locales de megafonía, ubicados generalmente en los locales técnicos de los túneles.
- Las etapas amplificadoras se distribuyen a lo largo de las bocas de los túneles, soliendo instalarse en los armarios de los postes SOS desde los que se alimentan (en el compartimento dedicado al equipo de intercomunicación).

#### 6.2.7.2. *Transmisión de la señal audio desde la etapa amplificadora a la línea de altavoces*

La transmisión de la señal de audio desde la etapa amplificadora hasta los altavoces se realiza a través de un cable de dos hilos trenzados siempre que la señal de audio no sea sensible a ruidos externos. En este caso se empleará cable trenzado y apantallado con la pantalla conectada a tierra, para evitar que los ruidos presentes en el entorno deterioren la señal de audio y que no se atenúen las frecuencias altas.

El par de cables empleados en la transmisión de la señal se trenzan para disminuir la capacidad de la línea y para reducir las interferencias electromagnéticas con respecto a los pares adyacentes que se encuentran a su alrededor.

El cable eléctrico y el tipo de cubierta a instalar deben cumplir con las características para cables eléctricos y cubiertas a instalar en túneles, según lo indicado de la Instrucción Técnica de Alumbrado y Suministro de Energía en Túneles.

La sección de los cables de transmisión de la señal de audio amplificada se realizará en base a lo especificado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

#### 6.2.8. *Gestores locales de megafonía*

Los gestores locales de megafonía son los equipos de control del sistema de megafonía instalados en campo (en los túneles). Estos reciben las señales de audio a transmitir en cada una de las zonas del túnel además comunicarse con el Sistema de Control Centralizado, realizando el control y supervisión del sistema de megafonía.

Megafoniako tokiko kudeatzaileek audio seinaleak jasotzen dituzte eta aukeraturiko aldeetara bideratzen dituzte; gainera, audio seinale horiek tuneleko alde bakoitzarekin lotura duen bozgorailu-lineetako etapa anplifikadoreetara transmititzen dituzte.

Megafoniako tokiko kudeatzaileek audio seinaleak prozesatu, etapa anplifikadoreak eta horiei dagozkien bozgorailu-lineak gainbegiratu eta audio irteeren eta sarreren edozein konbinaketa egin eta konbinaketa ahalbidetzeko modua izan behar dute. Kontrolle zentroan dagoen megafoniako zerbitzariak kontrolatu behar ditu megafoniako tokiko kudeatzaileak.

Honako hauen bidez transmititu daiteke seinalea megafoniako kudeatzaileetatik etapa anplifikadoreetara:

- Txirikorda-itxurako kableen bidezko seinale elektriko, 5. kategoria.
- Modu anitzeko edo modu bakarreko zuntz optikoaren bidezko seinale optikoa, seinale optikoa seinale elektriko bihurtzeko transzeptoreak erabiliz eta alderantziz.

Megafoniako tokiko kudeatzaileek horiekin lotuta dauden etapa anplifikadoreak kontrolatu eta gainbegiratu dituzte, etapa anplifikadoreen eta bozgorailu-lineen funtzionamenduen egoerari buruzko informazioa jasoz eta etapa anplifikadore bakoitza aktibatuz abisu bat transmititu beharra dagoenean.

Megafoniako tokiko kudeatzaile bakoitzak horrekin lotura duten etapa anplifikadoreen funtzionamendua kontrolatu eta gainbegiratu du, etapa anplifikadoreak gainbegiratzeko sistemaren eta bozgorailu-lineen informazioa jasoz. Megafoniako tokiko kudeatzaileak etapa anplifikadore aktibatzen du mezua transmititu behar duenean.

Halaber, megafoniako tokiko kudeatzailea eta etapa anplifikadore ekipu berean integratzen duten ekiptoak daude, eta horrek sinplifikatu egiten du instalazioa.

### 6.2.9. Megafoniako kontrol zentralizatuko sistema

Megafoniako zerbitzari nagusia jarriko da kontroleko zentroan, eta horren bidez gobernatuko da sistema; sistemaren eginkizun nagusia audio-seinaleen multiplexazioa izango da. Tunelen segurtasun, zaintza eta kontroleko zerbitzariarekin komunikatuko da zerbitzari hori eta aurrez grabaturiko mezuak igorri ahal izango ditu.

Honako hauek igor ditzakete mezuak:

- Igorle mikroprozesatuko mikrofonoa dakarten mahaiak, mezuak emateko eta aldeak hautatzeko ahalmena izanik.
- Aldez aurretik grabaturiko mezuak erabiliz, ordenagailuak audio-txartel baten bidez erreproduzituak, ADC eta DAC bihurtzaileekin edo bestela aparteko ekipu batek sorturikoak. Mezuak programatu egin daitezke, behin eta berriz automatikoki errepika daitezzen harik eta operadoreak kontrako adierazi arte. Alde berean edo alde ezberdinetan elkarren atzetik erreproduzitzeko mezuen sekuentziak konfiguratu daitezke, zerbitzariko segurtasun, zaintza eta kontroleko aplikazioetatik automatikoki aktibatzeko.

Automatikoki aukeratuko da tuneleko entzuketa-maila, eta gutxienez maila hauek izango dira:

- Maila baxua, haizegailuak martxan ez daudenean.
- Maila altua, haizegailuak martxan daudenean.

Aparte ezarri beharko dira maila hori sekzio bakoitzean, eta gutxienez honako multzoak bereiziko dira:

- Ahoetatik hurbil dauden sekzioak.
- Tunel-zuloetako barne sekzioak.
- Tunel-zuloen komunikazio galeria.

Sistema erabat gairatzeko modukoa izango da, estazio kudeatzaileen kopuruari dagokionez zein kontrolatzen dituen megafoniako tokiko kudeatzaileen kopuruari dagokionez.

#### 6.2.9.1. Megafoniako kontrol zentralizatuaren sistemako elementuak

Honako elementu hauek bereizten dira sistema osatzen duten elementuen artean:

Los gestores locales de megafonía reciben las señales de audio y las direccionan hacia las zonas seleccionadas, transmitiendo estas señales de audio hacia las etapas amplificadoras de las líneas de altavoces asociadas a cada zona del túnel.

Los gestores locales de megafonía deben ser capaces de procesar las señales de audio, supervisar las etapas amplificadoras y sus respectivas líneas de altavoces, mezclar y permitir realizar cualquier combinación de entradas y salidas de audio. Los gestores locales de megafonía son controlados por el servidor de megafonía ubicado en el Centro de Control.

La transmisión de la señal de audio desde los gestores de megafonía hasta las etapas amplificadoras se puede realizar a través de:

- Señal eléctrica a través de par trenzado, categoría 5.
- Señal óptica a través de fibra óptica multimodo o monomodo, empleando transceptores para la conversión de la señal óptica a eléctrica y viceversa.

Los gestores locales de megafonía controlarán y supervisarán las etapas amplificadoras asociadas a estos, recibiendo información del estado de funcionamiento de las etapas amplificadoras y de las líneas de altavoces, activando cada una de las etapas amplificadoras cuando deben transmitir un aviso.

Cada gestor local de megafonía controlará y supervisará el funcionamiento de las etapas amplificadoras asociadas a este, recibiendo información del sistema de supervisión de etapas amplificadoras y de sus líneas de altavoces. El gestor local de megafonía activa cada etapa amplificadora cuando esta debe transmitir un mensaje.

También existen equipos que integran en un mismo equipo el gestor local de megafonía y la etapa amplificadora lo cual simplifica la instalación.

### 6.2.9. Sistema de control centralizado de megafonía

En el Centro de Control se instalará el servidor central de megafonía que gobernará el sistema y su principal función será la multiplexación de las señales de audio. Este servidor se comunicará con el servidor de seguridad, vigilancia y control de los túneles el cual podrá emitir mensajes pregrabados.

Los mensajes podrán ser emitidos:

- Desde pupitres con micrófono emisor microprocesado, con capacidad para dar mensajes y seleccionar zonas.
- Utilizando mensajes pregrabados, reproducidos por el ordenador a través de una tarjeta de audio con conversores ADC y DAC o bien generados por un equipo independiente. Los mensajes podrán programarse para que sean repetidos automáticamente hasta la indicación contraria por parte del operador. Se podrán configurar secuencias de mensajes para ser reproducidos uno tras otro en la misma o en distintas zonas, para ser activados automáticamente desde las aplicaciones de seguridad, vigilancia y control en el servidor.

El nivel de audio en el túnel será seleccionado automáticamente, contemplándose al menos dos niveles:

- Nivel bajo, cuando los ventiladores no están activados.
- Nivel alto, cuando los ventiladores están activados.

Estos niveles deberán ser establecidos para cada sección independientemente, diferenciando al menos los siguientes grupos:

- Secciones cercanas a las bocas.
- Secciones interiores en los tubos.
- Galería de intercomunicación entre tubos.

El sistema debe ser totalmente escalable tanto en el número de estaciones gestoras como en el número de gestores locales de megafonía que controle.

#### 6.2.9.1. Elementos del sistema de control centralizado de megafonía

Entre los elementos que componen el sistema se distinguen los siguientes:

- Laneko estazioa: sistema kudeatu eta erreproduktoreak eta mezuak administratzeko modua ematen die operadoreei. Laneko estazioak mikrofonoa dakarren mahaia ere badu, eta bertatik mezuak bidal daitezke denbora errealean edo grabazioak egin, ondoren errepikatzen.
- Megafonia zerbitzaria: kudeaketako sistemen eta mezuak automatikoki sortzen dituzten kanpoko sistemen eskariak biltzen ditu, eta sarean banatuta dauden megafoniako tokiko kudeatzaileei transmititzen dizkiete: urrutitik administra daitezke operadoreen estazioen bidez.

Aurreanplifikadoreak, abisuak automatikoki sortzeko elementuak, plaka elektronikoak, kontroleko eta sistema eragileko softwarea, etab. izan daitezke.

### 6.3. Irratitelefonia. Irrati bidezko erretransmisioa

Tunela toki itxia da, ezkutukoa, eta bertako segurtasunaz eta ustiapenez arduratzen diren zerbitzuek irrati bidezko komunikazioa etenik gabe izan behar dute esku hartu nahi dutenean. Era berean, erabiltzaileek balioetsi egiten dute emisore komertzialen eta telefonia mugikorraren seinalea jasotzeari eustea.

Hala ere, oso salbuespeneko kasuetan izan ezik, tunelak «itzalguneak» dira, non erabilitako HZ uhinak hedatzen ez diren.

Irratitelefoniako edo tuneleko irratiaeren erretransmisioko sistemak irrati-frekuentziako komunikazio zerbitzua ematen du tunelearen barruan, tuneletik kanpora ematen diren prestazio berak izanik; izan ere, egiten duen gauza bakarra tunelearen barruko aldean dagoen estaldura irratielektrikoa kanpoko aldeetara hedatzea baino ez da.

Tunel guztien barruan irrati-telekomunikazioen estaldura izan behar da larrialdietako zerbitzuetan. Hori lortu ahal izateko, 200 m-tik gorako tunel guztietan egongo da larrialdietarako eta ustiapenerako erabilera-frekuentzien irrati seinaleen erretransmisioko sistema bat. Askotan ikusten ez badira ere, era horretako sistema behar izango da ere tunel laburragoetan, edozein arrazoi dela-eta estaldurarik ez duten tuneletan hain zuzen.

Ondoko zerbitzuen estaldura eman behar du, ahal dela, irratitelefoniako sistemak: ustiapena, mantentzea, artapena eta larrialdietako zerbitzuak:

- Tunel-zulo bakoitzaren barruko aldean.
- Tunel-zulo bakoitzeko sarreretan.
- Tunel-zuloen arteko komunikazio galerietan eta, hala denean, tunelearen artekoetan.

Lokal teknikoetan gutxieneko zerbitzuen estaldura irratielektrikoa izatea gomendatzen da.

#### 6.3.1. Irratitelefoniako sistemaren helburua

Funtsezko xedea betetzen du tunelearen barruko irratikomunikazioak bermatu nahiak: Segurtasuna.

Irratitelefoniako sistemak eraginkortasun handiagoa bermatzen die laguntzako eta segurtasuneko zerbitzuei; hala, tunelearen barruko segurtasuna hobetu egiten da, zeren eta larrialdietako zerbitzuek, edozein gorabeherak eragindako egoera larrietan, komunikazio sistema eraginkorra baitute, larrialdietan inplikaturik dauden zerbitzu guztiak koordinatzen dituen.

Baldin eta irratitelefonia sistemaren barruan FM komertzialeko bandako emisoreen erradiodifusioa funtzionalitatea sartzen bada, beste abantaila bat du tunelean irrati bidezko entzuketa izateak: Errotasuna.

Baldin eta erabiltzaileek tunelearen barruan denbora luzean egon behar badute nahitaez, tunel luzea delako edo auto-pilaketak daudelako, irrati komertzialeko programak entzuteko aukerari esker, klausrofobiaren sententzia txikitu daiteke eta gainera erabiltzaileak erosoago egon daitezke.

— Estación de trabajo: permite a los operadores de consola gestionar el sistema, administrar los reproductores y mensajes. La estación de trabajo incluye también el pupitre microfónico, desde el cual se puede enviar mensaje en tiempo real o realizar grabaciones para su repetición posterior.

— Servidor de Megafonía: concentra todas las peticiones de las estaciones de gestión y sistemas externos generadores de mensajes automáticos, transmitiéndolos a los diferentes gestores locales de megafonía distribuidos en la red, pudiéndose administrar en remoto a través de las estaciones de los operadores.

También se instalarán preamplificadores, elementos generadores automáticos de avisos, las placas electrónicas, el software de control y del sistema operativo, etc.

### 6.3. Radiotelefonia. Retransmisión por radio

El túnel es un medio cerrado y confinado donde los servicios encargados de la explotación y de la seguridad necesitan disponer de una continuidad de comunicación de radio cuando deban intervenir. De la misma forma los usuarios valoran conservar la recepción de la señal de emisoras comerciales e incluso de la telefonía móvil.

Ahora bien, excepto circunstancias muy excepcionales, los túneles representan «zonas de sombra» en las cuales las ondas hercianas utilizadas no se propagan.

El sistema de radiotelefonia o de retransmisión de radio del túnel se encarga de proporcionar un servicio de comunicaciones de radiofrecuencia en el interior del túnel, con prestaciones como las que se dan en el exterior del mismo, dado que lo único que se hace es una extensión de la cobertura radioeléctrica existente en el exterior de los túneles al interior de los mismos.

Todos los túneles, en su interior, deben disponer de cobertura de radiocomunicaciones para los servicios de emergencia. Para conseguir esto, todos los túneles con una longitud superior a 200 metros deben disponer de un sistema de retransmisión de señales de radio de las frecuencias de uso para emergencias y explotación. Aunque sea poco frecuente, también será necesario este tipo de sistema en aquellos túneles de longitud inferior que por cualquier motivo no dispongan de cobertura.

El sistema de radiotelefonia debe procurar cobertura de los servicios de explotación, mantenimiento, conservación y los servicios de emergencia:

- El interior de cada uno de los tubos que constituyen los túneles.
- En los accesos de cada uno de los tubos.
- En galerías de comunicación entre tubos y en su caso entre túneles.

Se recomienda que los locales técnicos posean cobertura radioeléctrica de los servicios mínimos.

#### 6.3.1. Objetivo del sistema de radiotelefonia

La voluntad de garantizar las radiocomunicaciones en el interior de los túneles contempla un objetivo esencial: La seguridad.

El sistema de radiotelefonia garantiza a los distintos servicios de ayuda y seguridad una mejor eficacia, incrementando la seguridad en su interior, ya que en condiciones extremas producidas por cualquier incidencia, los servicios de emergencia disponen de un sistema de comunicaciones eficaz que posibilita la coordinación de todos los servicios involucrados en el mismo.

En el caso de que el sistema de radiotelefonia incluya la funcionalidad de radiodifusión de emisoras en la banda de FM comercial, la continuidad de la escucha de radio en el túnel tiene otra ventaja: La comodidad.

En túneles donde los usuarios se ven obligados a estar un tiempo importante, ya sea por su longitud o debido a congestión del tráfico, la posibilidad de escucha de programas de radio comercial, permite reducir el efecto de claustrofobia además de aumentar el confort de los usuarios.

Emisore komertzialen erretransmisioko zerbitzua sartzen bada, sistemak erabiltzaileentzako segurtasun-mezuak jartzeko aukera eman behar du, eta seinale komertzialaren emisioa eten egingo da.

Aurretik grabaturiko mezuak berriz transmititzeko modua eman behar du sistemak tunela ebakutzeko laguntza gisa, betiere operadoreak mezu bakoitzean esku hartu behar izan barik. Funtzionalitate osagarri hori izanik, irratitefoniako sistema mefagoniako sistemaren eta seinaleztapen dinamikoaren euskaria da.

Baldin eta irratitefoniako sistemak irriti mugikorrek estaldura ematen badu tunelaren barruan, erabiltzaileek kanpoarekin komunikatzeko aukera dute, eta edozein gorabeherari buruzko informazioa eman dezakete.

### 6.3.2. *Transmititu beharreko irratikomunikazioak*

Hauexek dira errepedeko tuneletan erretransmititu daitezkeen irratikomunikaio-motak:

#### — Irratitelefonia pribatua.

Ustiapen, mantentze, artapen eta larrialdietako zerbitzuek erabiltzen dituzte irratitelefono pribatuak. Irratitelefono horiek modu erdi-duplexean funtzionatzen dute, eta bi frekuentzia behar dituzte kanal bakoitzeko: bata emititzeko eta beste jasotzeko.

#### — Emisore komertzialen erradiodifusioa.

Soilik FM komertzialeko banda aurreikusi ohi da (88 - 108 MHz). Tunelaren barruan edo irteeran gorabeheraren bat gertatuz gero, sistema hau baliatzen da emisore komertzialaren seinalea eteteko eta haren ordean erabiltzaileentzako abisua jartzeko.

Mezu horiek emisore komertzialeko frekuentzian kontrolero zentroko operadorearen mahai bakoitzean jarritako mikrofono batetik edo ordenagailuak erreproduzituriko eta aurretik grabaturiko mezuen bidez (hizkuntza batean edo hainbat hizkuntzatan) emititzeko modukoak izan behar dute.

#### — RDS sistema.

Irrati bidezko datuen sistemak (RDS edo Radio Data System) FM-ko azpieroamailea erabiltzen du datuak abiadura txikiarekin transmititzeko (250 bps gutxi gorabehera) seinale hori dekodifikatzeko bereziki prestatuak dauden hartzaileetara. RDSak hainbat zerbitzu dakartza, eta horietatik RDS-TA (Traffic Announcement) eta RDS-TMC (Traffic Message Channel) beren beregi daude diseinatuta trafikoko informazioa zabaltzeko.

Emisoreen erretransmisio sistemak, banda komertzialean, ez du RDS informazioa ukitu behar.

#### — Irratitelefonia mugikor zelularra

GSM telefono mugikorren zerbitzuek, 900 MHz eta 1.800 MHz-ko frekuentzia bandak dituztenek, erretransmisio sistema behar izango dute tunelaren barruko aldean, estaldura-mailari eutsi ahal izateko.

Tunelako gainerako instalazioekin batera edo geroago jar daiteke sistema hau.

Geroago jartzen bada, kontuan hartu behar da sistema honetako eragiketa-frekuentziak nahikoa urrun daudela FMko emisore komertzialen frekuentzia-bandetatik eta irratitelefonia mugikor pribatuko bandetatik; hori dela-eta, ezin izango da kable irradiatzaile bera erabili. 2 km-ko tuneletan edo hori baino tunel laburragoetan, antena direktiboak erabiltzea aukeratu daiteke, tuneleko aho bakoitzeko barruko aldera bideratuta, baina tunel luzeagoetan baliteke kable irradiatzailea edo barruko antenak erabiltzea izatea irtenbide bakarra. Hor-taz, tunel luzeetan (2 km-koak baino luzeagoak) aurreikus daiteke hasieratik GSM irratitefoniako erretransmisio mugikorra.

En el caso de incorporar el servicio de retransmisión de emisoras comerciales, el sistema debe posibilitar la inclusión de mensajes de seguridad destinados a los usuarios, interrumpiendo la emisión de la señal comercial.

El sistema deberá permitir la emisión reiterativa de mensajes pregrabados de radio en las emisoras comerciales, sin necesidad de intervención del operador en cada uno de ellos, como medio de ayuda a la evacuación del túnel. Con esta funcionalidad añadida, el sistema de radiotelefonía sirve de apoyo al sistema de megafonía y a la señalización dinámica.

Si el sistema de radiotelefonía dota de cobertura en el interior del túnel de telefonía móvil, los usuarios pueden comunicarse con el exterior, pudiendo informar sobre cualquier incidente.

### 6.3.2. *Radiocomunicaciones a retransmitir*

Los distintos tipos de radiocomunicaciones que es posible retransmitir en los túneles de carretera son los siguientes:

#### — Radiotelefonía privada.

Los radioteléfonos privados son utilizados por los servicios de explotación, mantenimiento, conservación y de emergencia. Estos radioteléfonos operan generalmente en modo semidúplex, requiriendo dos frecuencias por canal: una para la emisión y otra para la recepción.

#### — Radiodifusión de emisoras comerciales.

Normalmente se contempla únicamente la banda de FM comercial (88 a 108 MHz). En caso de ocurrir un incidente en el interior o en la salida del túnel, se aprovecha este sistema para interrumpir la señal de la emisora comercial y sustituirla la por un aviso a los usuarios.

Estos mensajes se deberán emitir en las frecuencias de las emisoras comerciales, obteniendo la fuente de audio de un micrófono instalado en cada mesa de operador en el centro de control o de mensajes pregrabados reproducidos por ordenador, en una o varias lenguas.

#### — Sistema RDS.

El sistema de datos vía radio (RDS o Radio Data System), utiliza una subportadora de FM para transmitir datos a baja velocidad (unos 250 bps) a receptores especialmente preparados para decodificar esta señal. RDS contempla varios servicios, de los cuales RDS-TA (Traffic Announcement) y RDS-TMC (Traffic Message Channel) están específicamente diseñados para la difusión de información de tráfico.

El sistema de retransmisión de emisoras en la banda comercial no deberá afectar a la información RDS.

#### — Radiotelefonía móvil celular

Los servicios de teléfonos móviles GSM, cuyas bandas de frecuencia son 900 MHz y 1.800 MHz, requerirán un sistema de retransmisión en el interior de los túneles para mantener la cobertura.

Este sistema podrá ser instalado a la vez que el resto de las instalaciones del túnel o con posterioridad.

Si se instala con posterioridad debe tenerse en cuenta que las frecuencias de operación de este sistema se alejan considerablemente de las bandas de frecuencia de emisoras comerciales en FM y de las de la radiotelefonía móvil privada, por lo no podrá utilizarse el mismo cable radiante. En túneles cuya longitud sea de unos 2 Km o inferior se podrá optar por la utilización de antenas directivas orientadas hacia el interior del túnel en cada boca, pero en túneles de longitud superior es posible que el cable radiante o la utilización de antenas interiores sean la única solución, por lo que se recomienda que en túneles largos (más de 2 Km) se contemple este la retransmisión de radiotelefonía móvil GSM desde un principio.

### 6.3.3. Irratitefoniako sistemen egitura

#### 6.3.3.1. Berriz transmititu beharreko frekuentzia espektra

Irratitefoniako sistemak zerbitzu-multzoa ematen du tunelean, eta multzo hori proiektua idazterakoan zehaztu behar da. Tunel guztien barruan irratikomunikazio mugikorak izatea eskatuko da gutxienez, eta irratitefoniako sistema bat jarriko da, larrialdietako, ustiapeneko, artatzeko eta mantentzeko zerbitzuetarako nahikoa seinale-maila edo barruko aldean onartezina den seinale-maila dagoen tuneletan.

Horrela, ondoko zerbitzuetako irratitefonia pribatuko sistemetarako estaldura izan behar dute tunel guztiak:

- SOS DEIAK.
- Su itzaltze eta salbamendu zerbitzua: suhiltzaileak.
- Osasun zerbitzuak: DYA eta Gurutze Gorria.
- Ertzaintza.
- Tunelaren ustiatzailea.

Irratitefoniako proiektua egitean, aipaturiko zerbitzu bakoitzaren laneko frekuentziak izan behar dute abiapuntua, baita tunelaren barruan gehituriko erradiodifusioko zerbitzuak ere.

#### 6.3.3.2. Irrati bidez erretransmisioaren sistemaren deskribapena

##### 6.3.3.2.1. Tuneleko seinaleak hartzeko azpisistema

Tuneleko seinaleak hartzeko azpisistemak bat egiten du tuneleko kanpoko aldeetan komunikazio sistemaren estaldura ematen duten irratiko estazioekin. Azpisistemaren xedea tuneleko komunikazio sisteman sartu beharreko zerbitzuen kanpoko errepikatzaileen seinaleak hartzea da, baita erretransmisioko azpisistemara bidaltzea ere; izan ere, tunelaren barruko estaldura emateko funtzioa du azpisistema horrek.

Azpisistema hau mastan jarritako lotura-antenen sare batekin dago osatuta. Lotura-antenen sistemak tuneleko komunikazio sisteman sartu nahi diren irratiko komunikazio kanaletako estazio errepikatzaileetarako seinaleak transmititzen eta horietatik datozen seinaleak jasotzen ditu, baita emisore komertzialei dagozkien seinaleak jaso ere.

Jarri beharreko antenak antena direktiboak izango dira RF seinaleak transmititu eta jaso behar direnean hurbilen dagoen estazio errepikatzailearekin (larrialdi zerbitzuak, telefonia mugikorra,...) edo norabide oroko antenak izango dira estazio errepikatzaileetatik jasotzen dituen seinaleak (emisore komertzialak).

Antena bakoitza elikatze azpisistemarekin konektatzen da kable koaxial baten bitartez.

##### 6.3.3.2.2. RF seinalea elikatzeko azpisistema

Antenen azpisistemak kanal-anplifikadoreen (bi norabidekoak edo norabide bakarrekoak) edo transzeptoreen sistema baten bidez hartzen dituen RF seinaleak amplifikatzen ditu azpisistema honek. Kontrako norabidean, berriz, azpisistema honek sistema irradiatzaileko RF seinaleak hartu, amplifikatu eta antenen sistemara transmititzen ditu.

Seinalea tratatzeko dispositibo-multzo batek osatzen du azpisistema (transmisoreak, hartzaileak, konbinatzaileak eta amplifikadoreak).

Banda anitzeko sistema multiakoplatzailearen sistemak sarrera bakarra ematen du transmisio bidetik, eta irteera bakarra tuneletatik datozen eta tunelera doazen seinaleak jasotzeko bidetik; hartara, frekuentzia-banda ezberdinetan dauden seinaleak konbinatzen dira.

Sistema honetako ekipoak tuneleko ahoetako baten inguruan edo barruan daude jarrita, eta RF seinaleak azpisistema irradiatzailea elikatuz, eta alderantziz hartzen ditu azpisistema irradiatzailearen RF seinaleak eta antenen azpisistemara transmititzen ditu, estazio errepikatzaileara transmititu ditzan.

### 6.3.3. Estructura de los sistemas de radiotelefonía

#### 6.3.3.1. Espectro de frecuencias a redifundir

El sistema de radiotelefonía proporciona un conjunto de servicios en el túnel que debe ser definido en el momento de la redacción del proyecto. Se exige como mínimo que todos los túneles dispongan en su interior de cobertura de radiocomunicaciones móviles, instalando un sistema de radiotelefonía en los túneles que tengan un nivel de señal insuficiente o no admisible en su interior, para los servicios de emergencias, explotación, conservación y mantenimiento.

De este modo, todos los túneles deben tener cobertura en los túneles para los sistemas de radiotelefonía privada de los siguientes servicios:

- SOS DEIAK.
- Servicio de extinción de incendios y salvamento: bomberos.
- Servicios sanitarios: DYA y Cruz Roja.
- Ertzaintza.
- Explotador del túnel.

En la realización del proyecto de radiotelefonía se deberá partir de las frecuencias de trabajo de cada uno de los servicios indicados, así como de los servicios de radiodifusión añadidos en el interior del túnel.

#### 6.3.3.2. Descripción del sistema de retransmisión de radio

##### 6.3.3.2.1. Subsistema de captación de señales del túnel

El subsistema de captación de señales del túnel se encarga de enlazar con las estaciones radio que proporcionan cobertura del sistema de comunicaciones en las zonas exteriores de los túneles. Su función es capturar las señales de los repetidores externos de los servicios a incorporar al sistema de comunicaciones del túnel y de su envío al subsistema de retransmisión, encargado de realizar la cobertura interior del túnel.

Este subsistema se compone de una red de antenas de enlace instaladas en mástil. El sistema de antenas de enlace es el encargado de transmitir y recibir las señales procedentes y destinadas a las estaciones repetidoras de los canales de comunicaciones radio que se desean incorporar al sistema de comunicaciones del túnel, así como de recibir las señales correspondientes a las emisoras comerciales.

Las antenas a instalar son directivas cuando se debe transmitir y recibir señales de RF con la estación repetidora más cercana (servicios de emergencia, telefonía móvil,...) u omnidireccionales cuando únicamente ésta recibe las señales de las estaciones repetidoras (emisoras comerciales).

Cada una de las antenas se conecta a su respectivo subsistema de alimentación de señal a través de un cable coaxial.

##### 6.3.3.2.2. Subsistema de alimentación de señal de RF

Este subsistema amplifica las señales de RF captadas por el subsistema de antenas mediante amplificadores de canal (bidireccionales o unidireccionales) o por un sistema de transceptores. En sentido contrario este subsistema toma las señales de RF del sistema radiante, las amplifica y las transmite al sistema de antenas.

El subsistema se compone del conjunto de dispositivos de tratamiento de la señal (transmisores, receptores, multiacopladores, combinados y amplificadores).

El sistema multiacoplador multibanda se encarga de proporcionar una única salida de la vía transmisión y una única salida de la vía de recepción de las señales procedentes y destinadas al túnel, mediante la combinación de las señales que se encuentran en bandas de frecuencias diferentes.

Los equipos de este sistema se encuentran instalados en las proximidades de una de las bocas del túnel o en su interior, alimentando al subsistema radiante de las señales de RF, y de modo inverso toman las señales de RF del subsistema radiante y las transmiten hasta el subsistema de antenas para que las radie a la estación repetidora correspondiente.



### 6.3.3.2.3. Seinaleak tunelean erretransmititzeko sistema

Tunelaren barruko seinaleak erretransmititzeko sistemak tune-laren barruko estaldura irratiektrikoa ematen du. Tunelean komu-nikazioei eskatzen zaien ahalik eta fidagarritasun eta segurtasun handiena izanik, honako unitate hauek osatzen dute sistema:

- Sistema irradiatzailea.
- Tuneleko estaldurako ekipo anplifikadoreen sistema.

#### SISTEMA IRRADIATZAILEA

Bi teknika erabiltzen dira tunelen barruan irrati-frekuentziaren potentzia jasotzeko eta transmititzeko: antena direktiboak edo kable irradiatzailea.

- Seinele erradioelektrikoak irradiatzeko sistema gisa antena direktiboak erabiltzeko, tunelaren barruan berriz hedatuko den antena bat behar da kanal bakoitzerako; hori dela-eta, irtenbide horrek kanal kopuru handia eska dezake. Gainera, frekuentzia-banden, kanalen arteko frekuentzien arteko tar-tearen, tunelaren zoladuraren (metalezkoa edo ez) eta tune-laren sekzioaren (sekzio txikiagoak babes txikiagoa emango du, ibilgailuak eurak direla-eta) arabera, gerta daiteke antena-kopuru handia behar izatea.

Oro har, ez da sistema hau gomendatzen tunel luzeetan edo erabilitako frekuentzia kopuru altua denean, baina kasu bakoit-zeko azterlan espezifiko batek kontrako ondorioa ater-lezake.

Horrenbestez, kable irradiatzaileko erradiazio sistema era-biliko da beti, eta antenen bidezko sistema proposatuko da soilik hura jartzea justifikatzen duen azterlana badago.

- Kable irradiatzaileak, irradiazio sistema den aldetik, eten-gabe hedatzen ditu seinale irratielektrikoak tunel osoan zehar. Era horretako instalazioak erabiliz, kable berean hainbat fre-kuentzia heda daitezke.

Kable irradiatzaileak aldi berean nahi beste kanal izan ditzake, betiere kable irradiatzailearekiko konexioa egiteko beharrezko unitate multiakoplatzaileak badira. Gainera, irratitelefonia zelu-larreko sistemak jartzeko modua ere badago, baita FM edo AM emisore komertzialetako seinaleak igortzeko ere.

Kable irradiatzailea kable koaxiala da, kanpoko hodian zen-bait irekiera egin zaizkiona, eta irekiera horiei esker, tune-leko seinaleen eta kableen irradiazioa gertatzen da. Izan ere, komunikazioa ere gerta daiteke tuneleko terminalen artean edo oinarizko estazioarekin.

Kable irradiatzailearen bidezko komunikazioei ez diete eragi-ten tuneletako neurriek edo frekuentzia-bandek; eragozpen gisa aipa daiteke kostu materiala eta instalazioaren kostuak ohiko antenen sistemakoak baino handiagoak izatea. Sistemaren diseinu egokiari esker, beste inguruabar batzuek ukitzen ez duten seinale-maila ber-matzen da, tuneletako trazaketa osoko komunikazioa.

### 6.3.4. Irrati-telefoniaren sistemaren eskakizunak

Kontrol zentralizatuko sistemak gainbegiratu eta kontrolatu behar du irratitelefoniaren sistema.

Baldin eta tunelaren barruan emisore komertzialeei dagokien zerbitzua jartzen bada, irratitelefoniako sistemak erabiltzaileei segurtasun mezuak frekuentzia horietan erretransmititzeko modua eman behar du.

Mezu horiek emisore komertzialetako frekuentzian kontro-leko zentroko operadorearen mahai bakoitzean jarritako mikrofono batetik edo ordenagailuak erreproduzituriko eta aurretik grabatu-riko mezuen bidez (hizkuntza batean edo hainbat hizkuntzatan) emi-titzeko modukoak izan behar dute.

### 6.3.3.2.3. Sistema de retransmisión de señales en el interior del túnel

El sistema de retransmisión de señales en el interior túnel se encarga de realizar la cobertura radioeléctrica en el interior del túnel. Con la estructura de máxima fiabilidad y seguridad de las comu-nicaciones en su interior exigida, este sistema está compuesto por las siguientes unidades:

- Sistema radiante.
- Sistema de equipos amplificadores de cobertura en túnel.

#### SISTEMA RADIANTE

Dos son las técnicas empleadas en la transmisión y recepción de potencia de radiofrecuencia dentro de los túneles: antenas direc-tivas o cable radiante.

- El uso de antenas directivas como sistema de radiación de señales radioeléctricas requiere una antena por cada canal que se redifunda en el interior del túnel, por lo que esta solución puede requerir un número importante de antenas. Además, dependiendo de la banda de frecuencias, de la separación de frecuencias entre canales, del trazado del túnel, del revestimiento del túnel (metálico o no) y de la sección del túnel (una menor sección aumenta la atenuación debida a los propios vehículos) podría ser requerido un gran número de antenas.

En general, no se recomienda este sistema en túneles lar-gos o cuando el número de frecuencias utilizadas es ele-vido, pero un estudio específico de cada caso podría con-cluir lo contrario.

En conclusión, se utilizará siempre un sistema de radiación basado en cable radiante, y sólo se propondrá un sistema basado en antenas con un estudio que lo justifique.

- El cable radiante como sistema de radiación difunde de manera continua en toda la longitud del túnel señales radio-eléctricas. Esta clase de instalación permite difundir sobre un mismo cable varias frecuencias.

El cable radiante puede simultanear tantos canales como se deseen siempre y cuando se disponga de las unidades multiacopladores necesarias para su conexión al cable radiante. También permiten incorporar sistemas de radio-telefonía celular así como la emisión de señales procedentes de emisoras de FM o AM comerciales.

El cable radiante es un cable coaxial al que se le han prac-ticado una serie de aberturas en el conductor exterior, las cuales permiten la radiación de señales y tendido a lo largo de un túnel, las comunicaciones entre terminales que se encuentran en su interior o bien con su estación base.

Las comunicaciones mediante cable radiante no se ven con-dicionadas por las dimensiones de los túneles o bandas de fre-cuencias; como aspecto negativo podemos indicar que los costes materiales e instalación son superiores a los de los sistemas de antenas convencionales. Un adecuado diseño del sistema asegura con un nivel de señal no afectado por otras circunstancias, la comu-nicación en todo el trazado de los túneles.

### 6.3.4. Requisitos del sistema de Radiotelefonía

El sistema de radiotelefonía debe ser supervisado y contro-lado por el Sistema de Control Centralizado.

En el caso que se incorpore en el interior del túnel el servicio de redifusión emisoras comerciales, el sistema de radiotelefonía deberá permitir la retransmisión de mensajes de seguridad en estas frecuencias a la atención de los usuarios.

Estos mensajes se deberán poder emitir en las frecuencias de las emisoras comerciales desde un micrófono instalado en cada mesa de operador en el Centro de Control o mediante mensajes pregrabados reproducidos por ordenador, en una o varias lenguas.

**6.3.4.1. Sistemaren komunikazioaren erraztasunen deskribapena**

Komunikazioak erretransmititzeko sistemari esker, hainbat zerbitzu izango dira tunelaren barruan dauden irrati terminalen komunikazioetan hura osatzen duten kanal eta zerbitzu bakoitzean. Jarraian, horietako bakoitzak komunikaziorako ematen dituen zerbitzuak azalduko dira:

- Irrati mugikorreko edo eramangarriko terminala tunelaren barruan; terminal mugikorra edo eramangarria du tunelaren barruan ere.
- Irrati mugikorreko edo eramangarriko terminala tunelaren barruan, oinarrizko estazioa edo kontroleko zentroa zerbitzuak ematen diren tokian izanik eta alderantziz
- Irrati mugikorreko edo eramangarriko terminala tunelaren barruan, tuneletik kanporako irrati mugikorreko eramangarriko terminala izanik errepikagailuen estaldurapean edo zerbitzuko estazioaren estaldurapean eta alderantziz.

**7. KONTROL ZENTRALIZATUKO SISTEMA****7.1. Sarrera**

Kontrol zentralizatuaren sistemari esker, kontroleko zentroko operadoreek segurtasun eta zaintzako sistemak osatzen dituzten ekipoak eta instalazioak (argiteria, aireztapena, trafikoaren kudeaketa, CCTV eta GAD, suaren kontrako sistemak, komunikazio sistemak, etab.) gainbegiratzeko, monitorizatzeko eta horietan jarduteko modua dute. Aldi berean, horretarako alarma teknikoak dituzten instalazioak edo sistemak kontrolatzen ditu sistemak. Tuneleko Segurtasunari buruzko Foru Dekretuan ezarri denez, I. eta II. motako tunel guztiek kontrol zentralizatu izan behar dute segurtasun eta zaintzako sistemak aurkeztean.

Kontrol zentralizatuaren xedea larrialdiak detektatzea eta halakoetan berehala jardutea da sistema ezberdinetan. Segurtasuna izateko lehenetsunezko helburuaz gain, kontrol zentralizatuak sistemak, tuneletako zaintza, kontrol eta segurtasuneko instalazioak kontrolatu, kudeatu eta koordinatzeko arduraduna den aldetik, honako baldintza hauek lortzea du helburu:

- Gidatzeko baldintzetan ahalik eta segurtasun eta erosotasun handiena ematea erabiltzaileari tuneletik doanean, baita tunela ustiatzen eta mantentzen duten operadoreei ere.
- Gailuen errendimendu egokia: ekipoen segurtasuna, ekipoen iraupena luzatzea, energia baliabideak gutxitzea, ustiapenaren zerbitzurako esku-lana murriztea.
- Sistema guztien funtzionamendu erregularra, egonkorra eta koordinatua.

Landako ekipoen datuak eta informazioa eskuratzen ditu kontrol zentralizatuak sistemak, ezarritako kontroleko algoritmoen arabera agindu egokiak sortuz prozesatzen du informazioa, eta landako elementuei transmititzen die.

Landako ekipoek lorturiko datuak eta informazioa kontroleko zentrori transmititzen dira, non tunelaren eta instalazioen egungo egoera erakusten baita eta sistemen gaineko jarduketak egiten baitira. Jarduketa horiek landako ekipoei transmititzen zaizkie. Hala, honako ataza hauek bete ditzake tuneletako kontrol zentralizatuak sistemak:

- Landako ekipoek sortutako datuak eta informazioa eskuratzea. Datu horien artean, sentsoreek eginiko neurketak zein landako sistemaren eta ekipoen funtzionamenduaren egoeraren gaineko alarma teknikoak daude.
- Neurketa eta alarma tekniko guztiak transmititzea landako ekipo bakoitzetik kontroleko zentroraino.
- Sentsoreetako informazio guztia prozesatzea, tunelaren egoerari buruzko informazioa denbora errealean erakutsiz eta segurtasun eta zaintzako sistemak emandako informazioa eskuratzeko modua emanez.
- Gorabeherak antzematea sentsoreek sortutako alarmen eta neurketen bidez. Ekintzak gorabehera horien arabera bete-araziko dira.

**6.3.4.1. Descripción de las Facilidades de comunicación del sistema**

El sistema de retransmisión de comunicaciones permitirá una serie de facilidades de comunicación de los terminales radio que se encuentran en el interior del túnel para cada uno de los canales ó servicios que lo integran. A continuación se describen las facilidades de comunicación de cada uno de ellos:

- Terminal radio móvil ó portátil dentro del túnel con terminal móvil ó portátil también dentro del túnel.
- Terminal radio móvil ó portátil dentro del túnel con su estación base ó centro de control en la población en donde presta sus servicios y viceversa
- Terminal radio móvil ó portátil dentro del túnel con terminal radio móvil ó portátil fuera del túnel que se encuentre bajo la cobertura de los repetidores ó estación de cobertura del servicio correspondiente y viceversa.

**7. SISTEMA DE CONTROL CENTRALIZADO****7.1. Introducción**

El control centralizado es un sistema que permite a los operadores del centro de control supervisar, monitorizar y actuar sobre los equipos e instalaciones del túnel que forman los sistemas de seguridad y vigilancia (Alumbrado, Ventilación, Gestión de Tráfico, CCTV y DAI, Sistemas Contra Incendios, Sistemas de Comunicaciones, etc.). Al mismo tiempo, el sistema realiza un control de las distintas instalaciones o sistemas que dispongan de alarmas técnicas para tal fin. Todos los túneles de Tipo I y II según se indica en el Decreto Foral de Seguridad en Túneles deben disponer de control centralizado al presentar sistemas de seguridad y vigilancia.

El control centralizado tiene por objetivo principal la rápida detección de las emergencias y su inmediato tratamiento con actuación sobre los distintos sistemas. Además del objetivo primordial de la seguridad, el sistema de control centralizado, como encargado de controlar, gestionar y coordinar las instalaciones de vigilancia, control y seguridad de los túneles, tiene como objetivo conseguir las siguientes condiciones:

- Una máxima seguridad y comodidad en las condiciones de conducción para el usuario en el tránsito por el túnel, así como para los operadores que realizan la explotación y mantenimiento del mismo.
- Un óptimo rendimiento de los dispositivos: seguridad de los equipos, alargamiento de su vida útil, minimización de recursos de energía, reducción de la mano de obra al servicio de la explotación.
- Funcionamiento regular, estable y coordinado de todos los sistemas.

El sistema de control centralizado adquiere los datos e información de los elementos instalados en campo, procesa la información generando las órdenes adecuadas según los algoritmos de control implementados y las transmite a los elementos de campo.

Los datos e información obtenidos de los equipos de campo son transmitidos a un centro de control en el que se muestra el estado actual del túnel y de sus instalaciones y se realizan actuaciones sobre los distintos sistemas. Estas actuaciones se transmiten a los equipos situados en campo. De esta forma, el sistema de control centralizado de túneles realiza las siguientes tareas:

- La adquisición de la información y datos generados por los equipos instalados en campo. Entre estos datos se encuentran tanto las medidas realizadas por los sensores como las alarmas técnicas del estado de funcionamiento de los equipos y sistemas de campo.
- La transmisión de todas las medidas y alarmas técnicas desde cada uno de los equipos de campo hasta el Centro de Control.
- Procesado de toda la información proveniente de los diferentes sensores, mostrando la información del estado del túnel en tiempo real y permitiendo el acceso a toda la información proporcionada por los sistemas de seguridad y vigilancia.
- Detección de incidentes a partir de las medidas y alarmas generadas por los sensores. Ejecución de acciones en función de estos incidentes.

- Tuneletan eta sarreretan jarritako ekipoei eta sentsoreei aginduak transmititzea, eskuz edo programaturiko jarduketara-estragien arabera.
- Historikoen erregistroa eta ondorengo kontsulta.

Kontrol zentralizatuko sistemak tuneleko segurtasun eta zain-tzak gainerako sistemekin batera jardun behar du, guztiak batera kudeatuta tunela unitate bakar baten gisa kontrolatzeko, halako moldez non sistemak emandako datuek automatikoki jarduteko modua emango baitute inplikaturiko beste edozein sistematan.

Kontrol zentralizatuko sistemak honako hauek egiteko modua eman behar die kontroleko zentroko operadoreei:

- Sistemetako landako gailu guztien funtzionamenduaren egoera denbora errealean jasotzea eta erakustea.
- Modu automatikoan, erdi automatikoan (kontroleko zentroko operadoreak baieztatuta) edota eskuz jardutea horretarako jarriko dira gailuetan.

Zentro batetik gainbegiratu eta kontrolatu behar dira sistema guztiak; zentroa tunelekoa izan daiteke soilik, edo bestela hainbat tuneletakoa. Ustiapen bereko tunel guztiak kontroleko zentro bakarretik kontrolatuko dira. Horretarako, zentralizazioa gela bakarrean izatea ahalbidetzen duen komunikazio sistema jarriko da.

Baldin eta Aldundiak Malmasinen duen Kontroleko Zentrotik kontrolatzen bada tunela, sistemak Aldundiaren kontroleko softwarean integratu behar dira (SICOTIE edo une horretan indarrean dagoena). Tunelak bere mailan kontrolatzeko ahalmena duten TUEUko ekipoei irudiak esportatzeko ekipoa eta bitartekoak izan behar dituzte eta, gainera, Aldundiaren zentrotik denbora errealean erabilgarri izan behar dute. Bestalde, sistema guztiak Aldundiaren kontroleko softwarean integratu behar dira.

Kontrolaren arkitekturaren oinarria Kontrol Zentralizatuko Logika Banatuko Sistema bat da. Sistemetako kontrolaren logika (kontroleko algoritmoak) tunelean zehar banatuta dauden eta landako ekipoa toki mailan kontrolatzeko ahalmena duten TUEUko ekipoei (Tuneletako Urrutiko Estazio Unibertsala) daude integratuta. Kontrol zentralizatua da, zeren segurtasun eta zaintzako sistemetako kontroleko zentrotik alda baitaitezke algoritmoak.

Hauexek dira kontrol zentralizatuko sistema osatzen duten elementu nagusiak:

- Landako kontroleko sarea. Tunelean edo sarreretan sortutako datuak eta informazioa eskuratzeko eginkizuna du, baita aginduak kontroleko zentrotik landako ekipoei transmititzeko ere. Hauexek osatzen dute:
  - Landako ekipoa. Modu zentralizatuan tuneletan edo sarreretan jarritako ekipoa kontrolatu nahi direnean.
  - I/S-ko moduluak. Landako ekipoen sarrerak eta irteerak, analogikoak zein digitalak, eta serieko loturen bidez transmitituriko horien informazioa urrutiko I/S-ko modulu bidez integratzen dira sisteman. TUEUen eta tuneletako instalazioen landako ekipoen arteko interfaze funtzioa betetzen dute. Datuak kontzentratzaileekin eskuratzeko arkitekturan erabiltzen dira.
  - TUEU (Tuneleko Urrutiko Estazio Unibertsalak). Haien helburua da tunelean jarritako landako ekipoei lortutako datuak eta informazioa biltzea, kontrolatu eta gainbegiratu beharreko instalazioen edo sistemen kontrol logiko banatua egitea, landako ekipoen datuak eta informazioa kontroleko zentrori transmititzea eta kontroleko zentrotik sortutako aginduak tuneleko sistema eta instalazio guztietara igortzea.

Prozesatzeko ahalmena dute, eta instalazioak kontrolatzeko logika ezarria dute oro ohar; gainera, horiek lotuta dauden sistemak kontrolatzen dituzte toki-mailan.

Datuak biltzeko, kudeatzeko eta transmititzeko elementuak dira, eta ekipoen eta kontroleko zentroaren arteko komunikazioa eta lotura egiten du. Urrutiko estazioek kon-

- Transmisión de órdenes a los equipos y sensores instalados en los túneles y sus accesos, bien manualmente o a partir de estrategias de actuación programadas.
- Registro de históricos y su posterior consulta.

El sistema de control centralizado deberá interactuar con el resto de sistemas de seguridad y vigilancia del túnel, gestionándolos de forma conjunta para controlar el túnel como una sola unidad, de forma que los datos suministrados por un sistema permitan actuar de forma automática sobre cualquier otro sistema implicado.

El sistema de control centralizado debe permitir a los operadores del centro de control:

- Obtener y mostrar el estado de funcionamiento en tiempo real de todos los dispositivos de campo de los distintos sistemas.
- Actuar de forma automática, semiautomática (con confirmación del operador del centro de control) y/o manual sobre los dispositivos instalados a tal fin.

Todos los sistemas deben ser supervisados y controlados desde un centro, que puede ser exclusivo de un túnel o común para varios túneles. Todos los túneles que pertenezcan a una misma Explotación se controlarán desde un Centro de Control único. Para ello se instalará un sistema de comunicaciones que permita esta centralización en una única sala.

Si el túnel se controla desde el Centro de Control de la Diputación en Malmasín, los sistemas deben integrarse en el software de control de la Diputación (SICOTIE o el que se encuentre en vigor en ese momento). Si el túnel dispone de Centro de Control de túneles propio, deberán disponer de equipos y medios para exportar todos los datos, información e imágenes adquiridas y que éstos estén disponibles en tiempo real desde el centro de la Diputación, e integrar todos los sistemas en el software de control de la Diputación

La arquitectura del control se basa en un Sistema de Lógica Distribuida con Control Centralizado. La lógica de control (algoritmos de control) de los sistemas se encuentra integrada en equipos ERUT (Estación Remota Universal de Túneles) que se encuentran distribuidos por el túnel y disponen de capacidad para controlar de forma local a los distintos equipos de campo. El control es centralizado ya que los algoritmos de control de los sistemas de seguridad y vigilancia, son modificables desde el centro de control.

Los principales elementos de los que consta el sistema control centralizado son:

- *Red de control en campo*: Es la encargada de la adquisición de la información y datos generados por los equipos instalados en el túnel o en sus accesos, y de transmitir las órdenes desde el centro de control hasta los equipos instalados en campo. Está constituida por:
  - Equipos de campo. Equipos instalados en el túnel o en sus accesos que se pretenden controlar de un modo centralizado.
  - Módulos E/S. Dispositivos capaces de adquirir y transmitir señales analógicas y digitales y/o comunicarse con equipos instalados en campo, a través de enlaces tipo serie. Sirven de interfaces entre las ERUTs y los equipos de campo de las instalaciones del túnel. Se emplean en la arquitectura de adquisición de datos con concentradores
  - ERUT (Estaciones Remotas Universales de Túnel). Su labor es concentrar los datos e información generada por los equipos de campo instalados en el túnel, realizar un control lógico distribuido de las distintas instalaciones o sistemas a supervisar y controlar, transmitir al centro de control los datos e información de los equipos de campo y de forma inversa enviar las órdenes generadas desde el centro de control a cada uno de los sistemas o instalaciones del túnel.

Las ERUTs poseen capacidad de proceso, disponiendo de forma integrada de la lógica de control de las instalaciones y realizan un control a escala local de los sistemas asociados a ella.

Son elementos de adquisición y transmisión de datos, realizando la conexión y comunicación de los diferentes equipos con el centro de control. Las remotas deben realizar

troleko oinarriko funtzioak eta komunikazioko funtzioak bete behar dituzte (mezuak prozesatzen dituzte, kontrola eta komunikazioko aginduak ematen dituzte eta haien menpeko elementuen eta kontrola zentroaren arteko komunikazioak kudeatzen dituzte).

- Landako tokiko aldeko sarea. LAN komunikazio sarea (Local Area Network) eta LAN eta TUEU konektatzeko ekipamendua biltzen ditu. Sare horrekin komunikatzen dira elkarrekin tunel bereko TUEUak elkarrekin, edo hurbileko tunelekiko komunikazioaren bidez. Ethernet sareak ezarri dira oinarritzat, baliabide tipiko gisa F.O. transmisioa izanik. Sare horien gainean TCP/IP protokoloak ezarri dira.

- *Garraioako sare nagusia*: Garraioako sare nagusia, tuneletan jarritako TUEU eta kontrola zentroaren arteko komunikazioa ahalbidetzen duena. Komunikazio guneen bidez egiten dira sare nagusiaren eta TUEUen arteko konexioak.
- *Kontrola zentroa*: Tuneletik edo tunel-multzotik datorren informazioa zentralizatzeke tokia da, eta bertatik bidaltzen dira landako ekipoetan jarduteko aginduak, zentroan programaturiko jarduketa-estrategiak abiapuntutzat hartuta. TUEUek atzemandako informazio guztia kontrola zentrori transmititzen da eta bertan prozesatu, gorde eta operadoreari erakusten zaio, tunelearen egoerari buruzko ikuspegi orokorra denbora errealean izan dezan. Operadoreak, kontrola zentroko operadorearen postuetatik, tuneletan dauden segurtasun eta zaintzako instalazio guztiak gainbegiratu eta kontrolatuko dituzte.

## 7.2. Landako kontrola zentroa

Landako kontrola zentroa TUEUen eta landako ekipoen artean komunikatzeko bidea da. Gainera, TUEUek eginko landako sistemen kontrol logiko osoa egiten du.

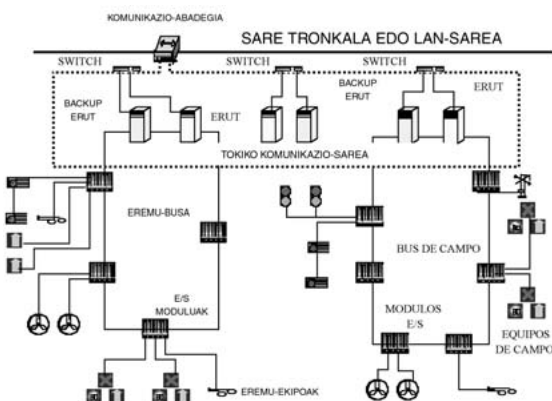
Landako kontrola zentroko sareak honako eginkizun hauek bete behar ditu:

- Landako ekipoek sortutako datuak eta informazioa eskuratzea; kontrola zentroko sistemen alarma teknikoak eta sentsoreak neurtzea.
- Kontrola zentroa gainbegiratu beharkeko sistemen kontrol logikoa, betiere kontrola zentroko aginduak landako ekipoei transmititzen.
- Tuneleko segurtasun eta zaintzako sistemen osatzen dituzten landako ekipoetatik lortutako datu guztiak eta informazioa kontrola zentroa transmititzea.
- Kontrola zentroko sortutako aginduak jasotzea eta jarduketa horiek landako ekipoei transmititzea.

### 7.2.1. Landako ekipoen sarearen arkitektura

#### 1. Arkitektura

Datuak kontzentratzaileekin eskuratzea. I/S-ko moduluek eskuratzen dituzten datuak, tunelean zehar landako ekipoekiko puntuz puntuko edo puntu anitzeko loturen bidez banatuak. I/S-ko moduluek TUEUei transmititzen dizkiete datuak eta informazioa merkatuan oso hedatuta dagoen eta hornitzaile bat baino gehiago duen landako bus estandarren bidez.



tanto funciones básicas de control como de comunicaciones (procesan mensajes, emiten órdenes de control y comunicación y gestionan las comunicaciones entre los elementos que despenden de ellas y el centro de control).

- Red de área local de campo. Incluye la red de comunicaciones LAN (Local Area Network) y el equipamiento para conectar a las ERUTs a la misma. Con esta red se comunican entre sí las distintas ERUTs del mismo túnel o incluso las de túneles próximos. Se establece como base la utilización de redes Ethernet, empleando como medio típico de transmisión F.O. Sobre estas redes se establecen protocolos TCP/IP.

- *Red Troncal de Transporte*: Red troncal de transporte que permite la comunicación entre el centro de control y las ERUT instaladas en los túneles. La conexión de las ERUT a la red troncal se realiza mediante Nodos de Comunicaciones.
- *Centro de Control*: Lugar donde se centraliza la información procedente del túnel o conjunto de túneles, desde donde se envían las órdenes para actuar sobre los equipos de campo a partir de estrategias de actuación programadas en el centro. Toda la información capturada por las ERUTs es transmitida al Centro de Control donde es procesada, almacenada y mostrada al operador para que este tenga una visión global y en tiempo real del estado del túnel. Desde los puestos de operador del Centro de Control el operador supervisará y controlará todas las instalaciones de seguridad y vigilancia que poseen los túneles.

## 7.2. Red de control en campo

La red de control de campo es el medio de comunicaciones entre las ERUTs y los equipos de campo. Además de realizar todo el control lógico de los sistemas de campo realizado desde las ERUTs.

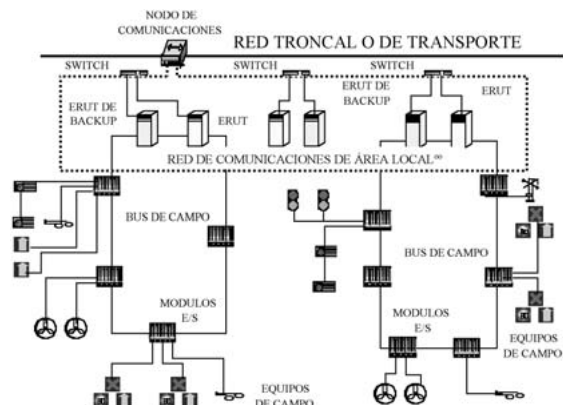
La red de control de campo tiene la siguiente funcionalidad:

- Adquisición de los datos e información generada por los equipos de campo; medida de los sensores y alarmas técnicas de los distintos sistemas a controlar.
- Control lógico de los sistemas a controlar y supervisar, transmitiendo las órdenes de control a los equipos de campo.
- Transmisión al centro de control de todos los datos e información adquiridos de los equipos de campo que forman todos los sistemas de seguridad y vigilancia del túnel.
- Recepción de las órdenes generadas desde el centro de control y la transmisión de estas actuaciones a los equipos de campo.

### 7.2.1. Arquitectura de la red de control de campo

#### Arquitectura 1

Adquisición de datos con concentradores. La adquisición de datos la realizan los módulos de E/S, distribuidos a lo largo del túnel a través de enlaces punto a punto o multipunto con los equipos de campo. Los módulos de E/S transmiten los datos e información de los equipos de campo a las ERUTs a través de un bus de campo estandarizado, de amplia difusión en el mercado y con más de un proveedor.





- CCTV eta GAD:
  - Bideoan oinarrituriko detekzio sistema automatikoez eragindako alarmak.
  - Sistema motorizatuaren kontrola eta ezaugarri horiek dituzten kameren zooma.
  - Irudiak grabatzeko sistema.
- Suaren kontrako sistemak:
  - Su alarmak (sentsore espezifikoek bidez edo beste alarma batzuk konbinatuz).
  - SUS aktibatze alarman edo itzalgailua kentzea.
  - Ebakuazioko atea irekitzeko alarma, lokal teknikoan.
- Ahotsa komunikatzeko sistemak:
  - Deia eskatzeko alarma SOS zutoinetan.
  - Megafonia jartzea SOS zutoinetan.
  - Megafonia mezuak igortzea.
  - Irrati sistema konbentzionalen bidezko larrialdi mezuak igortzea (sistema hori tunelean badago).
- Alarma teknikoak:
  - Elikatze elektrikoek eta komunikazioen sistemei buruzko alarma teknikoak.
  - Ekipo (ekipoaren egoera, matxurak detektatzea) eta sistema bakoitzak dakartzan neurri eta alarma tekniko espezifikoak.

### 7.2.3. I/S-ko moduluak

Landako ekipoen sarrerak eta irteerak, analogikoak zein digitalak, eta serieko loturen bidez transmitituriko horien informazioa urrutiko I/S-ko moduluen bidez integratzen dira sisteman, betiere bakoitzari dagokion TUEUrekin lotuta (Tuneleko Urrutiko Estazio Unibertsala) landako bus estandar, ireki eta oso hedatuaren bidez, eta Profibus delakoa gomendatzen da IEC 61185/EN 50170 arauaren arabera, homogeneizazioa dela eta. Modulu horien oinarriak «Field Independent Terminal Block» deritzen teknologia izan behar du. Modulu-bloke bakoitza goiburu batekin dago osatuta, eta goiburu horrek landako busarekiko komunikazio lanak egiten ditu; gainera, I/S-ko txartel modularrak ere baditu, hain zuzen ere seinaleak eskuratzeko eta landako ekipoen transmititzeko eginkizuna betetzen dutenak.

I/S moduluak, landako busarekin duen goiburuko interfazea izanik, tuneleko horma pikoetan jarritako SOS zutoinetako armairuetan banatzen dira. Banaketa horri esker, neurtu beharreko sentsoreetara eta jardun beharreko elementuetara hurbiltzen dira moduluak; hala, errazagoa da instalazioa egitea.

I/S moduluei esker, kontzentratzaileak dituen eskuratzeko-egitura lortzen da, eta egitura horrek abantaila hauek ditu:

- Arkitektura malguagoa. I/S moduluak erraz integratu daitezke landako busarekin; busa handitu egin daiteke.
- Askoz kable gutxiago behar da eta, beraz, akatsak izateko probabilitateak murriztu eta kostuak gutxitu egiten dira.
- Instalazio modularra, sendotasun eta erraztasun handiagoa emanez.

Urrutiko estazioek jarduten dute zuzenean tuneleko elementuetan I/S moduluen bidez. Aipaturiko modulu horiek kasuan kasuko tuneletako sentsore eta jardule seinale moten arabera egokitzen dira betiere. Honako ezaugarri hauek izan behar dituzten seinaleak:

- Sarrera analogikoak.
- Irteera analogikoak.
- Sarrera digitalak.
- Irteera digitalak.
- Serieko loturak: RS-232C (V.24).  
RS-422 / RS-485 (X.27).

- CCTV y DAI:
  - Alarmas generadas por sistemas de detección automáticos basados en vídeo.
  - Control del sistema motorizado y zoom de las cámaras que dispongan de estas características.
  - Sistema de grabación de imágenes.
- Sistemas Contraincendios:
  - Alarmas de fuego (generadas mediante sensores específicos o combinación de otras alarmas).
  - Alarma de activación de BIE o retirada de extintor.
  - Alarma de apertura de puerta de evacuación, local técnico.
- Sistemas de Comunicación de voz:
  - Alarma de solicitud de llamada en poste SOS.
  - Apertura de fonía en poste SOS.
  - Emisión de mensajes de megafonía.
  - Emisión de mensajes de emergencia por sistema de radio convencional (si dispone de este sistema el túnel).
- Alarmas técnicas:
  - Alarmas técnicas sobre los sistemas de alimentación eléctrica y comunicaciones.
  - Medidas y alarmas técnicas específicas que generen cada uno de los equipos (estado del equipo, detección de averías) y sistemas.

### 7.2.3. Módulos de E/S

Las entradas y salidas de los equipos de campo, tanto analógicas como digitales así como la información del mismo transmitida a través de enlaces serie, se integran al sistema por medio de Módulos de E/S remotos asociados a su respectiva ERUT (Estación Remota Universa de Túnel), por medio de un bus de campo estándar, abierto y de amplia difusión, recomendándose Profibus según IEC 61185/EN 50170, por homogeneización. Estos módulos deben basarse en la tecnología denominada «Field Independent Terminal Block». Cada bloque de módulos se compone de una cabecera que realiza la labor de comunicaciones con el bus de campo, y tarjetas modulares de E/S que son las que tienen la función de adquisición y transmisión de señales con los equipos de campo.

Los módulos de E/S, con su cabecera interfaz al bus de campo, se distribuyen por el túnel instalándose en los armarios de los postes SOS situados en los laterales del túnel. Con esta distribución los módulos se acercan a los sensores a medir y a los elementos sobre los que actuar, facilitando la instalación.

Con los módulos de E/S se obtiene una estructura de adquisición de datos con concentradores, la cual tiene unas ciertas ventajas:

- Arquitectura más flexible. Se puede integrar fácilmente módulos de E/S en el bus de campo, pudiéndose ampliar el bus.
- Se produce un ahorro significativo de cable y, por tanto, una menor probabilidad de fallos y se disminuye costos.
- Instalación modular, lo que redundará en su robustez y sencillez.

La actuación sobre los elementos del túnel lo realizan de forma directa las estaciones remotas mediante los módulos de E/S. Estos módulos se adecuan para cada caso a los tipos de señales de los sensores y actuadores del túnel. Las señales deben tener las siguientes características:

- Entradas Analógicas.
- Salidas Analógicas.
- Entradas Digitales.
- Salidas Digitales.
- Enlaces serie: RS-232C (V.24).  
RS-422 / RS-485 (X.27).

**7.2.3.1. I/S moduluen ezaugarri teknikoak**

- Komunikazio-protokoloa: Landako bus estandarra (gomen-datua: Profibus).
- Transmisio-modua: Zuntz optikoa.  
Kable elektrikoa, RS-485 seriea.
- Informazioa transmititzeko gutxieneko abiadura (gomen-datua): 9.6 kbp.
- Gutxieneko babes-maila: IP20.
- Giroko tenperatura: 0 °C - + 60 °C.
- Modularitate granularra. Sarrerako edota irteerako txartela modularrekin konfiguratu daiteke.
- Zaraten kontrako inmunitatea.

**7.2.4. Tüneletako urrutiko estazio unibertsalak (TUEU)**

Kontrol banatuaren egitura da kontrol zentralizatuaren sistema, gainbegiratu eta kontrolatu beharreko landako ekipoak zuzenean kudeatzeko modua ematen duena, betiere sistema gisa tratatuz. TUEUak ekipoak dira, modu autonomoak aipaturiko sistema horiek gobernatzen dituztenak, betiere toki mailan kontrol inteligentea eginez, baina gorengo mailarekin (kontrolko zentroa) erabat koordinatuta.

Haien helburua da tunelean jarritako landako ekipoek lortutako datuak eta informazioa biltzea, kontrolatu eta gainbegiratu beharreko instalazioen edo sistemen kontrol logiko banatua egitea, landako ekipoen datuak eta informazioa kontrolko zentrori transmititzea eta kontrolko zentrotik sortutako aginduak tuneleko sistema eta instalazio guztietara igortzea.

Prozesatzeko ahalmena dute, eta instalazioak kontrolatzeko logika ezarria dute or har; gainera, horiekin lotuta dauden sistematik kontrolatzen dituzte toki mailan. Elkarrekiko lotura dute tunela kontrolatzeko sistema guztiek, eta kontrol zentralizatuaren duen Logika Banatuko Sistema batean daude integratuta.

Datuak biltzeko, kudeatzeko eta transmititzeko elementuak dira, eta ekipoen eta kontrolko zentroaren arteko komunikazioa eta lotura egiten du. Urrutiko estazioek kontrolko oinarriko funtzioak eta komunikazioko funtzioak bete behar dituzte (mezuak prozesatzen dituzte, kontrolko eta komunikazioko aginduak ematen dituzte eta haien menpeko elementuen eta kontrolko zentroaren arteko komunikazioak kudeatzen dituzte).

**SISTEMAREN ARKITEKTURA**

Sistemaren arkitekturan, TUEUak tunelen inguruetan jartzen dira, tunelean zehar banatuak, betiere kontrol banatuaren filosofiararen arabera, hots, ahalik eta hurbilen kokatzea landako ekipoak. Tunel bakoitzeko lokal teknikoaren barruko aldean kokatuko dira TUEUak, edo soilik horiek kokatzeko egokituriko diren lokaletan.

Tunel guztietan dauden TUEUak Tokiko Aldeko Komunikazio Sarearekin konektatzen dira, eta gorengo mailara pasa daitezke (sare nagusia edo garraioko sare) LAN sare baten bidez (tokiko aldeko sare). Oinarri gisa, Ethernet sareak erabiltzea ezarri da, eta transmisio bidea, or har, zuntz optikoa da. «Switch-ak» erabiltzen dira TUEUak Ethernet sarearekin konektatzeko. Tüneletako TUEUak lokal teknikoetan kokatzen dira, LAN sare hauen arkitektura eratzun erakoa da, erreduantzia fisikoak ahalbidetzeko.

Ethernet tokiko sare eta sare nagusia edo garraioko sare lotzen ditu komunikazio guneak, eta informazioa sistemako zerbituari transmititzen dio, interfaze baten funtzioa betez.

Kontrol banatua eta ekipoen eta kontrolko zentroaren arteko komunikazioak bermatzeko, erreserbako urrutiko estazioak jartzea aurreikusten da, TUEUen antzekoak direnak eta estazio nagusien orde automatikoki abiaraziko direnak nagusiek huts eginez gero. TUEU eta erreserbako TUEU bakoitzak banan-banan kontrolatzen ditu tuneleko aldeak, hots, landak obus batekin lotuta dauden I/S moduluen bidez.

Etengabeko elikatze sistema (EES) baten bidez elikatu behar da TUEU, eta TUEU babestu egingo da sareko tentsioa aldi batez jaisten denean.

**7.2.3.1. Características técnicas de los módulos de E/S**

- Protocolo de comunicación: Bus de campo estándar (recomendado Profibus).
- Medio de transmisión: Fibra óptica.  
Cable eléctrico serie RS-485.
- Velocidad mínima (recomendada) de transmisión de información: 9.6 kbps.
- Nivel mínimo de protección: IP20.
- Temperatura ambiente: 0 °C a + 60 °C.
- Modularidad granular. Configurable con tarjetas modulares de entrada / salida.
- Inmunidad a los ruidos.

**7.2.4. Estaciones remotas universales de túneles (ERUT)**

El sistema de control centralizado está basado en la estructura de un Control Distribuido, que permite gestionar directamente los distintos equipos de campo objeto de supervisión y control, tratándolos como sistemas. Las ERUTs son los equipos que gobiernan de forma autónoma estos sistemas, realizando un control inteligente de forma local aunque en perfecta coordinación con el Nivel Central (Centro de Control).

Su labor es concentrar los datos e información obtenida por los equipos de campo instalados en el túnel, realizar un control lógico distribuido de las distintas instalaciones o sistemas a supervisar y controlar, transmitir al centro de control los datos e información de los equipos de campo y de forma inversa enviar las órdenes generadas desde el centro de control a cada uno de los sistemas o instalaciones del túnel.

Poseen capacidad de proceso, disponiendo de forma integrada de la lógica de control de las instalaciones y realizan un control a escala local de los sistemas asociados a ella. La totalidad de los sistemas de control del túnel están relacionados entre sí e integrados en un Sistema de Lógica Distribuida con Control Centralizado.

Son elementos de concentración, gestión y transmisión de datos, realizando la conexión y comunicación de los diferentes equipos con el centro de control. Las remotas deben realizar tanto funciones básicas de control como de comunicaciones (procesan mensajes, emiten órdenes de control y comunicación y gestionan las comunicaciones entre los elementos que dependen de ellas y el centro de control).

**ARQUITECTURA DEL SISTEMA**

En la arquitectura del sistema las ERUTs se encuentran instaladas en el entorno de los túneles, distribuidas a lo largo de estos, siguiendo la filosofía de control distribuido de asociar en el entorno más próximo los equipos de campo. Dentro de cada túnel las ERUTs se instalarán en el interior de los locales técnicos de los túneles o en locales habilitados únicamente para este fin.

Las ERUTs presentes en cada túnel se conectan a la Red de Comunicaciones de Área Local, teniendo acceso al nivel superior (red troncal o de transporte) a través de una red LAN, red de área local. Se establece como base la utilización de redes Ethernet, empleando como medio típico de transmisión fibra óptica. Para conectar las ERUTs a la red Ethernet se emplea 'switches'. La ubicación de las ERUTs en los túneles son los locales técnicos. La arquitectura de estas redes LAN es de anillo para posibilitar redundancias físicas.

El nodo de comunicaciones enlaza la red local Ethernet con la red troncal o de transporte, que se encarga de transmitir información al servidor del sistema, trabajando como un interfaz.

Para asegurar el control distribuido y las comunicaciones entre los diferentes equipos y el centro de control, se ha previsto la instalación de remotas de reserva siendo idénticas a las ERUTs, que sustituirían de modo automático a las principales en caso de fallo de éstas. Cada ERUT y ERUT de reserva controlan de forma individual zonas del túnel, es decir, por medio de Módulos de E / S unidos por un bus de campo.

La alimentación de una ERUT se realiza a través de un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), protegiendo a la ERUT de caídas transitorias de la tensión de red.

**EZAUGARRI TEKNIKOAK**

TUEUren hardware plataformak 19»-ko rack motako armairu bateko industri hardwarea du oinarri. NE 135411 arauan («Bide-seinaleztapenerako ekipamendua. Urrutiko estazioak») eta horren ondorengo arau zabalagoak bete behar ditu.

Tuneletako Urrutiko Estazio Unibertsalaren kontzeptuak urrutiko estazio unibertsalaren eskakizunak handitzen ditu sarrera edota irteera analogikoen eta digitalen tratamenduan eta informazioaren tokiko tratamenduan, tuneletako sistemetara eta instalazioetara egokitzeke.

Oinarri horrek, beraz, honako hauek onartzea dakar lanen egungo egoeran:

- Protokoloen eta ekipamenduen definizioak eta estandarizazioak, mezu aldakorrek panelekin, datuak hartzeko estazioekin eta estazio meteorologikoekin lotuak.
- — Tuneletako Urrutiko Estazio Unibertsalekiko komunikazioen TCP/IP protokoloa, betiere transmisiorako bide fisiko ezberdinak ahalbidetuz. Protokolo hori zabaldu egingo da tuneletako gainerako ekipamenduekin betetzeko.
- Datuen ereduak, haien formatuan eta artxibatzeke metodoan kontroleko zentroan.
- Bezeroa/zerbitzaria arkitektura banatua, eta dagoeneko definiturik dagoen softwarearen oinarria.

Tuneletako Urrutiko Estazio Unibertsalek sarrera edota irteera analogikoko eta digitaleko txartelak, serieko portu estandarrek eta TUEU I/S moduluekin konektatzeko landako bus estandarreko konezioak izan behar dituzte. Tuneletako ekipamendua eta sarrerak handitzeko aukera izateko, TUEUk handitzeko eta eskalatzeko modua izan behar du erabat.

**7.2.5. Landako tokiko aldearen sarea**

Tunel bakoitzean dauden TUEUak elkarrekin lotzen dira Tokiko Aldeko Komunikazio Sare baten bidez. Honako hauek osatzen duten sare hori: LAN (Local Area Network) komunikazio sareak eta TUEU horiekin konektatzeko beharrezko ekipamendua. Oinarri gisa, Ethernet sareak erabiltzea ezarri da, eta transmisio bidea, or har, zuntz optikoa izango da. Sare horien gainean TCP/IP protokoloak ezarri dira.

Sare hauetan erabili beharreko tipologia eraztun erakoa da, eta erredundantziak egiteko modua ematen du maila fisikoan.

Komunikazio guneen bidez lotzen dira komunikazio sareak sare nagusiarekin edo garraioko sarearekin, eta interfaze lana betetzen du LAN sarearen eta sare nagusiaren edo garraio nagusiaren artean.

TUEU bakoitza eta erreserbako TUEU tunel bakoitzeko LAN sarearekin konektatzen dira bereziki industri erabileretarako diseinaturik dagoen eta ezaugarri modularrak dituen Switch Ethernet baten bidez; gainera, transmioko IEEE 802.3 estandarra bete behar du, bai kobreak, bai optikoan.

Kontuan hartu beharreko ezaugarri bat hauxe da: IP kanal bat ezarri behar dela bi zuntz optikoetan.

**7.3. Komunikazioen sare nagusia**

Baldin eta ustiapen batek kontroleko zentro beretik egiten badu komunikazioa Bizkaiko hainbat tokitan dauden tuneletan, kontroleko zentroa eta tuneletako TUEUen arteko komunikazio sistema bat behar du. Komunikazio sistema hori, komunikazioen sare nagusia, honako hauek dago osatuta: sare nagusia deritzon banda zabaleko sarea eta landako tokiko aldetik sare nagusiarekin komunikatzeko sareak lotzea ahalbidetzen duten zenbait komunikazio gunea.

Tuneletan jarritako segurtasun eta zaintzako sistemetako edozein oinarritzko funtziori eman behar dio erantzun egokia komunikazio sistemak. Horretarako, akatsen aurrean sendotasun eta segurtasun bermerik handienak eskaintzen dituen garraio sarea izan behar dute, baita sarea eta sareko elementuak modu errazean kudeatzeko posibilitatea ere (komunikazio gunea).

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

La plataforma hardware de la ERUT está basada en un hardware industrial alojado en un armario rack de 19». Debe cumplir con lo establecido en la Normas UNE 135411 «Equipamiento para la señalización vial. Estaciones remotas» y con las ampliaciones de la misma.

El concepto de Estación Remota Universal Túnel amplía los requerimientos de Estación Remota Universal en el tratamiento de Entrada/Salidas Analógicas y Digitales y el tratamiento local de la información para adecuarla a los sistemas e instalaciones de los túneles.

Esta base implica por lo tanto, en el estado actual de los trabajos, aceptar los siguientes hechos:

- Las definiciones y estandarizaciones de protocolos y equipamientos, asociados a Paneles de Mensaje Variable, Estaciones de Toma de Datos y Meteorológicas.
- El protocolo TCP/IP de comunicaciones con las Estaciones Remotas de Túneles, permitiendo diferentes medios físicos de transmisión. Dicho protocolo será ampliado para cumplir con el resto de equipamiento de los túneles.
- Los modelos de datos existentes, en su formato y método de archivo en el centro de control.
- La arquitectura distribuida cliente/servidor, y la base del software ya definido.

La Estación Remota Universal de Túneles ha de estar dotada con tantas tarjetas de entradas / salidas analógicas y digitales, puertos series estándar y tarjetas de conexión de bus de campo estándar que conecta las ERUTs con los Módulos de E/S. Para el caso de una posible ampliación en el equipamiento de los túneles y sus accesos, la ERUT debe ser totalmente ampliable y escalable.

**7.2.5. Red de área local de campo**

Las ERUTs presentes en cada túnel se enlazan entre sí por medio de una Red de Comunicaciones de Área Local. Esta se compone por una red de comunicaciones LAN (Local Area Network) y el equipamiento necesario para conectar las ERUTs a la misma. Se establece como base la utilización de redes Ethernet, empleando como medio típico de transmisión la fibra óptica. Sobre estas redes se establecen protocolos TCP/IP.

La tipología a utilizar en estas redes es una topología en anillo posibilitando redundancias a nivel físico.

Las redes de comunicaciones se conectan a la red troncal o de transporte por medio de los Nodos de Comunicaciones, trabajando como un interfaz entre la Red LAN y la red troncal o de transporte.

Cada ERUT y su correspondiente ERUT de reserva se conectan la Red LAN de cada túnel a través de un Switch Ethernet especialmente diseñado para usos industriales, de características modulares y que cumple el estándar IEEE 802.3 de transmisión tanto en cobre como óptico.

Una característica a tener en cuenta es que se debe establecer un canal IP sobre dos fibras ópticas

**7.3. Red Troncal de comunicaciones**

Cuando una Explotación realice la gestión de distintos túneles distribuidos por la geografía de Bizkaia desde un mismo centro de control, necesita un sistema de comunicaciones entre el centro de control y las distintas ERUTs de los túneles. Este sistema de comunicaciones, red troncal de comunicaciones, se encuentra formado por una red de banda ancha llamada red troncal y una serie de nodos de comunicaciones que permiten la conexión de las diferentes redes de comunicación de área local de campo a la red troncal.

El sistema de comunicaciones debe dar respuesta adecuada a cualquiera de las funciones básicas de los sistemas de seguridad y vigilancia instalados en los túneles. Para ello se debe contar con una red de transporte que ofrezca las máximas garantías de robustez y seguridad ante fallos, así como la posibilidad de gestión de la misma y de sus elementos integrantes (nodos de comunicaciones) de forma sencilla.



**Komunikazio sistemari eskatu beharreko ezaugarriak:**

- Banda zabaleko sarea, abiadura handikoa, hazteko eta aldatzeko izateko ahalmena duena.
- Sarearen topologiaren malgutasuna: lineala, eraztuna, maila.
- Sare progresiboa handitzea, eta gainera egon dagoenaren zerbitzua eten barik (erreduntziak).
- Sare nagusiak datuen, audioaren eta bideoaren multimedia garraioa ahalbidetu behar du, komunikazio guneetatik kontroleko zentroraino eta alderantziz.
- Modu bakarreko zuntz optikoa erabiltzen da transmisioaren modu tipiko lez, eta mikrouhineko loturak egin daitezke.
- Zuntz bidezko transmisioaren erreduntzia. Arkitektura erreduntzarekin lortzen da hori (eraztunean edo mailatua) edo modu alternatiboen bidez. Ezaugarri hori eraginkorra izango da soilik zuntzaren kanalizazioa hainbat bideetatik doanean.
- Komunikazioetako plataforman dauden elementuak urrutitik kudeatu, monotorizatu eta urrutitik konfiguratzeko moduan egongo dira.

Sare nagusiak abiadura handiko banda zabalekoa izan behar du, hazteko eta hainbat funtzio betetzeko gaitasuna duena; gainera, sare estandarra eta nahikoa hedatua izan behar du. Sare nagusiko ezarpen berrietan banda zabaleraren handiko Ethernet sareak erabiltzea proposatzen da (Giga Ethernet), eta SDH sareak erabil daitezke jarrita dauden sareetan.

Sare nagusiarekiko lotura izatea edo bertarako garraioa izatea ahalbidetzen duten ekipoek osatzen dituzte komunikazio-guneak, hain zuzen ere tokiko arloko, kontroleko zentrorako LAN sareko eta kontroleko zentro berezietako komunikazio-sarearekiko lotura izatea. Switch-ak, router-ak eta bridge-ak sare nagusiko komunikazio gune gisa erabil daitezkeen dispositiboak dira.

Sarea osatzen duten ekipoak eskalatzeko modukoak eta modularak izango dira; hala, ekipoen osaera erraz eta zerbitzua eten barik alda daiteke. Horrela, bada, honako hauek egin daitezke: erreduntziak gehitu edo aldatu, irteera edo sarrerako interfaze kopurua handitu, matxura duten elementuak aldatu, txartelak aldatu berrikusitako edo prestazio edo ezaugarri hobek dituzten txartelen jarrita, betiere ahalik eta aldaketarik txikiak eginez eta ahal dela ekipoko gainerako osagaiak kaltetu barik.

**7.4. Kontroleko zentroa**

Kontroleko zentroak kontroleko gela bat dauka, eta bertan daude tuneletako instalazioetatik datorren informazioa bildu eta tratatzeko sistemak eta ekipoak. Kontroleko zentro bakarra egongo da ustiapen bakoitzeko; bertatik kudeatuko da ustiapenaren tunela edo tunelmultzoa. Kontroleko zentrotik kudeatzen da, gainera, tunelen gestio orokorra, halako moldez non langile batek edo hainbat langilek sistema guztiak erabili eta sistemek emandako informazioa eskuratu ahal izango baitu.

TJUEUek landako ekipoetatik jasotako informazio guztia kontroleko zentroran transmititzen da eta bertan prozesatu, bildu eta operadoreei erakusten zaie, operadoreek sistemaren funtzionamenduan gainera ikuspegi orokorra eta denbora errealean izan dezaten, betiere tunela gainbegiratu eta kontrolatuz.

Operadoreak, kontroleko zentrorako laneko estazioetatik, tunelek dituzten segurtasun eta zaintzako instalazio guztiak gainbegiratu eta kontrolatuko ditu, eta instalazioek emandako informazio guztia eskuratzeko dute eta bertan jardungo dute.

Kontroleko zentroak tunelaren kudeaketa zentralizatua egiten du. Honi deritzo kudeaketa zentralizatua: laneko estazio bakoitzetik landako ekipoen eta segurtasun eta zaintzako sistemen informazio guztia eskuratzeko modua ematen duenari. Kontroleko softwareak automatikoki proposatuko ditu gorabeherak jasotako alarmak eta neurketak abiapuntutzat hartuta; gorabehera baliozkotzat eman ondoren, automatikoki edo erdi automatikoki egingo dira jarduketak (kontsolako operadoreak baliozkotzat emango ditu).

**Las características a exigir al sistema de comunicaciones:**

- Red de banda ancha, alta velocidad, con capacidad de crecimiento y versatilidad.
- Flexibilidad en la topología de la red: lineal, anillo, malla.
- Ampliación de la red progresiva con la necesidad añadida de hacerlo sin interrupción del servicio de lo existente (redundancias).
- La red troncal debe permitir el transporte multimedia de datos, audio y vídeo desde los nodos de comunicaciones hasta el centro de control y viceversa.
- Como medio típico de transmisión se emplea fibra óptica monomodo pudiendo realizarse enlaces de microondas.
- Redundancia en la transmisión por fibra. Esto se consigue con una arquitectura redundante (en anillo o mallada) o mediante caminos alternativos. Esta característica solamente es efectiva cuando la canalización de la fibra va por caminos diferentes.
- Todos los elementos incluidos en la plataforma de comunicaciones deben poder ser gestionados, monitorizados y tele-configurados remotamente.

La red troncal debe ser de banda ancha alta velocidad, gran capacidad de crecimiento y versatilidad, debiendo ser una red estándar y de amplia implantación. En nuevas implantaciones de la red troncal se propone la utilización de redes Ethernet de gran ancho de banda (Giga Ethernet), pudiéndose emplear redes SDH para redes que se encuentran instaladas.

Los nodos de comunicaciones lo integran equipos que permiten la conectividad a la red troncal o de transporte de la red de comunicaciones de área local, de la red LAN de los centros de control y de los centros de control particulares. Los switches, routers y bridges son dispositivos que pueden ser empleados como nodos de comunicaciones en la red troncal.

Los equipos que compongan la red serán escalables y modulares, de forma que sea posible modificar la composición del mismo de forma fácil y sin interrumpir el servicio. De esta manera se podrá incrementar o modificar redundancias, aumentar el número de interfaces de salida/entrada, sustituir elementos averiados, sustituir tarjetas por versiones revisadas o de mejores prestaciones o características con los cambios mínimos y sin que afecten, en la medida de lo posible, a los demás componentes del equipo.

**7.4. Centro de control**

El Centro de Control se compone de una sala de control que contiene los sistemas y equipos donde se recogerá y tratará toda la información proveniente de las diversas instalaciones de los túneles. Existirá un centro de control único por explotación y desde ella se gestionará el túnel o grupo de túneles que formen parte de la Explotación. Desde el centro de control se realiza una gestión integral de los túneles, de forma que uno o varios operarios puedan manejar todos los sistemas y acceder a la información proporcionada por los mismos.

Toda la información recibida de los equipos de campo por las ERUTs es transmitida al Centro de Control donde es procesada, almacenada y mostrada a los operadores para que estos tengan una visión global y en tiempo real del funcionamiento del sistema, realizando la supervisión y control de los túneles.

Desde las Estaciones de Trabajo del Centro de Control el operador supervisará y controlará todas las instalaciones de seguridad y vigilancia que poseen los túneles, accediendo a toda la información proporcionada por los mismos y actuando sobre ellos.

El centro de control realiza una gestión centralizada del túnel. Por gestión centralizada se entiende que desde cada estación de trabajo se tiene acceso a toda la información de los distintos equipos de campo y sistemas de seguridad y vigilancia, el software de control propondrá incidentes de forma automática a partir de las medidas y alarmas recibidas, una vez validados se realizarán actuaciones de forma automática o semiautomáticas (con validación del operador de consola).

#### 7.4.1. *Kontrolako zentroaren funtzionaltasuna*

Tunelean diharduten sistema guztiek aparte funtziona dezakete, baina askoz eraginkorragoa da oro har tratatzea, hots, sistema osoaren kudeaketa zentralizatua egitea. Honako funtzio hau betetzen duenari deritzo kudeaketa zentralizatua:

- Landako ekipoen eta segurtasun eta zaintzako sistemen informazioa eskura daiteke laneko estazio bakoitzetik.
- Laneko estazio bakoitzetik eskuz jardun daiteke landako ekipoen.
- Kontrolako softwareak automatikoki proposatuko ditu gorabeherak neurriak eta jasotako alarmak abiapuntutzat hartuta.
- Gorabeherak baliozkotzat eman ondoren, automatikoki edo erdi automatikoki burutuko dira jarduketak (kontsolako operadoreak baliozkotzat emanda).

Zentralizazioak segurtasun eta eraginkortasun hobeak dakarza, zeren eta sistema batek emandako informazioa gainerakoen funtzionamendua hobetzeko erabil baitaiteke. Energia aurrezte eta larrialdietan erantzun azkarragoa ematea dira sistema modu zentralizatuan tratatzea komenigarria izatearen adierazgarriak.

Segurtasunera bideratuta dago kontrolako zentroari eskatzen zaion funtzionaltasuna.

1. Sentsoreek eskuratutako edo landa ekipoen euren sortutako seinale, datu eta informazio guztia kontrolako zentroan jasotzea.

2. Ekipoen egiten dituzten neurketen eta sistemen landako ekipoen funtzionamenduaren egoerari buruzko informazioa erakustea operadoreari denbora errealean.

Ustiapenaren tunel bakoitzeko segurtasun eta zaintzako sistemen emandako informazio guztia eskura daiteke operadore postu bakoitzetik.

3. Aginduak bidaltzeko modua ematea, operadorearen kontsolatik segurtasun eta zaintzako instalazioak osatzen dituzten landako ekipoen jarduteko, bai eskuz, bai kontsolako operadoreak erabakitzen duenaren arabera, edo bestela gorabeheri erantzuna emateko jarduketak-estrategia programatuetatik abiatuta.

4. Alarmak eta gertaerak detektatzeko eta konfiguratzeko ahalmena izan behar du sistemak. Alarma detektatzen denean, abisu akustikoen bidez edota operadoreko postuan alarma-abisu bat pantailan agerraraziz ohartaraziko zaie operadoreei.

5. Sistemako elementuek jasotako informazioa eta seinaleak prozesatzea; landako ekipoen alarmen eta neurketen bidez, gorabeherak proposatuko dizkio softwareak kontsolako operadoreari, operadoreak gorabehera badagoela baieztatu dezan.

6. Gorabeheri erantzuna emateko jarduketak burutzea, zenbait automatikoki kontrolako zentrotik (aireztapen, argiteria...), eta operadoreak berak betearazitakoak (suak itzaltzeko zerbitzuei, osasun zerbitzuei abisua ematea, etab.).

Autobabeserako planean zehazturiko jarduketak programatuta egon behar dira gorabehera bakoitzari erantzuna emateko.

7. Kudeaketa sistema zentralizatua eratzea. Hauexek biltzen ditu:

- a) Atalaseak ezartzea, landako ekipoen neurriek alarma sorraz dezaten.
- b) Gorabeheren proposamenaren algoritmoak aldatzea.
- c) Gorabeheretan egin beharreko jarduketak aldatzea, baita horiek erregistratzea eta tratatzea ere.

8. Historiak erregistratzea. Jasotako informazioa (irudiak eta datuak) ondoren estatistiketan erabiltzeko.

- a) Trafikoaren datuak (IMD, trafiko-mota, batezbesteko abiadura...).
- b) Ingurumenaren datuak.
- c) Gertatzen diren alarmen historia.
- d) Gorabeheren historia eta horien ondorioz eginiko jarduketak.

#### 7.4.1. *Funcionalidad del Centro de Control*

Todos los sistemas que operan en un túnel podrían funcionar de modo independiente, pero resulta mucho más eficiente tratarlos de una forma global, es decir, realizar una gestión centralizada del sistema completo. Por gestión centralizada se entiende aquella que cumpla la funcionalidad siguiente:

- Desde cada estación de trabajo se tiene acceso a toda la información de los distintos equipos de campo y sistemas de seguridad y vigilancia.
- Desde cada estación de trabajo se puede actuar manualmente en los equipos de campo.
- El software de control propondrá incidentes de forma automática a partir de las medidas y alarmas recibidas.
- Una vez validados los incidentes se realizarán actuaciones de forma automática o semiautomática (con validación del operador de consola).

La centralización conduce a mejoras en seguridad y eficacia, debido a que la información proporcionada por un sistema puede ser empleada para optimizar el funcionamiento del resto. El ahorro energético, así como la mayor rapidez de respuesta en casos de emergencia son claras muestras de la conveniencia de tratar el sistema de forma centralizada.

La funcionalidad que se exige al centro de control está orientada a la seguridad.

1. Recibir en el Centro de Control todas las señales, datos e información adquirida por los sensores o generada por los propios equipos de campo.

2. Mostrar, en tiempo real, al operador u operadores el estado de funcionamiento de todos los equipos de campo de los distintos sistemas y las medidas que estos equipos realizan.

Desde cada puesto de operador es posible acceder a toda la información proporcionada por los sistemas de seguridad y vigilancia de cada túnel de la Explotación.

3. Posibilitar el envío de órdenes para actuar sobre los equipos de campo que integran las instalaciones de seguridad y vigilancia desde las consolas de operador, bien manualmente a criterio del operador de consola o a partir de estrategias de actuación programadas como respuesta a incidentes.

4. El sistema debe poseer capacidad de detección y configuración de alarmas y eventos. Cuando se detecta una alarma se avisa a los operadores a través de avisos acústicos y/o presentando en la pantalla un aviso de alarma en el puesto de operador.

5. Procesar las señales e información recibida por los elementos de los sistemas; donde a partir de las medidas y alarmas de los equipos de campo el software de control propondrá incidentes al operador de consola para que éste confirme la existencia del incidente.

6. Realizar actuaciones, como respuesta a los incidentes, algunas de forma automática por el sistema de control (ventilación, alumbrado...), otras ejecutadas por el propio operador (avisar a servicios de extinción de incendios, sanitarios...).

Deben estar programadas las actuaciones que defina el Plan de Autoprotección como respuesta a cada incidente.

7. Configurar el sistema de gestión centralizado. Que abarca:

- a) Establecer los umbrales para que las medidas de los equipos de campo generen alarmas.
- b) Modificar los algoritmos de propuesta de incidentes.
- c) Modificar las actuaciones a realizar en caso de incidente, así como su registro y tratamiento de las mismas.

8. Registrar los históricos. Información recibida (imágenes y datos) para su posterior tratamiento estadístico.

- a) Datos de tráfico (IMD, tipo de tráfico, velocidad media...).
- b) Datos medioambientales.
- c) Histórico de alarmas que se produzcan.
- d) Histórico de incidentes y acciones realizadas como consecuencia de ellos.

- e) Operadoreek eginiko jarduketa guztiak erregistratzea.
- f) Gorabeheren inguruan grabaturiko irudiak edo operadoreak egokitzat jotzen dituenak.

9. Datuak esportatzea. Aldundiak ustiatzen ez dituen tuneletako kontroleko zentroetan datuak esportatzeko funtzioa egon behar da, zeinaren bidez Aldundiaren zentroan denbora errealean jasoko baitira eskuraturiko datu eta irudi guztiak.

Azken batean, kontroleko zentrotik kontrola egiten da eta ustiapenaren tunel guztietan ezar daitezkeen instalazioen teleagintea betearazten da.

#### 7.4.2. Kontroleko zentroaren arkitektura

Tunelaren kontroleko zentroak bezeroa / zerbitzaria arkitektura du oinarritzat, erredundatea den eta sistema guztiak kontrolatzen eta gainbegiratzen duen ekipo nagusiarekin osatua; gainera, operadorearen laneko estazio gisa (bezeroa) lan egiten duen ekipo bat kontrolatu eta gainbegiratu da gutxienez. Horren ondorioz, laneko estazio batzuk daude eta bertan tunela gainbegiratzen eta bertako jarduketak burutzen dituzte operadoreek. Gainera, zerbitzari batek informazio guztia biltzen du eta bertan dago sistemaren datu-base zentralizatua.

Segurtasuna dela-eta, erredundantea da zerbitzaria, hots, bi zerbitzari egongo dira, bata nagusia eta bestea erreserbakoa; biek eskuratzen dute sistemako informazioa eta informazio horren koherentzia bermatzen dute zerbitzari nagusiak huts eginez gero. Hala, bietako batek huts egiten badu, betiko moduan jardun dezakete laneko estazioek.

Ethernet da ordenagailu horiek lotzen dituen komunikazio-sarea, TCP/IP protokoloa duena eta laneko estazioen (bezeroak) eta zerbitzarien arteko informazio trukaketa bermatzen duena. Egituraturiko kablea da sare honen oinarria, UTP, 5. kategoriakoa edo handiagoa.

Zerbitzaileen arteko konexiorako, zuntz optikoko kablea erabil daiteke transmisio bide gisa.

Kontroleko zentroko tokiko sare hori, bestalde, komunikazioen sare nagusiarekin dago konektatuta komunikazio-gune baten bidez. Komunikazioen sare nagusirik ez badago, kontroleko zentroko LANen eta eremuko LANen arteko komunikazioak egin daitezke kontroleko zentroko LAN kudeatzen duen switch-aren beraren bidez.

Operadorearen eta instalazioen arteko interfaze grafikoaren eginkizuna betetzen du laneko estazioak; bertan, tunelaren egoera ikus dezake operadoreak, baita instalazioetan jardun ere. Bestalde, zerbitzariak kontrolpean dauden sistema guztietatik datorren informazioa batu eta biltzeko ardura du.

Kontroleko algoritmoek gobernatzen dituzte zuzenean segurtasun eta zaintzeko sistemak, TUEUetan sartuta eta zerbitzaritik kudeatuta. Badira zenbait sistema, berez, kontrolerako beren ekipoak dituztenak (SOS zutoinak, CCTV eta GAD, megafonia). Azken kasu horretan, sistema horiek integratzen ditu kontroleko sistemak kontrolatzaile espezifikoekin komunikatuz, bai tokiko sare propioaren bidez, bai serie-tipoko loturen bidez (RS-232C, RS-485, etab.).

#### 7.4.3. Kontroleko zentroko sistemen eskakizunak

Kontroleko zentroko sistemak behar dituen eskakizunak tunel guztiak integratzeko daude bideratuta, arkitektura estandarra erabiliz eta ez jabeari dagokiona. Hala, honakok hauek dira gutxieneko eskakizunak:

- Merkatu-oinarriko software eta ekipoetan egituratzea kontroleko zentroko sistema, non hornitzaile kopuru handia dagoen.
- Handitu daitezkeen Hardware/Softwareko arkitektura izatea, traumarik gabeko hazkundeak erraztuz (sistema kontrolatuak, horien funtzionaltasunak eta ekipamenduak handitzea eta kanpoko sistemak integratzea).

- e) Registro de todas las actuaciones realizadas por los operadores.
- f) Imágenes grabadas de los incidentes o aquellas que el operador considere oportunas.

9. Exportar datos. Aquellos centros de control de túneles que no estén explotados por la Diputación, deberán disponer de una función de exportación de datos que permita hacer disponibles en tiempo real en el centro de la Diputación todos los datos e imágenes adquiridas.

En definitiva desde el Centro de Control se realiza el control y se ejecuta el telemando de las diferentes instalaciones que se implanten en el conjunto de túneles de la Explotación.

#### 7.4.2. Arquitectura del Centro de Control

El Centro de Control del túnel se basa en una arquitectura Cliente / Servidor formada por un equipo principal que será redundante y que realiza el control y supervisión de todos los sistemas y de, al menos, un equipo que opere como Estación de Trabajo del operador (cliente). En consecuencia, existen unas Estaciones de Trabajo desde la que los operadores supervisan y actúan sobre el túnel y un Servidor que recoge toda la información, que es donde reside la base de datos centralizada del sistema.

Por razones de seguridad, el Servidor es redundante, es decir existirán dos servidores, uno principal y otro de reserva, ambos adquieren la información del sistema y garantizan la coherencia de dicha información, en el caso de fallo del Servidor Principal. De esta forma, si uno de ellos falla, las Estaciones de Trabajo pueden seguir operando normalmente.

La red de comunicaciones que enlaza los citados ordenadores es Ethernet, con protocolo TCP/IP, que garantiza todo el tránsito de información entre las Estaciones de Trabajo (clientes) y los Servidores. Esta red está basada en Cableado Estructurado, UTP Categoría 5 o superior.

Para la conexión entre servidores se puede emplear como medio de transmisión el cable de fibra óptica.

Por su parte esta red local del centro de control se conecta a la red troncal de comunicaciones a través de un nodo de comunicaciones. Si no existiese la red troncal de comunicaciones se puede realizar la interconexión entre la LAN del Centro de Control y la LAN de campo mediante el propio switch que gestiona la LAN del Centro de Control.

La Estación de Trabajo sirve de interfaz gráfica entre el operador y las instalaciones, en ella el operador puede observar el estado del túnel así como actuar sobre él. Por su parte, el Servidor se encarga de recoger y almacenar toda la información proveniente de todos los sistemas bajo control.

Los sistemas de seguridad y vigilancia son gobernados directamente por los algoritmos de control, embebidos en las ERUT y gestionados desde el Servidor. Existen ciertos sistemas que típicamente poseen equipos propios para su control (Postes SOS, CCTV y DAI, megafonía). En este último caso, el sistema de control realiza la integración de estos sistemas comunicando con sus controladores específicos, bien mediante la propia red local, o bien mediante enlaces tipo serie (RS-232C, RS-485, etc.).

#### 7.4.3. Requerimientos de sistema de Centro de Control

Los requerimientos que se exige al sistema del centro de control están orientados hacia una integración de todos los túneles empleando una arquitectura estándar y no propietaria. Así los requerimientos mínimos exigidos son:

- Estructurar el sistema de centro de control en equipos y software base de mercado, de los que existan un gran número de proveedores.
- Disponer de una arquitectura Hardware/Software ampliable, facilitando crecimientos no traumáticos (ampliación de sistemas controlados, de funcionalidades, de equipamiento e integración de sistemas externos).

- Hainbat sistema aldi berean kontrolatzeko erraztasunak ematea (gizakia-makina interfazea):
  - Sistema aukeratzeko baliabide errazak erabiltzea.
  - Hainbat sistema aldi berean ematea ahalbidetzea.
  - Hainbat pantaila, bereizmen altuak eta halakoak biltzeko modua ematea.
  - Alarma aktiboak kudeatzeko erraztasunak ematea.
- Operadorearen kontsoletatik edozein tuneletako instalazioak gainbegiratzeko eta kontrolatzeko modua egon behar du.
- Kontrol zentralizatuko sistemak nahikoa tolerantea izan behar du kontrolko zentroaren ekipamenduan, lehen mailakoe-tan bederen. Horretarako, prozesatze zerbitzariak jartzea aurreikusunak da, stand by moduko funtzionamenduekin eta datuen erantzunarekin; hala, zerbitzari nagusian hardware akatsen bat gertatzen bada, bigarren mailako zerbitzariak beharrezko funtzionaltasun osoa hartuko du bere gain, tuneletako kontrola zerbitzu barik ez uzteko.
- Kontrolko sistema propioa duten sistemetatik datorren informazioa integratzea funtsezko eskakizuna da tunelaren bide-segurtasunerako, zeren eta instalazioan izan daitezkeen alarma ugari sistema horien bidez baitaude hornituta. Hala, honako adibide hauek zehaztu dira:
  - SOS zutoinak kudeatzeko sistema, larrialdietako dei abisuak, SOS zutoinen egoera.
  - CCTVko kudeaketa sistema: aurrez ezarritako monitorean alarmaren tokiari estaldura ematen dion irudiaren kati-gamendua ahalbidetzen du, operadoreak ikusizko eba-luazioa egin dezan, grabazio sistema martxan duela.
  - GAD sistema, trafikoarekin loturiko alarmak (geldirik dagoen ibilgailua, abiadura murriztea, ikuspena, etab.).
  - Megafonia sistema, programaturiko mezuak automatikoki igortzea zenbait gorabehera baieztatzean.
- Facilitar el control simultáneo de varios sistemas (interface hombre-máquina):
  - Utilizar medios sencillos de selección de sistema.
  - Permitir presentación simultánea de varios sistemas.
  - Permitir utilización de varias pantallas, altas resoluciones, etc.
  - Facilitar la gestión de alarmas activas.
- Desde las consolas de operador se debe poder supervisar y controlar las instalaciones de cualquiera de los túneles.
- El sistema de control centralizado debe ser suficientemente tolerante a fallos, al menos de primer nivel, en el equipamiento de centro de control. Para ello, se prevé la instalación de servidores de procesamiento con funcionamiento en modo stand by y replicación de datos, de forma a que ante un fallo hardware en el servidor principal, el servidor secundario pase a asumir la funcionalidad total necesaria, evitando dejar sin servicio el control de los túneles.
- La integración de información procedente de sistemas que posean un sistema de control propio es un requerimiento fundamental para la seguridad vial en el túnel, ya que numerosas alarmas que puedan producirse en la instalación vienen suministradas por dichos sistemas. Así, a modo de ejemplo se definen algunos ejemplos:
  - Sistema de gestión de postes SOS, avisos de llamadas de emergencia, estado de los postes SOS.
  - Sistema de gestión CCTV, permite el enclavamiento de la imagen que cubre el lugar de alarma en un monitor predeterminado para evaluación visual por parte del operador, con el sistema de grabación activado.
  - Sistema DAI, alarmas relacionadas con tráfico (vehículo parado, disminución de velocidad, baja visibilidad, etc...).
  - Sistema de megafonía, emisión automática de mensajes programados ante la confirmación de determinados incidentes.

#### 7.4.4. Kontrolako zentroko ekipoak

Kontrolako zentroak Bizkaiko tunelak kontrolatzeko ekipo hauek behar ditu.

- Zerbitzari nagusiak eta erreserbako zerbitzariak, kontrolako sistemaren aplikazioekin eta datu basea denbora erreala-ren kudeatzailearekin.
- Bezero gisa funtzionatzen duten ordenagailuen laneko estazioak; bertatik zaindu eta kontrolatuko dira sistemak.
- Laser teknologiatik inprimagailuak, instalazioen eta lineen egoerari buruzko aldizkako parteak lortzeko, sistemak erregistratzen dituen gorabeherak inprimatzeko.
- Ikusteko elementuak (monitoreak, erretroproiektoreak), non kameretako irudiak, tuneletako sinoptikoak, etab. ikus daitezkeen.
- RJ-45 portuetako Switch Ethernet delakoa, kontrolako zentroren tokiko sarea izar-itxuran konfiguratzeko; orde-nagailuak eta inprimagailuak konektatzen ditu.
- Kontrolako zentroko tokiko sarea eta enborreko edo garraio sarea komunikatzeko komunikazio-gunea.

*Oharra:* Proiektua idazteari dagokionez, tunel berrian aurreikusitako sistema eta instalazio guztiak kontrolako zentroan dauden gainerako tunelen sistemekin integratu behar da. Tunel berria jartzeko proiektuak honako aurreikuspen hauek izan behar ditu:

- Zerbitzariak eta bezeroak, teknologia-maila altukoak eta hurrengo tituluak integratzeko nahikoa ahalmen dutenak.
- Komunikazio-sarea, switch-ak, kableak.
- Integratu beharreko tuneleko SOS zutoinen sarea jartzea.
- Bide-matrizea handitzea.
- TBko kamerak ikusteko monitoreak.

#### 7.4.4. Equipos del centro de control

El centro de control necesita los siguientes equipos para el control de los túneles de Bizkaia.

- Servidores principales y de reserva, con las aplicaciones del sistema de control y el gestor de base de datos en tiempo real.
- Estaciones de Trabajo con ordenadores funcionando a modo de clientes, desde donde se vigilarán y controlarán los diferentes sistemas.
- Impresoras, de tecnología láser para obtener partes periódicos del estado de las instalaciones, y de líneas para imprimir las incidencias que vaya registrando el sistema.
- Elementos de visualización (monitores, retroproyectores) en el que podrán visualizar las imágenes de cámaras, sinópticos de los túneles,...
- Switch Ethernet de puertos RJ-45, para la configuración de la red local del centro de control en estrella, que comunicara los distintos ordenadores e impresoras.
- Nodo de comunicaciones para comunicar la red local del centro de control con la red troncal o de transporte.

*Nota:* En la redacción del proyecto se analizarán la integración de todos los sistemas e instalaciones que están previstos instalar en el nuevo túnel con los sistemas del resto de los túneles existentes en el Centro de Control. El proyecto de las instalaciones de un nuevo túnel debe incluir la previsión de:

- Servidores y clientes, siendo estos de última tecnología, y con suficiente capacidad para la integración de siguientes túneles.
- Red de comunicaciones, switches, cableado.
- Instalación de la red de postes SOS del túnel a integrar.
- Ampliación de la Matriz de Vídeo.
- Monitores para la visualización de las cámaras de TV.

### 7.4.5. Barrunbearen ezaugarriak

Areto diafanoa duen eraikin batean dago kontrolleko zentroa, ustiapenak kudeatzen dituen tunel guztietarako monitoreak, erretroproiektoreak eta lan-estazioak kokatzeko beharrezko tamainakoa izan behar duena. Kontrolleko gelaz gain, armairuetarako gela bat (bertan jartzen dira sistemetako ekipoak), kontrolleko zentroko zuzendariaren bulegoa eta krisi-egoretan biltzeko gela izan behar ditu kontrolleko zentroak.

Kontrolleko gelak lur tekniko erabilgarria eta aire egokitua izango ditu gela osoan, ekipoek behar bezala funtziona dezaten. Hona hemen barrunbearen bestelako ezaugarriak:

- Ekipoen eta beharrezko elementu osagarrien arteko konexioa kabletarako lur tekniko, ekipoen konexioetarako sarrekin eta irteerekin.
- Energia eta komunikazioen beharrezko kableak.
- Ekipoak hornitzeko kableetatik deribaturiko babes elektriko koadroa.
- Funtzionatzeko giroa. Horren bidez, bermatu egingo da ekipoek errendimendu osoan lan egiten dutela zehaztapenen arabera. Horrek esan nahi du beharbada eraikineko aire egokituko ekipoak edo aire egokituaren sistema egon daitezkeela, kontrolleko zentroaren kargari aurre egiteko gai direnak.
- Suen kontrako sistema, detektore ionikoetan eta optikoetan oinarrituz, ekipo elektrikoak dituen gela baten su-arriskuei aurre egiteko.
- CCTV monitoreak eta erretroproiektoreak euskarrizteko egitura modularra.
- Etendako Elikadura Sistema (EES), banaketa elektrikoa eten arren sistemak eraginkorrak izango direla bermatzeko.

Armairuen gelak sistemen balizko handitzerako leku nahikoa izan beharko du. Halaber, armairuek gutxieneko babes indizea (IP45) edukiko dute.

## 8. MANTENTZEA

Mantentzearen helburua tuneletako instalazioak zerbitzu-egoera bikainean edukitzea da, egon daitezkeen matxuren edo kalteen eragina eta kopurua murrizteko, eragiketen garapen egokia ahalbidetzeko eta zerbitzuaren kalitatea hobezina izateko.

Mantentze jardueren barruan, bi mantentze-mota bereizten dira jarduera eragin duen zioaren arabera, hots, mantentze zuzentzailea eta mantentze prebentiboa.

Segurtasun, zaintza eta kontrolleko ekipoen eta sistemen ezaugarriak eta prestazioak aldatu eta hondatu egiten dira denborak aurrera egin ahala. Ustiapen eta mantentze egokiari esker, elementuen kalitateari eutsi dakioke, eta hala, ekipoek eta sistemek funtzionamenduan iraun bitartean izan behar dituzten prestazioak ziurtatuko dira eta tunelaren segurtasun-indizeari eutsiko zaio. Ekipoen eta sistemen prestazioei eusteko egiten diren ohiko jarduketek dagokie mantentze prebentiboa.

Mantentze zuzentzailea espero ez diren akatsak eta matxurak konpontzean datza; hainbat eragile izan daitezke: ekintza bandalikoak, trafiko istripuak, korrosio-eragileak, eguraldi gogorak eragindako ondorioak, etab.

### 8.1. Mantentze prebentiboa

Mantentze prebentiboa ohiko jarduketei dagokie; izan ere, jarduketa horiei esker, hobeagoak izango dira ekipoek eta sistemek funtzionamenduan jarraitu bitartean izan behar dituzten prestazioak, betiere akatsak izateko posibilitateak murriztuz, prest daudela ziurtatuz eta ekipoen iraupena luzatuz. Planifikaturiko jarduketak dira, eta Mantentze Jarduketan Programa egiteko oinarri dira.

Mantentze prebentiboko jarduketak hauexek izan daitezke: ikuskapenak, garbiketak, funtzioen egiaztapenak eta aldizkako azterketak (hondatutako elementuak aldatzea ere multzo horretan sar daiteke).

### 7.4.5. Características del recinto

El Centro de Control se sitúa en un edificio el cual dispone de una sala diáfana del tamaño necesario para ubicar los monitores, retroproyectores y estaciones de trabajo para todos los túneles que gestione la Explotación. Además de la sala de control, el centro de control debe estar dotado con sala para armarios (donde se instala los equipos de los distintos sistemas), despacho para director del centro de control y sala de reunión para situaciones de crisis.

La sala de control dispondrá de suelo técnico practicable en toda la sala y de aire acondicionado para el correcto funcionamiento de los equipos. Otras características que reúne el recinto son

- Suelo técnico para albergar los cables de interconexión entre equipos y los elementos auxiliares necesarios, con entradas y salidas para conexión a los equipos.
- Cableado de energía y comunicaciones necesario.
- Cuadro de protecciones eléctricas de donde se derivarán los cables de alimentación de los equipos.
- Ambiente de funcionamiento que asegure que los equipos trabajan a pleno rendimiento según especificaciones, lo que puede significar equipos de aire acondicionado específicos o sistema de acondicionamiento del edificio capaz de hacer frente a la carga del centro de control.
- Sistema contra incendios basado en detectores iónicos y ópticos para hacer frente a los riesgos de fuego de una sala de equipos eléctricos.
- Estructura modular para soportar los monitores de CCTV y retroproyectores.
- Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) que asegure la operabilidad de los sistemas con corte en la distribución eléctrica.

La sala de los armarios deberá prever espacio suficiente para una posible ampliación de los sistemas. Asimismo, los armarios deberán disponer de un índice de protección mínimo IP45.

## 8. MANTENIMIENTO

El objetivo del mantenimiento es conservar las instalaciones de los túneles en perfectas condiciones de servicio, disminuyendo el número e impacto de las posibles averías o desperfectos, permitiendo el normal desarrollo de las operaciones, e intentando que la calidad del servicio sea óptima.

Dentro de las actividades de mantenimiento se engloban dos tipos atendiendo a la motivación que provoca la intervención, éstos son el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo.

Las características y prestaciones de los equipos y sistemas de seguridad, vigilancia y control se modifican y degradan en el transcurso del tiempo. Una correcta explotación y mantenimiento permiten conservar la calidad de los elementos asegurando las prestaciones exigidas a los equipos y sistemas durante el tiempo de vida de los mismos y conservando el índice de seguridad del túnel. El mantenimiento preventivo corresponde a las actuaciones rutinarias que se realizan con el objetivo de conservar las prestaciones de los equipos y sistemas.

El mantenimiento correctivo consiste en la reparación de los desperfectos y averías inesperadas cuyo origen pueden ser actos de vandalismo, accidentes de tráfico, acciones de la corrosión, efectos de fenómenos meteorológicos severos, etc.

### 8.1. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo corresponde a las actuaciones rutinarias que contribuyen a que los equipos y sistemas mantengan las prestaciones exigidas durante el tiempo de vida de los mismos, minimizando la posibilidad de fallo, asegurando su disponibilidad y alargando su vida útil. Estas actuaciones son planificadas y sirven de base para la elaboración de un Programa de Actuaciones de Mantenimiento.

Las actuaciones de mantenimiento preventivo pueden ser inspecciones, limpiezas, verificaciones funcionales y revisiones periódicas (que pueden incluir sustitución de elementos desgastados).

Ikuskapena elementuaren egoera behatzean datza. Garbiketarak ohiko mantentze-lana gehitzen dio ikuskapenari. Elementuak funtzionatu behar badu –halaxe gertatzen da ekipo elektronikoren kasuan– funtzioen egiaztapenean egoera posibleen erantzuna egiaztatzen du. Aldizkako azterketa, azkenik, mantentze prebentiboko azterketarik osoena da, eta haren barruan biltzen dira ikuskapena, garbiketa, funtzioen egiaztapena hala denean eta ohiko beste edozein mantentze-lan, hala nola, koipeztatzea, dardaren intentsitatea egiaztatzea, jarraitu beharreko dimentsioak neurtzea, etab.

Honako hauen arabera alda daitezke mantentze prebentibori dagozkion jarduketak eta maiztasuna: ustiatazailearen esperientzia edo zerbitzuaren kalitatea arriskuan jarri edo hori uki dezaketen ekipoetan eta sistemetan akatsak behin eta berriz gertatzea. Bestalde, mantentze prebentibori dagozkion lanen programazioa egitean, kontuan izango dira fabrikatzaileek ustiapenari hornituriko ekipoak behar bezala mantentzeko ezarritako zehaztapenak eta jarduketak.

Mantentze plan espezifikoak egin behar dira tunel bakoitzean, ustiapenaren jarraibide teknikoan zehazten denez. Biderapena emate aldera, mantentze zuzentzailearen ondorengo programazioa proposatzen da ekipo bakoitzerako (programazioaren aurkezpenean, jarraibide tekniko honetako aurkibidean ezarritako ordena jarraituko da), non kasu bakoitzean adierazitako lanen maiztasuna izango baita:

| Ekipoa/Sistemak                        | Garbiketa   | Ikuskapen Teknikoa |
|--|-------------|--------------------|
| Seinale aldagarriak .....              | 6 hilabete  | 12 hilabete        |
| Barrerak.....                          | 6 hilabete  | 6 hilabete         |
| Indukzioko aforadoreak .....           | 12 hilabete | 12 hilabete        |
| CCTV (kamerak eta ekipoak) .....       | Hilabete 1  | Hilabete 1         |
| SOS zutoinak .....                     | Hilabete 1  | 3 hilabete         |
| Megafonia (bozgorailuak, etab.) .....  | 6 hilabete  | 6 hilabete         |
| Irrati-emanaldia .....                 | 12 hilabete | 6 hilabete         |
| Urruneko estazioak .....               | 6 hilabete  | Hilabete 1         |
| Zerbitzariak (kontrola, SOS,...) ..... | 6 hilabete  | Hilabete 1         |

## 8.2. Mantentze zuzentzailea

Ekipoetan edo instalazioetan hutsune edo disfuncioren bat detektatu dela-eta premiaz egiten denari deritzo mantentze zuzentzailea; izan ere, hutsune horrek eragina izan dezake galtzadako erabiltzaileen bide-segurtasunean, neurri batean edo bestean.

Erabiltzaileen bide-segurtasuna neurri handiagoan edo txikiagoan ukitze horrek emango ditu arazoa duen ekipoan mantentze zuzentzaileko lanak burutzeko ezarritako epeak. Lanen kalitate irizpide gisa hartuko dugu, beraz, erabiltzailearen segurtasuna hobetzea.

### USTIAPENENKO JARRAIBIDE TEKNIKOA TUNELETAKO

#### 1. XEDEA

Jarraibide honen xedea ustiapeneko xedapen eta zehaztapen teknikoak definitzea da Bizkaiko Lurralde Historikoko tuneletarako, zerbitzuaren, zerbitzuan jartzearen, eraikuntzaren, proiektuaren eta plangintzaren faseetan.

Bizkaiko Foru Aldundiak ezarritako ondorengo helburu hauek lortu nahi dira dokumentu honekin, jakin beharreko helburuak:

- Errepideko tunelen plangintza-egileari, proiektu-egileari, eraikitzaileari edo ustiatazaileari laguntzeko gida bat izatea, tunelek egiteko etapetan lanak betetzeko segurtasun eskakizunei buruzko jarraibide teknikoak izan ditzaten diseinuari, eraikuntzari eta ustiapenari dagokienez.
- Herri administrazioaren eskakizunak teknikoki zehaztea; hala, eskatzekoa den legezko eremu gisa balioko du.
- Zerbitzu-maila altuari eustea errepideetako tunelen ustiapenean, tunelen barruko aldeetan pertsonen segurtasuna eta ongizatea hobetzeko, baita tunelen kudeaketa ekonomikoa hobea izan dadin lagungarria izateko ere.

La inspección consiste en la observación del estado de conservación del elemento. La limpieza añade a la inspección el trabajo rutinario de mantenimiento. Si el elemento debe funcionar, como es el caso de muchos equipos electrónicos, la verificación funcional comprueba la correcta respuesta de sus estados posibles. La revisión periódica, por último, es el tipo más completo de revisión de mantenimiento preventivo, y comprende la inspección, la limpieza, la comprobación funcional si es el caso, y cualquier otro tipo de mantenimiento rutinario como, por ejemplo, el engrase, la comprobación de intensidades de vibración, la medida de dimensiones que deban ser objeto de seguimiento, etcétera.

Las actuaciones de mantenimiento preventivo y su frecuencia pueden verse modificadas en base a la experiencia del explotador, cuando fallos reiterados en los equipos o sistemas pongan en riesgo o afecten directamente a la calidad del servicio. Por otra parte la programación de los trabajos de mantenimiento preventivo se establecerá teniendo en cuenta las especificaciones y actuaciones previstas por los distintos fabricantes para el correcto mantenimiento de los equipos que han suministrado a la explotación.

Se deben realizar planes específicos de mantenimiento para cada túnel como se especifica en la Instrucción Técnica de Explotación. De forma orientativa se propone la siguiente programación de mantenimiento preventivo para cada equipo (en la presentación de la programación se seguirá el orden establecido en el índice de esta Instrucción Técnica), con la periodicidad en las operaciones que se indica en cada caso:

| Equipo / Sistemas                        | Limpieza | Inspección Técnica |
|--|----------|--------------------|
| Señales Variables.....                   | 6 meses  | 12 meses           |
| Barreras.....                            | 6 meses  | 6 meses            |
| Aforadores inductivos.....               | 12 meses | 12 meses           |
| CCTV (cámaras y equipos).....            | 1 mes    | 1 mes              |
| Postes SOS.....                          | 1 mes    | 3 meses            |
| Megafonía (altavoces, et. Potencia) .... | 6 meses  | 6 meses            |
| Retransmisión radio .....                | 12 meses | 6 meses            |
| Estaciones remota .....                  | 6 meses  | 1 mes              |
| Servidores (control, SOS...) .....       | 6 meses  | 1 mes              |

## 8.2. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo es el que se realiza con carácter de urgencia debido a la detección de una anomalía o disfunción en los equipos o instalaciones que puede afectar en mayor o menor medida a la seguridad vial de los usuarios de la calzada.

Será la mayor o menor afección a la seguridad vial de los usuarios lo que determinará los plazos preestablecidos para llevar a cabo las acciones de mantenimiento correctivo sobre el equipo que presente el problema. Tomaremos pues como criterio de calidad en las acciones la optimización de la seguridad del usuario.

### INSTRUCCIÓN TÉCNICA DE EXPLOTACIÓN DE TÚNELES

#### 1. OBJETO

Esta Instrucción tiene por objeto definir las disposiciones y especificaciones de carácter técnico referentes a la explotación, para los túneles del Territorio Histórico de Bizkaia, aplicables en las fases de servicio, puesta en servicio, construcción, proyecto y planeamiento de los mismos.

Este documento persigue los siguientes objetivos establecidos por la Diputación Foral de Bizkaia. A saber:

- Disponer de una guía que sirva de ayuda al planificador, proyectista, constructor o explotador de túneles de carretera para que, cada uno en las etapas de su incumbencia, tenga unas instrucciones técnicas claras de diseño, construcción y explotación sobre los requerimientos de seguridad que le permita desarrollar sus cometidos.
- Concretar técnicamente las exigencias de la Administración Pública, de forma que sirvan de marco legal exigible.
- Mantener un elevado nivel de servicio en la explotación de túneles viarios, incrementando la seguridad y bienestar de las personas en su interior, así como contribuir a la mejor gestión económica de los túneles.

## 2. NORAINOKOA

Jarraibide tekniko hau zerbitzuan dauden tunelei eta, oraindik ustiatu ez arren, zerbitzuan jartzeko fasean, eraikitze fasean, proiektuko fasean edo planeamenduko fasean dauden Bizkaiko Lurralde Historikoko errepide-sareko tunelei aplikatuko zaie, Bizkaiko Errepideei buruzko otsailaren 18ko 2/1993 Foru Arauan ezarritakoaren arabera, eta kontuan hartuta errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 2. artikuluan ezarritako tunel definizioa.

Jarraibide teknikoak nahitaz bete beharreko segurtasun-baldintzak zehaztu ditu.

Jarraibide hau argitaratzeko unean zerbitzuan edo eraikitze fasean dauden tunelen kasuan, praktikan betearazi ezin diren soluzio teknikoak erabili behar badira (jarraibidean adierazitako baldintza batzuk betetzeko) edo horien kostua neurritz kanpokoak izanez gero, Administrazio Agintaritzak arriskua murrizteko beste neurri batzuk aplikatzeko baimena eman dezake, baldin eta arriskua murrizteko neurriko segurtasun maila berbera edo handiagoa sortzen badute. Tunelaren kudeatzaileak, neurri horiek proposatzen dituenak, neurrien eraginkortasuna justifikatu beharko du, arriskuaren azterketa eginez.

Txosten hau Ikuskapen Erakundeak auditatuko du; Segurtasun Irizpena bidaliko dio Administrazio Agintaritzari, eta aldeko balorazioa ezinbestekoa izango da Administrazio Agintaritzaren baimena lortzeko.

Tunelaren kudeatzaileak, zuzenean edo kontratista edo ustiazen duen enpresaren bidez (kudeatzaile ordezkariak), errepide-etako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 5. artikulua betetzen dela bermatzeko beharrezko giza baliabideak eta baliabide materialak jarriko ditu, eta bereziki, ikuskapen organoaren ikuskapenetan, probetan, entseguetan, ikuskapen-, gainbegiratzeko eta ebaluazio-zereginetan, jardute-protokoloen simulakro edo simulazioetan, bai eta lanetan segurtasunerako baldintzak bermatzeko ere (adibidez: erraiak ixtea, seinaleak jartzea).

## 3. KODEAK, ARAUAK ETA ARAUDIAK

Jarraian, dokumentu honetan aplikatu beharreko arauak eta araudiak aipatzen dira:

- Abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretua, Bizkaiko errepideetako tunelen segurtasunari buruzkoa.
- Europako Parlamentuaren eta Kontseiluaren 2004/C 95 E/05 Zuzentaraua, errepideen Europaz gaindiko sareko tuneletarako gutxieneko segurtasun neurriei buruzkoa.
- Maiatzaren 26ko 635/2006 Errege Dekretua, Estatuko errepideetako tunelen gutxieneko segurtasun-baldintzei buruzkoa.
- 2006ko uztailaren 31ko 635/2006 Errege Dekretuko akats-zuzenketa.
- Eusko Legebiltzarraren apirilaren 3ko 1/1996 Legea, larrialdien kudeaketari buruzkoa.
- Ekainaren 24ko 153/1997 Dekretua, Euskadiko Babes Zibilerako Plana onesten duena, «Larrialdiei aurregileko bidea-LABI», eta larrialdietan jarduteko euskal sistema integartzeko mekanismoak arautzen dituena.
- Apirilaren 15eko 8/1999 Foru Araua, Bizkaiko Errepideen Lurralde Plan sektoriala onesten duena.
- Otsailaren 18ko 2/1993 Foru Araua, Bizkaiko Errepideei buruzkoa.
- Euskal Autonomia Erkidegoaren errepideen proiektuetarako arau teknikoak.

## 4. SARRERA

Tunelen ustiapenaren barruan sartzeko dira honako hauek: trafikoa gainbegiratzeko eta kontrolatzeko jardueretan diharduten bitartekoak eta baliabideak antolatzea, gorabeheretan laguntza ematea, tunel bat edo hainbat tunelen azpiegiturak eta instalazioak mantentzea eta bitarteko eta baliabide horiek zuzentzeko eta administrazteko lanak, baita kanpoko baliabideekin koordinatzeko lanak ere.

Ustiapen bakoitzak kontroleko zentro bat izango du, eta bertan egingo dira ustiapenaren tunelak gainbegiratzeko, kontrolatzeko eta eragiketarako buruzko jarduerak.

## 2. ALCANCE

La presente Instrucción técnica se aplicará a los túneles en servicio y a los túneles que aún no estando en explotación, se encuentran en fase de puesta en servicio, en fase de construcción, en fase de proyecto o en fase de planeamiento, de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según Norma Foral 2/1993, del 18 de febrero de Carreteras de Bizkaia y según la definición de túnel establecida en el artículo 2 del Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

La Instrucción técnica define los requisitos de seguridad que serán de obligado cumplimiento.

Para túneles en servicio o en construcción en el momento de publicación de la presente Instrucción, en el caso de que determinados requisitos indicados en la instrucción solo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas de imposible ejecución en la práctica o que tengan un coste desproporcionado, la Autoridad Administrativa podrá autorizar que se apliquen otras medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando estas medidas de reducción del riesgo den lugar a un nivel equivalente o mayor de seguridad. El Gestor del Túnel, proponente de estas medidas, deberá justificar la eficacia de las mismas mediante un Análisis de riesgo.

Este informe será auditado por el Organismo de Inspección, quien remitirá a la Autoridad Administrativa un Dictamen de Seguridad, cuya valoración favorable será necesaria para obtener la autorización de la Autoridad Administrativa.

El gestor del Túnel, directamente o a través del contratista o empresa explotadora (gestores delegados), deberá poner los recursos materiales y humanos necesarios para garantizar el cumplimiento del DFST (DF 135/2006, de 23 de agosto, artículo 5), y particularmente en la ejecución de las inspecciones del Organismo de Inspección, pruebas, ensayos, tareas de inspección, supervisión y evaluación así como la realización de simulacros o simulaciones de protocolos de actuación, y para garantizar las condiciones de seguridad en los trabajos (ej. Cortes de carril, señalización).

## 3. CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

A continuación se citan Normas y Reglamentos de referencia aplicables en este documento:

- Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras de Bizkaia.
- Directiva 2004/C 95 E/05 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras.
- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad de los túneles de carreteras del Estado.
- Corrección de errores del Real Decreto 635/2006, de 31 de julio de 2006.
- Ley del Parlamento Vasco 1/1996, de 3 de abril, de gestión de emergencias.
- Decreto 153/1997, de 24 de junio por el que se aprueba el Plan de Protección Civil de Euskadi, «Larrialdiei aurregiteko bidea-LABI» y se regulan los mecanismos de integración del sistema vasco de atención de emergencias.
- Norma foral 8/1999, de 15 de abril, por la que se aprueba el Plan Territorial sectorial de carreteras de Bizkaia.
- Norma foral 2/1993, de 18 de febrero, de carreteras de Bizkaia.
- Norma técnica para proyectos de carretera de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

## 4. INTRODUCCIÓN

La explotación de túneles comprende la organización de medios y recursos dedicados a las actividades de supervisión y control del tráfico, atención de incidentes y mantenimiento de las infraestructuras e instalaciones de uno o varios túneles; así como los trabajos de dirección y administración de dichos medios y recursos y de su coordinación con recursos externos.

Cada una de las explotaciones contará con un centro de control desde donde se realizarán las actividades de supervisión, control y operación de los túneles pertenecientes a dicha explotación.

I. eta II. motako tunel guztiak, Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Arauan emandako definizioaren arabera, ustiapen baten barruan xertatuko dira (kontrolako zentroa).

Ustiapenaren eskuliburu bat egongo da tunel bakoitzeko, eta bertan bildu ahal izango dira tunel bakoitzaren zehaztasunak jasotzeko beharrezkoak diren eragiketa plan guztiak. Jarraibide tekniko honen A eranskinean ustiapenaren eskuliburua egiteko gida agertzen da, izan beharreko gutxieneko edukiak dituela.

Tunelaren kudeatzaileak onetsi beharko ditu ustiapenaren eskuliburua eta horren berriak onetsi beharko ditu.

Datozen kapituluetan zehaztuko dira tunelak ustiatzeko baliabideei eta prozedurei buruzko gutxieneko eskakizunak, Bizkaiko Lurralde Historikoko tunel guztiei aplikatu beharrekoak. Eskakizun horietan proportzionaltasunaren printzipioa beteko da, hots, kostuak erabiltzaileei segurtasuna eta zerbitzua emateko espero diren etekinekiko proportzionalak izango dira.

## 5. GIZA BALIABIDEAK

Ustiapenaren eskuliburuak honako hauek bildu behar ditu: ustiapenaren tamaina, organigrama, funtzioak, pertsonalaren erantzukizunak eta baliabide material eskuragarriak.

### 5.1. Ustiapenaren pertsonala

#### 5.1.1. Ustiapenaren zuzendaria

Ustiapenak administrazio agintarien aurrean duen erantzule nagusia da.

Ustiapenaren helburuak oro har betetzen direla zaintzeko eginkizuna du, haren kargupeko giza baliabide eta material baliabide guztiak administratuz. Halaber, ustiapenaren erantzule ekonomikoa ere bada.

Eragiketako jardueren eta mantentze jardueren koordinazio egoia dela ziurtatu beharko du ustiapenaren zuzendariak, eta instalazioari, eraikinari eta ustiapenari lotutako lokal guztien funtzionamendu onaren eta kontserbazio egokiaren erantzulea da. Haren kargupeko pertsonalaren zerbitzua eta txandako antolatutako beharko dituzten laguntzaileek lagunduta. Halaber, tunelaren kudeatzaileari, barruko auditoretzako eta segurtasuneko txostenak bidaliko dizkio, ustiatzaileak egindakoak, baita eraginpeko instalazioen eta zerbitzuen egoerari buruzko txostenak ere.

#### 5.1.2. Segurtasunaren arduraduna

Tunelaren kudeatzaileak izendatuko du; prebentzioko eta zaintzako neurriak ikuskatuko ditu, baita horien koherentzia ere, erabiltzaileen eta langileen segurtasuna bermatzeko. Halaber, larrialdiko zerbitzuekiko koordinazioa segurtatu eta jarduketa-planak antolatzen lagunduko du.

Segurtasunaren arduradunaren erantzukizunekoak izango da:

- Larrialdiko zerbitzuekiko lankidetzatza segurtatzea eta jarduketa-planak egiten laguntzea.
- Segurtasun-planen zehaztapenean parte hartzea.
- Tuneleko ekipamenduaren zehaztapenean parte hartzea, bai tunel berriei eta bai lehengo tuneletan egindako aldaketek dagokienez.
- Larrialdiko eragiketak planifikatzean, martxan jartzean eta ebaluatzean parte hartzea.
- Larrialdiko zerbitzuen nahiz langileen heziketan eta aldian behingo simulazioen antolamenduetan parte hartzea.
- Tunelen egitura, ekipamendua eta funtzionamendua baimentzeko orduan aholkua ematea.
- Tunelen egituraren zein ekipamenduaren mantentzeak eta konponketak egiaztatzea.
- Istripu edo gorabehera garrantzitsu guztien ebaluazioan parte hartzea.

#### 5.1.3. Eragiketen burua

Eragiketaren jarduerak behar bezala burutzearen inguruko ardura du ustiapenaren zuzendariaren aurrean.

Todos los túneles de tipo I y II, según la definición realizada en la Norma Foral de Seguridad en Túneles estarán integrados en una explotación (un centro de control).

Existirá un Manual de Explotación por cada túnel, que podrá contener tantos Planes de Operación como sea necesario para recoger las especificidades de cada túnel. En el anexo A de esta Instrucción Técnica se muestra la guía para la elaboración del Manual de Explotación, con los contenidos mínimos con que debe contar.

El Manual de Explotación y sus revisiones deben ser aprobados por el Gestor del Túnel.

En los capítulos siguientes se especifican los requisitos mínimos sobre los recursos y procedimientos de explotación de los túneles, de aplicación a todos los túneles del Territorio Histórico de Bizkaia. Estos requerimientos guardarán el principio de proporcionalidad, es decir, los costes deben ser proporcionales a los beneficios esperados en términos de seguridad y servicio a los usuarios.

## 5. RECURSOS HUMANOS

El Manual de Explotación deberá incluir el dimensionamiento de la explotación, con el organigrama, funciones y responsabilidades del personal, y los recursos materiales disponibles.

### 5.1. Personal de la explotación

#### 5.1.1. Director de explotación

Es el responsable último del conjunto de la explotación frente a la Autoridad Administrativa.

Su misión es velar por la consecución del conjunto de los objetivos de explotación, administrando todos los recursos humanos y materiales a su cargo. Asimismo es el responsable económico de la explotación.

El Director de Explotación deberá asegurar la buena coordinación de las actividades de operación y mantenimiento, siendo el garante del buen funcionamiento y estado de conservación de todas las instalaciones, edificios y locales afectos a la explotación. Asistido por sus colaboradores, deberá organizar los turnos y el servicio del personal a su cargo. Será asimismo responsable del envío al gestor del Túnel de los informes de seguridad y auditoría interna realizados por la Explotadora, así como del estado de las instalaciones y servicios afectados.

#### 5.1.2. Encargado de seguridad

Será nombrado por el Gestor del Túnel y se encargará de supervisar las medidas preventivas y de salvaguarda, así como la coherencia de las mismas, a fin de garantizar la seguridad de los usuarios y del personal. Así mismo, asegurará la coordinación con los servicios de emergencia y colaborará en la organización de los planes de actuación.

Será responsabilidad del Encargado de Seguridad:

- Asegurar la coordinación con los servicios de emergencia y colaborar en la organización de los planes de actuación.
- Participar en la definición de los planes de seguridad.
- Participar en la definición del equipamiento del túnel, tanto en lo que se refiere a los túneles nuevos como a las modificaciones de los túneles existentes.
- Participar en la planificación, puesta en práctica y evaluación de las operaciones de emergencia.
- Participar en la formación del personal y de los servicios de emergencia y en la organización de simulacros periódicos.
- Asesorar a la hora de autorizar la estructura, el equipamiento y el funcionamiento de los túneles.
- Verificar el mantenimiento y las reparaciones de la estructura y equipamiento de los túneles.
- Participar en la evaluación de cualquier accidente o incidente significativo.

#### 5.1.3. Jefe de operaciones

Es el responsable, ante el Director de Explotación, de la correcta ejecución de todas las actividades de operación.



Eragiketen buruaren erantzukizuna izango da:

- Ohiko eragiketa guztiak edo larrialdietan erantzuna emateko eragiketak koordinatzea, baita baliabideak koordinatzea ere larrialdietarako kanpoko pertsonala gertaera larri batean aginteaz jabetzen denean.
- Instalazioen egoera eta funtzionamendua zaintzea.
- Ikuskapen eta zaintza lanak koordinatzea.
- Jarraipeneko datuen artxiboa eta prozesu informatikoa.
- Istripu-indizeak ebaluatzea eta txosten espezifikoak aldizka egitea.
- Gainera, eragiketen buruak bere kargu peko pertsonala behar bezala trebatzeko ardura izango du.

#### 5.1.4. Mantentzearen buruak

Mantentze jarduera guztiak behar bezala betearaztearen erantzukizuna izango dute ustiapenaren zuzendariaren aurrean:

- Eragiketen programazioa (hilekoa eta hamabost egunean behingoa) eta eguneko lan aginduak ezartzea.
- Laneko parteak egiteko eta parte horiek egunero berrikusteko jarraibideak.
- Buruturiko lanak ikuskatzea.
- Mantentze ekipoen zerbitzua kudeatzea (txandak).
- Elementu suntsikorren eta ordezkoi piezen stockak kudeatzea.
- Landa-ekipoen inbentarioa eta funtzionamendu agenda kudeatzea eta haren kargupeko tunelen egoera kudeatzea.
- Mantentzeko pertsonalaren trebakuntza egokia dela segurtatzea.

#### 5.1.5. Kontsolako operadoreak

Kontsolako operadoreek laguntza iraunkorra emango diete kontrol-ekipoei, egunero 24 orduetan, urteko egun guztietan. Horiek tuneleko trafikoa kudeatu, gorabeheretan zein larrialdietan lagundu eta tuneletako instalazioen funtzionamendua egokia ikuskatuko dute, zentralizaturiko kontrol-sistemen bitartez.

Eragiketak, bestalde, Ustiapen Eskuliburuan jasotako planen, prozeduren eta protokoloen arabera egingo dira.

#### 5.1.6. Txandako burua

Tunelek pertsona bakarria izango dute uneoro kontrol-ekipoaren jarduketan aginteaz, tuneleko eragiketaren erantzulea baita. Txandako burua kontsolako operadore aditua izango da, eta eragiketen burua ez badago, kontrol-ekipoaren agintearen erantzukizuna hartuko du bere gain.

#### 5.1.7. Landa-agentek

Tunelek etengabe izango dituzte kontsolako operadoreak eginiko atazak osatuko dituzten landa-agenteen taldeak, eta horiekin izango dira harremanetan etengabe jarraibideak jasotzeko. Hauek dira bete beharreko eginkizunak:

- Lehenengo esku hartzeko lehen indarra izango dira istripu arinak gertatzen direnean eta laguntza emango diete zaurituei edo sute txikiak itzaliko dituzte.
- Baldin eta jarraibide hauetako 5.3. atalean zehazturiko larrialdietako kanpoko baliabideek erantzuna emateko denborak ziurtatzen ez badira, landa-agentek behar bezalako gaitasuna izango dute larrialdiko lehen faseetan funtzio horiek betetzeko, ondoren kanpoko errekurtsioak aginteaz jabetzeari eta funtzio horiek burutzeari kalterik egin barik.
- Zirkulazioa kontrolatzeko lehenengo lanak egingo dituzte, arriskuak sor ditzaketen gorabeherak direnean.
- Eskolta eginkizunak burutuko dituzte ibilgailu berezietan eta merkantzia arriskutsuen garraioan noiz-eta ibilgailu horien pasabidea era horretako neurriekin araututa dagoenean.
- Gorabeherarik ez badago, laguntza eman diezaizkete mantentzearen pertsonalari.

Será responsabilidad del Jefe de Operaciones:

- La coordinación de todas las operaciones, sean normales o en respuesta a emergencia, y la coordinación de sus recursos si el personal exterior de emergencia toma el mando en un eventual suceso grave.
- La atención al estado y funcionamiento de las instalaciones.
- La coordinación de las tareas de supervisión y vigilancia.
- El archivo y proceso informático de los datos de seguimiento.
- La evaluación de los índices de accidentalidad y elaboración periódica de informes específicos.
- Además, el Jefe de Operaciones deberá velar por la correcta formación del personal a su cargo.

#### 5.1.4. Jefes de mantenimiento

Serán los responsables, ante el Director de Explotación, de la correcta ejecución de todas las actividades de mantenimiento. Como cometidos específicos, se encargarán de:

- El establecimiento de la programación operativa (mensual o quincenal) y de las Órdenes de Trabajo diarias.
- Las instrucciones para la formulación de partes de trabajo y la revisión diaria de dichos partes.
- La supervisión de los trabajos ejecutados.
- La gestión del servicio (turnos y tareas) de los equipos de mantenimiento.
- La gestión de los stocks de elementos fungibles y repuestos.
- La gestión del inventario de equipos en campo y de la agenda de funcionamiento y estado de los túneles a su cargo.
- Asegurar la correcta formación del personal de mantenimiento.

#### 5.1.5. Operadores de consola

Los centros de control estarán atendidos permanentemente por operadores de consola, 24 horas al día, todos los días del año. Éstos realizan operaciones de gestión del tráfico del túnel, atención de incidentes y emergencias, y de supervisión del correcto funcionamiento de las instalaciones de los túneles, a través de los sistemas de control centralizados.

Las diferentes operaciones se llevarán a cabo de acuerdo con los planes, procedimientos y protocolos contenidos en el Manual de Explotación.

#### 5.1.6. Jefe de turno

Los túneles dispondrán en todo momento de una única persona al mando de las actuaciones del centro de control y responsable de la operación en el túnel. El Jefe de Turno, será un operador de consola experto, que en ausencia del Jefe de Operaciones, asumirá la responsabilidad y el mando del centro de control.

#### 5.1.7. Agentes de campo

Los túneles contarán de manera permanente con equipos de Agentes de Campo que complementarán las tareas realizadas por los operadores de consola, con quienes están en contacto permanente para recibir instrucciones. Sus cometidos serán los siguientes:

- Constituirán la fuerza de primera intervención para actuar en campo caso de accidentes leves, asistiendo a los heridos o sofocando pequeños incendios.
- En los casos en que no aseguren los tiempos de respuesta de los recursos externos de emergencia definidos en el apartado 5.3 de estas Instrucciones, los Agentes de Campo deberán estar adecuadamente capacitados para cubrir esas funciones en las primeras fases de la emergencia, sin perjuicio de que posteriormente sean los recursos externos los que tomen el mando y realicen estas funciones.
- Realizarán las primeras actuaciones de control de la circulación, en presencia de incidentes que puedan ocasionar riesgos.
- Realizarán funciones de escolta a vehículos especiales y de transporte de mercancías peligrosas, para los túneles en los que su paso esté regulado con este tipo de medidas.
- En ausencia de incidentes, podrán asistir al personal de mantenimiento en sus tareas.

### 5.1.8. *Mantentzearen pertsonala*

Mantentzearen pertsonala izan beharko da ustiapenetan, eta horien eginkizuna tunela, azpiegitura eta gainegitura baldintza ego-kietan mantentzea izango da. Honako hauek bereizten dira gaita-sunaren arabera:

- Artapenerako patruilak, obra zibila eta neguko bideak mantentzeko ardura izango dutenak.
- Tunelen instalazioetako teknikari espezialistak.

## 5.2. *Larrialdietako kanpoko baliabideak*

### 5.2.1. *Euskadiko larrialdietan jarduteko zuzendaritza*

Euskadiko Larrialdietan Jarduteko Zuzendaritza, Eusko Jaur-laritzaren Herrizaingo Sailekoa, Euskal Autonomia Erkidegoaren eremuan gerta daitekeen larrialdi-mota orotan erantzuna emateko arduraduna da.

Larrialdietan Jarduteko Sistema Koordinatua eta Integrala elka-rrekin lotura duten lau zerbitzu osagarritan dago egituratuta:

- Plangintza zerbitzua.
- Esku hartzeko zerbitzua.
- Koordinazio zerbitzua (SOS Deiak). Bizkaiko SOS Deiak zen-troa. Eusko Jaurlaritzaren Larrialdiak Koordinatzeko Zen-troa, Bizkaiko Lurralde Historikoko dagoena.
- Trebakuntza eta hedakuntza zerbitzua.

Oro har, larrialdiekin lotutako alderdi guztiak estaltzen eta bete-tzen dituzte: arriskuen aurreikuspena, plangintza, taktikak, bali-a-bideak eta bitartekoak, jarduteko ildoan hedakuntza, herritarrak oro har eta talde jakin batzuk trebatzea, deiak jasotzea, baliabideak koo-rdinatzea eta gorabeherak tokian bertan konpontzea. Hori guztia tek-nologiarik aurreratuenak eta giza talde oso gaitua izanik.

#### PLANGINTZA ZERBITZUA

Euskadiko Larrialdietan Jarduteko Zuzendaritzaren plangintza zerbitzua da larrialdi planak egiteko arduraduna duena, betiere hain-bat istriputan jarduteko eta aurreikuspen eta jarduketa lanak buru-tzeko ildoak finkatuz, horien artean Bizkaiko Lurralde Historikoko tunelei dagozkienak.

#### ESKU HARTZEKO ZERBITZUA

Horren eginkizuna etengabeko zerbitzua ematea da honako hauetan urte osoko 24 orduetan: babes zibilaren eremuko larri-aldietan, mendiko eta uretako erreskate eta bilaketetan, materia arris-kutsuen istripuetan, basoko eta hiriko suteetan eta arrisku larri-etan, hondamendietan eta istripuetan hala nola uholdeetan, lur-jauzietan, lerraduretan, etab. Esku hartzeko zerbitzuak zuzenean jarduteko eskumena du Bizkaiko tuneletako gorabeheretan eta istri-puetan.

#### KOORDINAZIO ZERBITZUA (SOS DEIAK):

Herritarrei larrialdietan zerbitzu osoa eta koordinatua eskaini-tzea da zerbitzuaren eginkizuna, doako 113 telefono bakarraren bidez.

Telefono horren bidez, tuneletako ustiatzaileek erantzuna jasoko dute larrialdietan, eta beharrezko baliabideak mugiaraziko dira: osasun zerbitzuak, suhiltzaileak eta polizia.

#### TREBAKUNTZA ETA HEDAKUNTZA ZERBITZUA

Hainbat gizarte talderentzako trebakuntza programak presta-tzeko arduratzen da, material didaktikoa egiten du, era guztietako argitalpenak lantzen ditu, ikastaroak eta simulakroak antolatzen ditu eta zabalkuntza programak prestatzen ditu oro har.

### 5.2.2. *Larrialdietako kanpoko baliabideak. Ekintza taldeak*

Larrialdietan jarduteko kanpoko baliabideak sorospeneke zer-bitzua publikoak dira, honako ekintza talde hauek osatuta, Euska-diko Babes Zibilerako Planean ezarri denez:

- Esku hartzeko taldea. Bizkaiko Lurralde Historikoko udalerrien su itzaltze eta salbamenduko zerbitzuak. Udal suhiltzaileak.

### 5.1.8. *Personal de mantenimiento*

Las explotaciones deberán contar con personal de manteni-miento cuya misión es mantener el túnel, infraestructura y supe-restructura en las condiciones óptimas de funcionamiento. Por su capacitación se dividen en:

- Patrullas de conservación, encargados del mantenimiento la obra civil y vialidad invernal.
- Técnicos especialistas de las instalaciones de los túneles.

## 5.2. *Recursos externos de emergencias.*

### 5.2.1. *Dirección de atención de emergencias de Euskadi*

La Dirección de Atención de Emergencias de Euskadi, perte-neciente al Departamento de Interior del Gobierno Vasco, es la encar-gada de dar respuesta integral a todo tipo de emergencia que se pueda presentar dentro del ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

Este Sistema Coordinado e Integral de Atención a la Emer-gencia se estructura en cuatro servicios complementarios e inte-rrelacionados:

- Servicio de Planificación.
- Servicio de Intervención.
- Servicio de Coordinación (SOS Deiak). Centro SOS Deiak de Bizkaia. Centro de Coordinación de Emergencias del Gobierno Vasco, ubicado en el Territorio Histórico de Bizkaia.
- Servicio de Formación y Difusión.

En conjunto, cubren y atienden todos los extremos relaciona-dos con las situaciones de emergencia: previsión de riesgos, planificación, tácticas, medios y recursos, divulgación de pautas de actuación, formación de la población en general y de colectivos concretos, recep-ción de llamadas, coordinación de recursos, y resolución de inci-dentes «in situ». Todo ello, contando con las más sofisticadas tec-nologías y con un equipo humano altamente cualificado.

#### SERVICIO DE PLANIFICACIÓN

El Servicio de Planificación de la Dirección de Atención de Emer-gencias de Euskadi es el encargado de la gestión de la elabora-ción de planes de emergencia, marcando las pautas de previsión, prevención y actuación ante las diversas situaciones accidentales, y entre ellas de los túneles del Territorio Histórico de Bizkaia.

#### SERVICIO DE INTERVENCIÓN

Su función es ofrecer una atención continuada durante 24 horas todos los días del año ante situaciones de emergencia del ámbito de protección civil, búsquedas y rescates en montaña y medio acuático, accidentes de materias peligrosas, incendios forestales y urbanos y todas aquellas situaciones de grave riesgo, catastróficas o acciden-tales, como inundaciones, derrumbamientos, deslizamientos, etc. El servicio de Intervención tiene competencias de actuación directa para los incidentes y siniestros en los túneles de Bizkaia.

#### SERVICIO DE COORDINACIÓN (SOS DEIAK)

Su función es ofrecer al ciudadano un servicio integral y coor-dinado de atención a la emergencia a través del teléfono único de llamada gratuita 112.

A través de este teléfono los explotadores de los túneles obtie-nen respuesta a las emergencias, con la movilización de los recur-sos pertinentes: servicios de atención sanitaria, bomberos y policía.

#### SERVICIO DE FORMACIÓN Y DIFUSIÓN

Se encarga de preparar programas de formación para diferen-tes grupos sociales, confecciona material didáctico, elabora todo tipo de publicaciones, organiza cursos y simulacros y prepara progra-mas de difusión en general.

### 5.2.2. *Recursos externos de emergencia. Grupos de acción*

Los recursos externos para la atención de emergencias son los servicios públicos de socorro, compuestos, según establece el Plan de Protección Civil de Euskadi (LABI), por los siguientes Grupos de Acción:

- Grupo de Intervención. Servicios de Extinción de Incendios y Salvamento de los Municipios del Territorio Histórico de Bizkaia. Bomberos Municipales.

- Talde sanitarioa. Bizkaiko osasun laguntzako zerbitzuak: Osakidetzaren larrialdi zerbitzuak (Bizkaiko ospitalez kanpoko urgentzietako zerbitzuen koordinazioa). Gurutze Gorria eta DYA.
- Segurtasun taldea. Ertzaintza eta Udaltzaingoa.
- Logistika taldea. Larrialdietan jarduteko zuzendaritza.
- Laguntza teknikoko taldea. Larrialdietan jarduteko zuzendaritza.

Giza baliabideak, ibilgailuak eta ekipoak mugituko dituzte ekin-tza taldeek tuneletan eta sarbideetan jarduteko, era horretako istripuetan taktika operatiboetan ezarritakoaren arabera eta tunelen barruko larrialdietako planetan, Bizkaiko Lurralde Historikoko tuneletarako larrialdi bereziko planean eta gorengo mailako eremuko planetan xedatu denarekin bat etorritz.

### 5.3. Giza baliabideak

Haien kargupeko tuneletan gerta daitezkeen larrialdiei aurre egiteko eta esku hartzeko nahikoa ahalmen izango dute ustiatzai-leek.

Segurtasunari buruzko Foru Arauan eginiko sailkapenaren arabera, erantzuna emateko denbora hauek eskatu behar dira (minututan), tunel-motaren eta zerbitzu-motaren arabera:

1. taula. – Zerbitzuen erreakzio denbora (minutuak), tunel-motaren arabera.

| Tunel mota | Zerbitzu-mota           |                 |                              |
|------------|-------------------------|-----------------|------------------------------|
|            | Mantentzea eta artatzea | Landako agentea | Su-itzaltzea eta salbamendua |
| I          | 20'                     | 15'             | 8'                           |
| II         | 40'                     | —               | —                            |
| III        | 40'                     | —               | —                            |

Landako agenteek etengabe egon behar dute prest gorabehertan bizkor esku hartzeko, eta I. motako edozein tuneletara 15 minutu igaro baino lehen iritsi beharko dute. Lurralde Historikoan lehenengoz esku hartzeko zentroetatik abiatuko da laguntza eta ezarritako eraginpeko aldeak estaliko ditu, I. motako hainbat tuneli estaldura eman ahal izateko. 24 orduko zerbitzua izango dute lehenengoz esku hartzeko zentroek, gutxienez hiru landako agenterekin beteriko zerbitzua emanda. Kanpoko itzaltze eta salbamenduko kidegoek bete ditzakete lan horiek, betiere tunelak dituen segurtasun elementuei eta instalazio guztien tokiko eragiketen moduari buruzko trebakuntza egokia jaso badute. Kanpoko su itzaltze eta salbamenduko kidegoek landako agenteen lana egiten dutenean, tuneleko toki eta lokal tekniko guztietara sartzeko modua izan behar dute.

I. motako tuneletan, kanpoko su itzaltze eta salbamenduko baliabideek erantzuna emateko denborak ebaluatu beharko dira. Kanpoko su itzaltze eta salbamenduko baliabideekin 8 minututik behar denborak ziurtatzen ez badira, landako agenteek suaren kontrako borrokan eta salbamenduaren arloko ahalmenaren jabe izan beharko dute. Gainera, lehenengoz esku hartzeko ibilgailuak dauzkate, sua itzaltzeko eta salbamendurako nahikoa baliabideak dituztenak (askatzeko ekipoak, banako babesa emateko ekipoak, etab.).

Mantentze eta artatze zentro guztiek ustiapenaren tunel guztiak estali beharko dituzte eraginpeko aldean bitartez, erantzuna emateko eskatzen den denbora ziurtatzeko. 24 orduan lanean aritzeko pertsonala izan behar da, urteko egun guztietan, mantentze eta artatze lanak egiteko.

Kontrolko zentroek 24 orduko zerbitzua emango dute, eta zentro bakoitzerako finkatuko den lan-kargaren arabera zehaztuko den kontrolko operadoreen gutxieneko kopurua izango dute. Edozelan ere, txandako buru batek egon beharko du nahitaz 24 orduetan.

Ustiatzai-leak urtero igorriko dio Eusko Jaurlaritzaren Larrialdietan Jarduteko Zuzendaritzari ustiapenak larrialdietan jarduteko dituen baliabideen katalogoa. Sailkapen bakarra eta homologatua

- Grupo Sanitario. Servicios de Asistencia Sanitaria de Bizkaia: servicios de emergencias de Osakidetza (coordinación de servicios de urgencias extrahospitalarias de Bizkaia), Cruz Roja y DYA.
- Grupo de Seguridad. Ertzaintza y Policías Locales.
- Grupo Logístico. Dirección de Atención de Emergencias.
- Grupo de Apoyo Técnico. Dirección de Atención de Emergencias.

Los servicios de los diferentes grupos de acción desplazarán a las intervenciones en los túneles y sus accesos los recursos humanos, vehículos y equipos que para el tipo de siniestro de que se trate tengan establecido en sus Tácticas Operativas y según lo dispuesto en los Planes de Emergencia Interiores de los túneles, el Plan de Emergencia Especial para los Túneles del Territorio Histórico de Bizkaia y los planes de ámbito superior.

### 5.3. Dimensionamiento de los recursos humanos

Los explotadores estarán dotados con una capacidad de intervención suficiente para afrontar las situaciones de Emergencia que puedan ocurrir en los túneles a su cargo.

Según la clasificación realizada en la Norma Foral de Seguridad en túneles se debe exigir los siguientes tiempos de respuesta (en minutos) según tipo de túnel y el tipo de servicio:

Tabla 1. – Tiempo de reacción (minutos) de los distintos Servicios según el tipo de túnel.

| Tipo de Túnel | Tipo de Servicio             |              |                        |
|---------------|------------------------------|--------------|------------------------|
|               | Mantenimiento y Conservación | Agente Campo | Extinción y Salvamento |
| I             | 20'                          | 15'          | 8'                     |
| II            | 40'                          | —            | —                      |
| III           | 40'                          | —            | —                      |

Los Agentes de Campo deben estar permanentemente dispuestos para una atención rápida en caso de incidentes, llegando a cualquier túnel de tipo I en un tiempo inferior a 15 minutos. Esta atención partirá de centros de primera intervención ubicados en el Territorio Histórico cubriendo zonas de influencia establecidas, para que pueda cubrir a distintos túneles de tipo I. Los centros de primera intervención tendrán un servicio 24h, cubierto con dotaciones con un mínimo de tres Agentes de Campo. Estas tareas pueden ser realizadas por los cuerpos extinción de incendios y salvamento externos, siempre que reciban la formación adecuada sobre los elementos de seguridad que cuenta el túnel y el modo de operación local de todas las instalaciones que disponga. Cuando los cuerpos de extinción y salvamento externos realicen las tareas de los agentes de campo, deberán tener total acceso a dependencias y locales técnicos del túnel.

En los túneles de tipo I se deberán evaluar los tiempos de respuesta de recursos de extinción de incendios y salvamento externos. En los casos en los que no se aseguren tiempos inferiores a 8 minutos con los recursos de extinción de incendios y salvamento externos, los Agentes de Campo deberán tener capacitación adecuada en la lucha contra el fuego y salvamento. Contarán además con vehículos de primera intervención dotados con medios de extinción de incendios y salvamento suficientes (equipos de descargación, equipos de protección individual, etc.).

Los centros de mantenimiento y conservación deben cubrir mediante áreas de influencia, todos los túneles de la explotación para asegurar el tiempo de respuesta exigido. Debe existir personal disponible las 24 horas durante todos los días del año para realizar las tareas de mantenimiento y conservación.

Los centros de control tendrán un servicio 24h, con una dotación mínima permanente de Operadores de Consola que se especificará en función de la carga de trabajo que se determine para cada uno de los centros. Será en todo caso obligatoria la presencia 24 horas de un Jefe de Turno.

El Explotador deberá remitir anualmente a la Dirección de Atención de Emergencias del Gobierno Vasco el Catálogo de Recursos de Explotación para la Atención de Emergencias con que dicha

egiteko indarreko sistemaren arabera egingo da larrialdiak prebenitzeko eta laguntza emateko ustiapenaren baliabideen eta bitartekoen katalogazioa.

## 6. BALIABIDE MATERIALAK

Lana eraginkortasunez egin ahal izateko beharrezko baliabide material guztiak izan behar ditu ustiapenak.

Ustiapenaren eraikin eta lokal guztiak –horien barruan sartzen dira lehenengoz esku hartzeko eta artatzeko baseak eta administrazio bulegoak- aldagelak, zerbitzuak, jantokia, atsedena hartzeko guneak eta indarreko legerian finkaturiko gaineko tokiak izango dituzte.

### 6.1. Kontroleko zentroa

I eta II. motako tunel guztiak 24 orduko zerbitzua (urteko egun guztietan) duen kontroleko zentro batetik gainbegiratu eta kontrolatu dira. Tunelen Diseinu Segururako IV. Jarraibide Teknikoko («Segurtasun, Zaintza eta Kontroleko Sistemak») 7. atalean (Kontrol Zentralizatuko Sistema) zehaztuko dira kontroleko gelaren ezauzgarriak.

Emakida araubidean ustiaturiko tunelak enpresa esleipendunaren kontroleko zentro propioetatik kontrolatu eta zaindu ahal izango dira. Bizkaiko tunel guztietako kontroleko zentro guztiak Bizkaiko Foru Aldundiaren Malmasingo Mugikortasuna Kudeatzeko Zentroarekin izango dira komunikatuta denbora errealean (MKZ).

Hauexek dira Bizkaiko tunelak kontrolatzeko zentroak:

- Malmasingo kontroleko zentroa.
- A-8 autopistaren kontroleko zentroa (Iurreta).
- Artxandako kontroleko zentroa.
- Metropoliko hegoaldeko saihebidetako kontroleko zentroa.
- Sor daitezkeen kontroleko beste zentro batzuk.

Kontrolleko zentro bakarra egongo da uneoro tunel bakoitzean, eta bertan kudeatu ahal izango da tunela osorik. Ustiapen bakoitzean, berriz, Malmasinekin koordinatzeko protokoloa egongo da (eta salbuespenez beste ustiapen batzuekin, hala eskatzen badu tunelen koordinatzaileak), hainbat ustiapenentzat interesgarria den informazio zentralizatze eta banatzeko.

### 6.2. Lehenengoz esku hartzeko baseak

Lehenengoz esku hartzeko baseak izango dira, esku hartzeko zerbitzuen estaldura egokia emateko modua eskainiko dutenak, jarraibide hauen 5.3. atalean zehazten denaren arabera. Landako agenteek erabili beharreko ekipoak gordetzeko nahikoa toki izango da base horietan:

- Señaleztapeen ekipoak.
- Salbamendu eta su-itzaltze ekipoak.
- Tresnak eta lanabesak.
- Lehen sorospeneko materiala.
- Esku hartzeko ibilgailuak.

### 6.3. Mantentze eta artatze basea

Tunelak, bideak eta instalazioak mantentzeko eta artatzeko eki-poen eragiketen oinarritzeko basea da artatze zentroa. Beharrezkoa denean, esku-hartze egokirako nahikoak diren bigarren mailako mantentze eta artatze baseak aurreikusi beharko dira, jarraibide hauen 5.3. artikuluan zehazten denaren arabera.

Eginkizun hauetarako pertsonalak erabilitako ekipoak gordezko toki bat izan behar dute mantentze eta artatze baseek:

- Mantentze eta artatze ekipoak eta tresnak.
- Ordezko piezen, elementu suntsikorren eta jangarrien stocka.
- Mantentze eta artatze ibilgailuak.
- Material suntsikorren biltegia.

### 6.4. Administrazio bulegoak

Barruko zein kanpoko administrazio lanak horietara egokitu-riko bulegoetan egin beharko dira.

explotación esté dotada. La catalogación de Medios y Recursos de Explotación para la prevención y atención de emergencias se efectuará conforme al sistema de clasificación única y homologada que resulte vigente.

## 6. RECURSOS MATERIALES

La explotación debe disponer de todos recursos materiales para realizar sus tareas con eficacia.

Todos los edificios y dependencias de las explotaciones, contando como tales los centros de control, bases de primera intervención y de conservación, y oficinas administrativas, contarán con los vestuarios, servicios, comedores y zonas de descanso y demás estancias que determine la legislación vigente.

### 6.1. Centro de control

Todos los túneles de tipo I y II serán supervisados y controlados desde un centro de control con un servicio 24h durante todos los días del año. Las características de la sala de control se detallan en la Instrucción Técnica de Diseño Seguro de Túneles VI «Sistemas de Seguridad, Vigilancia y Control», en su apartado 7.: Sistema de Control Centralizado.

Los túneles explotados en régimen de concesión podrán ser controlados y operados desde centros de control propios de la empresa concesionaria. Todos los centros de control de los túneles de Bizkaia estarán comunicados en tiempo real con el centro de movilidad de la Diputación Foral de Bizkaia en Malmasín, MKZ.

Los centros de control de túneles de Bizkaia serán los siguientes:

- Centro de Control de Malmasín.
- Centro de Control de la A-8 (Iurreta).
- Centro de Control Artxanda.
- Centro de Control de la Variante Sur Metropolitana.
- Otros centros de control que pudieran surgir.

Para cada túnel, habrá en todo momento, un solo centro de control desde el que se pueda gestionar plenamente el túnel. Para cada explotación existirá un protocolo de coordinación con Malmasín (y excepcionalmente con otras explotaciones, si así lo requiere el Coordinador de Túneles), que permita centralizar y distribuir la información de interés para varias explotaciones.

### 6.2. Bases de primera intervención

Se dispondrá de bases de primera intervención que permitan dar una cobertura adecuada de los servicios de intervención, según se especifica en el apartado 5.3 de estas Instrucciones. Estas bases estarán dotadas con espacio suficiente para albergar los equipos empleados por los agentes de campo:

- Equipos de señalización.
- Equipos salvamento y extinción.
- Útiles y herramientas.
- Material de primeros auxilios.
- Vehículos de intervención.

### 6.3. Base de mantenimiento y conservación

El centro de conservación es la base principal de operaciones de los equipos de mantenimiento y conservación de los túneles, el viario y sus instalaciones. Cuando sea necesario, se deben prever bases secundarias de mantenimiento y conservación suficientes para la intervención adecuada según se especifica en el apartado 5.3 de estas Instrucciones.

Las bases de mantenimiento y conservación deben disponer de espacio para albergar los equipos empleados por el personal dedicado a estas funciones:

- Equipos y herramientas de mantenimiento y conservación.
- Stock de repuestos, elementos fungibles y consumibles.
- Vehículos de mantenimiento y conservación.
- Almacenamiento de fungibles.

### 6.4. Oficinas administrativas

Las tareas administrativas tanto internas como externas deben ser realizadas en unas oficinas acondicionadas para dichas tareas.

## 7. USTIAPEN-PROZEDURAK

Ustiapenaren egin beharreko prozedurak, jarduketak, agenteak eta erantzukizunak bildu beharko ditu ustiapenaren eskuliburuak.

### 7.1. Zirkulazioaren kontrola

Tunelaren ustiatzaileak tuneletik doan zirkulazioa kontrolatu beharko du. Trafikoaren intentsitatearen eta ezaugarrien berri izatea ezinbesteko informazioa da tunelen segurtasunarekin eta ustiapenarekin lotutako erabakiak hartzeko. Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Arauan (8 – 10. artikulua) Bizkaiko tunelei aplikatzen zaizkien murrizpen bereziak finkatu dira.

Hauexek biltzen dira zirkulazioa kontrolatzeko lanen barruan:

- Trafikoa eta horren ezaugarriak zaintzea. Zehazkiago, tuneletako ibilgailuen arteko distantziak eta ibilgailuen abiadura kontrolatuko dira zorrotzago, tuneletako trafikoa-ren fluxu erregularra eta segurtasun hobea izan daitezkeen.
- Baldin eta merkantzia arriskutsuak garraiatzen dituzten ibilgailuak ikusten badira horiek garraiatzea debekatuta dagoen tunelen sarbideetan, ahal dela horren berri emango zaio gidariari tunelean sar ez daitezkeen.
- Baldin eta tunelaren barruko aldean auto-pilaketak gertatzen badira debekaturiko aldeetan, Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Arauaren 9. artikulua dakarrenez, ibilgailuak tunelaren sarreran geldiaraziko dira, trafikoa barruko aldean gelditzeko arriskurik izan gabe berriz ezarri arte.
- Tunela denbora luzean ixten bada, trafikoa bide alternati-boetarik desbideratuko da, eta seinale egokiak jarriko dira gorabeheraren eta gomendaturiko ibilbidearen gaineko informazioa emateko erabiltzaileei.
- Zirkulazioaren kodearen arau-hauste orokorrak edo Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Arauaren arau-hauste espe-zifikoa gertatzen badira, horien berri emango zaie erabiltzaileei ahal dela; eta gertaera hori jakinaraziko zaie agintari eskudunei (Ertzaintza eta Udaltzaingoak) zigor-neu-rrri egokiak har ditzaten.

### 7.2. Gorabeheren kudeaketa

I eta II. motako tuneletan gertatzen diren gorabeherak kude-atzeko eskumenak izango ditu ustiatzaileak, Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Arauan eginiko sailkapenaren arabera. III. motako tuneletan gertatzen diren gorabeheretan larrialdietako kan-poko zerbitzuek jardungo dute.

II. motako tunelek jarduketa-planak izango dituzte, eta bertan zehaztuko dira zenbait gorabeherari edo arrisku egoerari aurre egi-teko ekipamenduari eta seinaleei buruzko jarduketa-protokoloak.

I. motako tunelek autobabeserako planak izango dituzte, eta bertan zehaztuko dira larrialdietan esku hartzeko taktika operati-boak.

Azterturiko arriskuen analisietatik ondorioztatu diren arrisku ego-erak (gorabeherak) larrialdian finkatuko dira tunelen autobabese-rako planetan, ustiapenaren eskuliburuaren dokumentazioaren zati lez. Lau jarduketa-mailatan sailkatuko dira gorabeherak. Honako hauek dira:

| Jarduketa-maila        | EAE-KO babeserako planarekin bat etortzea                   |
|------------------------|---|
| Aurrelarrialdia.       |   |
| 0 mailako larrialdia.  | EAEko Babes Zibilerako Planaren 0 egoerarekin bat etortzea. |
| 1. mailako larrialdia. | EAEko Babes Zibilerako Planaren 1 egoerarekin bat etortzea. |
| 2. mailako larrialdia. | EAEko Babes Zibilerako Planaren 2 egoerarekin bat etortzea. |

## 7. PROCEDIMIENTOS DE EXPLOTACIÓN

El Manual de Explotación deberá incluir todos los procedimientos a realizar en la Explotación, sus actuaciones, agentes y responsabilidades.

### 7.1. Control de la circulación

El explotador del túnel debe realizar un control de la circulación que transita por el túnel. El conocimiento de la intensidad y características del tráfico, supone una información imprescindible para la toma de decisiones relacionadas con la explotación y con la seguridad en los túneles. En la Norma Foral de Seguridad en Túneles (artículos 8 a 11) se fijan las restricciones especiales que se aplican a los túneles de Bizkaia.

Dentro de las tareas de control de circulación se engloban:

- Vigilancia del tráfico y sus características. En particular, las distancias entre vehículos y la velocidad de los vehículos en los túneles estarán sometidas a un control más riguroso, a fin de lograr un flujo regular del tráfico y una mayor seguridad en el interior de los túneles.
- En el caso de que vehículos que transportan mercancías peligrosas fuesen detectados en accesos a túneles donde esté prohibido su tránsito, se procurará informar al conductor para evitar que entre en el túnel.
- En el caso de que se produjeran retenciones en el interior del túnel donde éstas estuviesen prohibidas, según se indica en el artículo 9 de la Norma Foral de Seguridad en Túneles, se detendrá a los vehículos en los accesos de entrada al túnel hasta que el tráfico se pueda reanudar sin el peligro de que se detengan en el interior.
- Si el cierre del túnel es de larga duración se desviará el tráfico por rutas alternativas con la señalización adecuada para informar al usuario del incidente y la ruta aconsejada.
- Ante infracciones genéricas del código de circulación o específicas de la Norma Foral de Seguridad en túneles se informará al infractor siempre que sea posible; y se comunicará el suceso a las autoridades competentes (Ertzaintza y Policías Locales) para que tomen las medidas sancionadoras oportunas.

### 7.2. Gestión de incidentes

El explotador tendrá competencias en la gestión de incidentes que se produzcan en los túneles de tipo I y II según la clasificación realizada en la Norma Foral de Seguridad en Túneles. Los incidentes producidos en túneles de tipo III serán atendidos por los servicios externos de emergencias.

Los túneles de tipo II dispondrán de planes de actuación donde se definan los protocolos de actuación sobre la señalización y equipamiento ante determinados incidentes o situaciones de riesgo.

Los túneles de tipo I dispondrán de Planes de Autoprotección donde se definan las tácticas operativas para la intervención de emergencia.

Los Planes de Autoprotección de los túneles tendrán tipificados los escenarios de riesgo (incidentes) y emergencias extraídos de los análisis de riesgos realizados, como parte de la documentación del Manual de Explotación. Los incidentes se clasificarán en cuatro niveles de actuación, que son los siguientes:

| Nivel de actuación     | Correspondencia con el Plan de Protección Civil de Euskadi                     |
|------------------------|--|
| Preemergencia.         |  |
| Emergencia de Nivel 0. | En correspondencia con la Situación 0 del Plan de Protección Civil de Euskadi. |
| Emergencia de Nivel 1. | En correspondencia con la Situación 1 del Plan de Protección Civil de Euskadi. |
| Emergencia de Nivel 2. | En correspondencia con la Situación 2 del Plan de Protección Civil de Euskadi. |

Aldi berean, gorabeherak identifikatzeko eta ebaluatzeko prozedurak definituko dira kontrolean jasotako deien eta alar-men bidez, baita gorabeheraren eta larrialdiaren fasearen arabera hartu beharreko neurriak eta ustiapenaren baliabideak mugiarazteko irizpideak ere.

Gorabehera larria denean, txandako buruak berehala itxiko du tunela (tunel-zulo guztiak). Aurreko seinaleak eta tuneletako seinaleak aldi berean aktibatuta itxiko da tunela, halako moldez non trafikoa geldituko baita lehenbailehen tunelaren kanpoko eta barruko aldean; hala, ukitu ez diren ibilgailuek tuneletik berehala alde egiteko modua izango dute. Bi zuloako tunel batean gertatzen bada gorabehera, libre dagoen zuloa ebakuazio eta erreskaterako bide lez erabil daiteke.

1. eta 2. mailako gorabeheretan, gainera, Babes Zibileko zerbitzu publikoek jardungo dute, eta Bizkaiko tunelen larrialdietako plana abiaraziko da; larrialdiaren zuzendaritzan Bizkaiko Babes Zibileko Planaren zuzendaria izango da.

### 7.3. Egiturak eta instalazioak mantentzea

Tunelen ustiatzailea arduratuko da ustiapenaren tunel guztien azpiegiturak eta gainegiturak egoki mantentzeaz. Ustiapena mantentzeko kudeaketa-sistemaren barruan egongo da aipaturiko mantentze lana hori.

Instalazioen mantentze osoa edo zati bat kanpoko enpresei esleituko dakieke azpikontratazioan, betiere ustiatzailearen erantzukizun osoaren pean.

Mantentze lanen barruan bi mantentze mota sartzen dira eskuhartzea eragin duen gorabeheraren arabera: mantentze zentzagarria eta mantentze prebentiboa.

Mantentze zentzagarria espero ez diren matxurak eragindako akatsak konpontzean datza.

Mantentze prebentiboa ohiko mantentze lanei dagokie, hain zuzen ere ekipoen eta sistemaren iraunaldian eskatutako prestazioak izateko gomendatzen diren lanei. Tunelen ustiatzaileak gutxienez zehazturiko mantentze lanen aldizkakotasunaren eta erantzuna emateko denboren eskakizunak bete beharko ditu tunelean mantendu beharreko elementu guztietan, betiere ustiapenaren eskuliburuak dakartzan mantentze planen barruan.

Baldin eta aurreikusitako mantentze lanen ondorioz erreiak oso-rik edo zati batez itxi behar badira, tunelaren kanpoko aldean hasi eta amaituko da jarduketa hori, eta horretarako, mezu aldakorreko seinaleak, semaforoak eta barrera mekanikoak erabil daitezke.

#### 7.3.1. Mantentzearen kudeaketa

Mantentze lanak kudeatzeko sistema informatizatua izango dute ustiapenek; gutxienez honako funtzio hauek izango dituzte.

- Sistemen eta ekipoen inbentarioa. Elementu bakoitzaren ezaugarri nagusien informazioa izango du.
- Obren egoerari eta funtzionamenduari buruzko agenda. Tunelen ekipamendu osoaren erregistroa da, non zaintzako parteari eta egoerari buruzko informazio guztia bilduko baita; horietatik abiatuta elikatuko dira mantentze programak.
- Mantentze lanen katalogoa. Mantentze lanen zerrenda da, lanen aldizkakotasuna eta egin beharrekoak burutzeko ezarritako denbora dakartzana.
- Ordezko piezen, elementu suntsikorren eta jangarrien stockak kudeatzea.
- Ustiapenaren segurtasunaren arduraduna da tuneleko segurtasun neurri guztiak baliagarri egoteko erantzule nagusia (azpiegitura, gainegitura, baliabide materialak), eta mantentze lanak kudeatzeko sisteman informazioa behar bezala eguneratzen dela gainbegiratu eta ziurtatu behar du.

A su vez, se definirán los procedimientos de identificación y evaluación de incidentes mediante llamadas y alarmas recibidas en el centro de control, así como las medidas a adoptar y los criterios para la movilización de los recursos de explotación según el tipo de incidente y la fase de la emergencia.

En caso de un incidente grave, el Jefe de Turno cerrará inmediatamente el túnel (todos los tubos). Esto se realizará activando simultáneamente tanto la señalización interior como la de los accesos del túnel, de forma que todo el tráfico pueda detenerse lo antes posible fuera y dentro del túnel, permitiendo que los vehículos no afectados puedan abandonar rápidamente el túnel. En el caso de que se produzca un accidente en un túnel de dos tubos, el tubo libre puede emplearse como vía de evacuación y de rescate.

Los incidentes correspondientes a los niveles 1 y 2 serán atendidos además por los Servicios Públicos de Protección Civil, activándose el Plan de Emergencia Exterior de los túneles de Bizkaia, tomando la dirección de la Emergencia el director del Plan de Protección Civil de Bizkaia.

### 7.3. Mantenimiento de estructuras e instalaciones

El explotador de los túneles se encargará del correcto mantenimiento de las infraestructuras y superestructuras de todos los túneles que pertenezcan a la explotación. El mantenimiento de éstos estará integrado en el sistema de gestión del mantenimiento de la explotación a la que pertenezcan.

El mantenimiento del total o parte de las instalaciones podrá ser subcontratado a empresas externas, bajo la responsabilidad total del explotador.

Dentro de las actividades de mantenimiento se engloban dos tipos de mantenimiento atendiendo a la motivación que provoca la intervención, son el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo.

El mantenimiento correctivo consiste en la reparación de defectos por averías inesperadas.

El mantenimiento preventivo corresponde a las actuaciones rutinarias de mantenimiento recomendadas para que los equipos y sistemas mantengan las prestaciones exigidas durante el tiempo de vida de los mismos y detectar posibles desperfectos. El explotador de los túneles deberá cumplir al menos los requerimientos de periodicidades de operaciones de mantenimiento y de tiempos de respuesta especificados, para cada uno de los elementos objeto de mantenimiento de los túneles, en los correspondientes Planes de Mantenimiento, incluidos en los Manuales de Explotación.

Cuando, con ocasión de actuaciones de mantenimiento previstas de antemano, sea necesaria la clausura total o parcial de carriles, ésta siempre comenzará y finalizará fuera del túnel, pudiéndose emplear para este fin señales de mensaje variable, semáforos y barreras mecánicas.

#### 7.3.1. Gestión del mantenimiento

Las explotaciones dispondrán de un Sistema Informatizado de Gestión del Mantenimiento que contemplará las siguientes funciones.

- Inventario de Sistemas y Equipos. Contendrá toda la información que caracterice cada elemento.
- Agenda de funcionamiento y estado de las obras. Registro del estado de todo el equipamiento de los túneles, en el que se recogerán todas las informaciones de los partes de vigilancia y estado, y a partir de los cuales se alimenten los programas de mantenimiento.
- Catálogo de operaciones de mantenimiento. Listado de Operaciones de mantenimiento con la periodicidad de los trabajos y estimación de tiempo necesario para realizar las tareas.
- Gestión de Stocks de repuestos, elementos fungibles y consumibles.
- El encargado de seguridad de la explotación es el último responsable de que todas las medidas de seguridad del túnel se encuentren disponibles (infraestructura, superestructura, recursos materiales), debiendo supervisar y asegurar la correcta actualización de la información en el Sistema de Gestión del Mantenimiento.

## 7.4. Ustiapenaren ezarpena eta jarraipena

Tunelaren egoera aldatuz doa. Ustiapenak tunelaren egoera jarraitzeko lanak egin behar ditu (trafikoa, gorabeherak, eragindako kalteak...), baita aplikaturiko prozedura egokiak direla egiaztatze-koak ere. Jarraipen hori oinarri hartuta, tunelaren kalitate eta segurtasun maila igotzeko hobekuntzak proposatuko dira.

### 7.4.1. Ustiapenaren jarraipena

Ustiapenaren jarraipena egiteko metodologia ezarri behar da, ustiapenaren eskuliburuan zehaztua eta gutxienez honako eginkizun hauek beteko dituen:

- Gorabeherak eta istripuak erregistratzea ondorengo ikerketetarako oinarri lez eta larrialdietako jarduketak hobetzeko tresna lez.
- Tunelaren segurtasun-maila ebaluatzea. Arriskuaren azterketa kuantitatiborako eredu bat ezartzea, tuneleko zirkulazioarekin eta ibilbide alternatiboekin lotutako segurtasun-indizeak kalkulatzeko modua ematen duena.
- Lorturiko kalitate-mailak ebaluatzea erabiltzaileari emandako zerbitzuaren eta maila horiek lortzeko beharrezkoak diren eragiketen kostuen aldetik.
- Ustiapen lanak neurtzea eta baloratzea eta gastua beste lan-mota batzuetan banatzeko moduaren berri izatea; ustiapenaren jarduera-alde guztietarako erabilitako baliabideak hobetuko dira. Azterlan hori abiapuntutzat hartuta, lanen programazioa hobetuko da.
- Kudeatzailearen eta kudeatzaile eskuordetuaren arteko kontratuko betebeharrak betetzen direla egiaztatzea, baita lanak egiteko ezarritako preskripzioak ere.
- Ustiapenaren txostenak. Ustiapenaren segurtasunaren arduradunak gutxienez honako txosten hauek egingo ditu:
  - Tunelean gertatzen diren gorabehera larriei buruzko txosten zehatzak. Tunelaren azpiegituran edo gainegituran kalte pertsonalak edo materialak gertatzen direneko gorabehera orori deritzo gorabehera larria. Txosten horien gorabeheren kausak, jarduketak eta ondorioak zehaztuko dira. Tunelen koordinatzaileari igorriko zaizkio aipaturiko txosten horiek.
- Jarraipenaren aldizkako txostena, mantentzea kudeatzeko sistemaren eta kontrolko sistemaren gorabeherak eta historiak erregistratetik abiatuz. Txosten horiek hiru hilean behin egingo dira eta tunelen koordinatzaileari igorriko zaizkio. Honako informazio hau izan behar du txostenak gutxienez:
  - Arriskuak eta istripuak:
    - Tunel bakoitzean izandako istripuei buruzko txostena, istripuen maiztasuna, kategorien arabera.
    - Tunel bakoitzean epealdi jakin batean izandako gorabehera larriei buruzko txostenak gehituko dira.
  - Tunelaren zerbitzu-maila:
    - Trafikoaren zerbitzu-mailak.
    - Trafikoa etenda izan den guztizko ordu-kopurua, planifikaturiko orduetatik ustekabeak bereizita (gorabeheren arabera), baita erreakzio itxita izan diren guztizko zerbitzuak ere.
    - Zerbitzuaren bestelako baldintza batzuk (kutsadura-mailak, argiztapena, eta abar).
- Urteko txostena, non jarraipenari buruzko txostenen informazioa laburbildu behar baita; hala, bada, zerbitzuak aurreko hamabi hilean izandako kalitate-indizeen ebaluazioari buruzko ikuspegia lortu ahal izango da, bereziki segurtasunari dagokionez. Tunelen koordinatzaileari igorriko zaizkio txosten horiek. Honako hauek izan beharko ditu txostenak gutxienez:
  - Arriskuak eta istripuak:
    - Tunel bakoitzean izandako istripuei buruzko azterlana, istripuen maiztasuna, kategorien arabera.

## 7.4. Implantación y seguimiento de la explotación

Las condiciones de los túneles evolucionan con el tiempo. La explotación debe realizar labores de seguimiento de las condiciones del túnel (tráfico, incidentes, daños ocasionados...) y la bondad de los procedimientos en aplicación. A partir de este seguimiento se propondrán mejoras para aumentar los niveles de calidad y seguridad en el túnel.

### 7.4.1. Seguimiento de la explotación

Se debe implantar una metodología de seguimiento de la explotación, definida en el Manual de Explotación, donde al menos se realicen las siguientes tareas:

- Registro de los incidentes y accidentes como base para investigaciones posteriores y como herramienta para optimizar las actuaciones de atención de emergencias.
- Evaluación del nivel de seguridad del túnel. Implantación de un Modelo de Análisis Cuantitativo del Riesgo que permita el cálculo de índices de seguridad asociados a la circulación por el túnel y sus recorridos alternativos.
- Evaluación de los niveles de calidad conseguidos, en términos de servicio al usuario y de los costes de las operaciones necesarias para conseguir los niveles citados.
- Medición y valoración de los trabajos de explotación y el conocimiento de la distribución del gasto en los distintos tipos de trabajos, optimizando los recursos empleados para cada una de las áreas de actividad de la explotación. A partir de este estudio se perfecciona la programación de trabajos.
- Supervisión del cumplimiento de las obligaciones contractuales entre el gestor y el gestor delegado, y de las prescripciones establecidas para la realización de los trabajos.
- Informes de explotación. El encargado de seguridad de la explotadora elaborará, al menos, los siguientes informes:
  - Informes detallados de todos los incidentes graves que sucedan en el túnel. Se considera incidente grave a todo incidente en el que se produzcan daños personales o daños materiales en la infraestructura o superestructura del túnel. En estos informes se detallarán las causas, actuaciones y consecuencias de los incidentes. Se remitirán al Coordinador de Túneles.
  - Informe periódico de seguimiento, a partir del registro de incidentes e históricos del Sistema de Control y del Sistema de Gestión de Mantenimiento. Estos informes se realizarán de forma trimestral y se remitirán al Coordinador de Túneles. El informe debe incluir al menos la siguiente información:
    - Riesgos y accidentes:
      - Informe de la accidentalidad a lo largo del tiempo en cada túnel. Frecuencia de aparición de los incidentes, según su categoría.
      - Se adjuntarán los informes de los incidentes graves ocurridos durante el periodo en cada uno de los túneles.
    - Nivel de servicio del túnel:
      - Niveles de servicio del tráfico.
      - Horas totales de cortes de tráfico, discriminando las planificadas de las imprevistas, (por incidentes) y los cortes de servicio totales de los cortes de carril.
      - Otras condiciones de servicio (niveles de contaminación, iluminación, etc).
- Informe anual, donde se debe sintetizar la información de los distintos informes de seguimiento, obteniendo una perspectiva de la evolución de los distintos índices de calidad del servicio, particularmente de la seguridad, a lo largo de los doce meses anteriores. Estos informes serán remitidos al Coordinador de Túneles. El informe debe abarcar al menos los siguientes contenidos:
  - Riesgos y accidentes:
    - Estudio de la accidentalidad a lo largo del tiempo en cada túnel. Frecuencia de aparición de los incidentes, según su categoría.

- Ustiapenerako hartutako prebentzio neurrien eta neurri zuzentzaileen azterlana.
- Tunel bakoitzean izandako istripu larrien txostenak gehituko dira.
- Segurtasuna hobetzeko eta eraginkortasuna ebaluatzeke proposamenen laburpena.
- Segurtasun-indizea txostena egitean.
- Zerbitzu-maila:
  - Trafikoaren zerbitzu-mailak.
  - Trafikoa etenda izan den guztizko ordu-kopurua, planifikaturiko orduetatik ustekabekoak bereizita (gorabeheren arabera), baita erreiak itxita izan diren guztizko zerbitzuak ere.
  - Zerbitzuaren beste baldintza batzuk (kutsadura-mailak, argiztapena, etab.).
- Mantentzea:
  - Instalazioen prebentzioko eta obra zibileko mantentze-jarduketak, ordezkoen kontsumoa eta pertsonalaren beharrak barne. Balizko hobekuntzak aztertzea.
  - Zuzenketarako mantentze eragiketak. Matxurarik ohikoak eta hobetzeko proposamenak.
  - Instalazioan baliagarritasuna.
- Ondorioak:
  - Segurtasunari buruzko iritzia eta eskaintako zerbitzu-maila. Aurreko urtean proposaturiko helburuak betetzea.
  - Hurrengo urterako helburuak.

Ikuskaritzako erakundeak eska ditzake horiek txosten guztiak, tunelen segurtasunari buruzko foru arauan zehazturiko prozeduraren arabera.

#### 7.4.2. Etengabeko trebakuntza

Ustiapenaren pertsonal orok burutu beharreko lanerako egokia den trebakuntza jaso behar du. Segurtasunaren arduradunak pertsonalaren trebakuntza gainbegiratu behar du egokia izan dadin. Moduluka antolatuko dira ikastaroak, eta talde bakoitzak trebakuntzaren aldetik duen beharraren arabera bideratuko dira ustiapenaren antolakuntzaren barruan. Ustiatzaileak eginiko eta segurtasunaren arduradunak gainbegiraturako urteko trebakuntzako plana egon behar da, non langileekin eman beharreko ikastaroak aipatuko baitira. Honako arlo hauek jorratuko dituzte gutxienez:

- Ustiapenaren antolakuntzaren eta eragiketen egitura: organigrama, agintariak, eginkizunak eta erantzukizuna, lanen txandako antolaketa.
- Errepideetako tunelen segurtasuna:
  - Arriskuak: sua, merkantzia arriskutsuak, trafiko istripuak.
  - Segurtasun elementuak: Instalazioak, azpiegiturak, ustiapen baliabideak (materialak eta giza baliabideak) eta ustiapen prozedurak.
  - Tunelaren autobabeserako plana, larrialdien kudeaketa, taktika operatiboak eta larrialdietako kanpoko baliabideekin koordinatzeko mekanismoak (SOS DEIAK, Suhiltzaileak, Osasun Zerbitzuak, Ertzaintza, etab.).
  - Tuneletako larrialdietan esku hartzeko prozedurak eta teknikak:
    - Itzaltze eta salbamenduko teknikak.
    - Oinarrizko teknika sanitarioak.
    - Kontrol sistema eta kontrol zentroko zaintza eta eragiketako ekipoak erabiltzea.
    - Landako esku-hartzeari dagozkion lanen materialak eta ekipoak erabiltzea.
  - Tunelen ustiapeneko lanaren segurtasuna eta higiena, Segurtasun eta Higienaren Planaren arabera.
- Ustiapenaren ohiko eragiketak:
  - Ustiapenaren atazen programazioa.

- Estudio de las medidas preventivas y correctoras adoptadas por la explotación.
- Se adjuntarán los informes de los incidentes graves ocurridos durante el año en cada uno de los túneles.
- Resumen de las propuestas de mejora de la seguridad y evaluación de su eficacia.
- Índice de Seguridad en el momento de elaboración del informe.
- Nivel de Servicio:
  - Niveles de servicio del tráfico.
  - Horas totales de cortes de tráfico, discriminando las planificadas de las imprevistas, (por incidentes) y los cortes de servicio totales de los cortes de carril.
  - Otras condiciones de servicio (niveles de contaminación, iluminación, etc).
- Mantenimiento:
  - Actuaciones de mantenimiento preventivo de las instalaciones y obra civil, incluyendo consumo de repuestos y necesidades de personal. Análisis de posibles mejoras.
  - Operaciones de mantenimiento correctivo. Análisis de averías más frecuentes y propuesta de mejoras.
  - Disponibilidad de las instalaciones.
- Conclusiones:
  - Juicio sobre la seguridad y nivel de servicio ofrecido. Cumplimiento de los objetivos propuestos el año anterior.
  - Objetivos para el año siguiente.

Todos estos informes pueden ser requeridos por el Organismo de Inspección según el procedimiento detallado en la Norma Foral de Seguridad en Túneles.

#### 7.4.2. Formación continua

Todo el personal de la explotación debe recibir la formación adecuada a las labores que va a desarrollar. El Encargado de Seguridad debe supervisar la formación del personal para que ésta sea la adecuada. Los cursos se organizarán de forma modular, orientándose hacia las necesidades de formación de cada colectivo dentro de la organización de la explotación. Deberá existir un Plan de Formación anual realizado por la Explotadora y supervisado por el Encargado de Seguridad donde se mencionen los cursos a impartir entre el personal, que debe abarcar al menos las siguientes materias:

- Estructura organizativa y operativa de la explotación: organigrama, mandos, funciones y responsabilidades, organización de turnos de trabajo.
- La seguridad en los túneles de carretera:
  - Riesgos: fuego, mercancías peligrosas, accidentes de tráfico.
  - Elementos de seguridad: Instalaciones, infraestructuras, medios de explotación (materiales y humanos) y procedimientos de explotación.
  - El Plan de Autoprotección del túnel, gestión de emergencias, tácticas operativas y mecanismos de coordinación con los recursos externos de emergencia (SOS DEIAK, Bomberos, Servicios Sanitario, Ertzaintza, etc.).
  - Procedimientos y técnicas de intervención en emergencias en túneles:
    - Técnicas de extinción y salvamento.
    - Técnicas sanitarias básicas.
    - Utilización del sistema de control y de los diferentes equipos de vigilancia y operación del centro de control.
    - Utilización de los materiales y equipos de intervención en campo.
  - Seguridad e higiene en el trabajo de explotación de túneles, según el Plan de Seguridad e Higiene.
- Operaciones normales de la explotación:
  - Programación de tareas de explotación.



- Tunelak kontroleko zentrotik zaintzea.
  - Ekipoen funtzionamenduari dagozkion ohiko ikuskapenak.
  - Mantentze lanetarako lagungarriak diren atazak kontroleko zentrotik.
  - Ustiapenaren erregistroak.
- Mantentzea.
- Gehienbat mantentzearen pertsonalarentzako ikastaro teknikoak.

Inguruabar hauetan eman beharko dira trebakuntza ikastaroak:

- Pertsonal berria sartzea ustiapenean.
- Funtsezko aldaketak egitea ustiapenean (tuneletako baten egitura, segurtasun instalazioak, kontroleko sistemaren funtzioak, etab. aldatzea).
- Tunel berriak sartzea ustiapen berean.
- Ustiapenaren pertsonalaren trebakuntzan hutsuneak antzematen diren aldi guztietan.
- Urtean behin gutxienez trebakuntza berrikusteko ikastaroak aurreikusitako behar dira.

Ustiatzaileak eta segurtasuneko arduradunak ustiapeneko pertsonalak jasotako ikastaroen erregistro eguneratua izan beharko dute.

#### 7.4.3. Aldizkako ariketak eta simulakroak

Gorabeherarik larrienak gutxien gertatzen direnak dira; hala-koak jazotzen direnean, normalean erabiltzen ez diren baliabideak erabiltzen dira (suak detektatzea, kea ateratzea,...) eta ustiapenaren pertsonalak aparteko jarduerak burutuko dituela espero da.

Aldian-aldian gorabeheren simulakroak egin beharko dira tuneletako segurtasuna bermatzeko lagungarri izan dadin.

Helburu hauek lortu nahi dira simulakroak eginez:

- Ustiapenaren pertsonalaren trebakuntza finkatzea jasotako ezagutza eta gaitasunak praktikak jarrita.
- Ustiapenaren pertsonalaren gaitasuna ebaluatzea.
- Segurtasun sistemen eta azpiegituren eraginkortasuna ebaluatzea; hartara, zerbitzuan daudela, eskakizun funtzionalak betetzen dituztela eta eraginkortasunez eta prestazio egokiarekin betetzen dituztela egiaztatuko da.
- Ustiapenaren prozeduren eraginkortasuna ebaluatzea, bereziki larrialdietako eragiketen gainekoak, eta operatiboak direla eta ustiapenaren benetako larrialdiei eta arrisku egoerei egokitzen zaizkiela egiaztatuko da ustiapenaren segurtasunerako estrategiaren barruan.
- Larrialdietan inplikaturiko taldeen koordinazioa ebaluatzea, erantzuna emateko denbora laburrak bermatzeko eta bakoitzari esleituriko funtzioak eta eskumenak betetzeko.

Ustiapenaren pertsonala behar bezala hezita izateko eta larrialdietako prozeduren eta baliabideen baliagarritasun-mailaren egokitasuna egiaztatzeko, gorabeheren simulakroak egingo dira gutxienez urtean behin ustiapen bakoitzean. I. motako tunel guztietan gutxienez 2 urtean behin egin beharko da simulakroa.

Ustiapenaren segurtasunaren arduradunak egin beharreko simulakroen plan batekin bat etorritik burutuko dira ariketa horiek. Simulakroetan landuko diren larrialdi planean (kasurik larriena barne: sua) zehazturiko gorabehera bat edo gehiago azalduko dira simulakroen planean. Larrialdietako kanpoko taldeek esku hartu beharko dute simulakroetan, eta horien partaidetza erraztuko da tunelen segurtasunaren estrategian. Gutxienez honako hauek bilduko dituen dokumentuan zehaztu beharko da simulakroen plana:

- Vigilancia de los túneles desde el centro de control.
  - Inspecciones rutinarias de funcionamiento de equipos.
  - Tareas de apoyo al mantenimiento desde el centro de control.
  - Registros de explotación.
- Mantenimiento.
- Cursos técnicos dirigidos fundamentalmente al personal de mantenimiento.

Deberán impartirse, cursos de formación en las siguientes circunstancias:

- Incorporación a la explotación de nuevo personal.
- Realización de cambios significativos en la explotación (modificación de la estructura de alguno de los túneles, sus instalaciones de seguridad, las funciones del sistema de control, etc.)
- Incorporación de nuevos túneles a la misma explotación.
- Siempre que sean identificadas carencias en la instrucción del personal de explotación.
- Al menos una vez al año, deberán preverse cursos de revisión de los conocimientos formativos.

La Explotadora y el Encargado de Seguridad deberán mantener un registro actualizado de los cursos recibidos por el personal de explotación.

#### 7.4.3. Ejercicios periódicos y simulacros

Los incidentes más graves son los de menor frecuencia de aparición; cuando tienen lugar, se hace uso de recursos de emergencia habitualmente no utilizados (detección de incendios, extracción de humos,...) y se espera del personal de explotación la ejecución de actuaciones extraordinarias.

Se deberán realizar periódicamente simulacros de incidentes como contribución a la garantía de la seguridad de los túneles.

Los objetivos que se persiguen con la realización de simulacros son:

- Consolidar la formación del personal de explotación mediante la puesta en práctica de los conocimientos y habilidades adquiridas.
- Evaluación de la capacitación del personal de explotación.
- Evaluación de la eficacia de las infraestructuras y sistemas de seguridad, verificando que están en servicio, que cumplen con los requerimientos funcionales y que lo hacen con la eficacia y con las prestaciones adecuadas.
- Evaluación de la eficacia de los procedimientos de explotación, especialmente los que se refieren a operaciones de emergencia, verificando que son operativos y se ajustan a las situaciones de riesgo y de emergencia reales de la explotación, dentro de la estrategia de seguridad de la explotación.
- Evaluación de la coordinación de los colectivos implicados en emergencias para garantizar los tiempos de respuesta cortos y cumplimiento de las competencias y funciones a cada uno asignadas.

Con el fin de mantener correctamente adiestrado al personal de explotación y verificar la adecuación de procedimientos y grado de disponibilidad de medios de emergencia, se realizarán simulacros de incidentes con una periodicidad mínima anual por explotación. Se debe realizar un simulacro en todo túnel de tipo I con una periodicidad que no supere los 2 años.

Estos ejercicios se ejecutarán de acuerdo con un Plan de Simulacros que deberá ser diseñado por el Encargado de Seguridad de la Explotación. En este Plan de Simulacros se describirá uno o más incidentes tipificados en el Plan de Emergencia (incluyendo el caso más grave: incendio) que se van a ensayar en los simulacros. Deberán intervenir los colectivos externos de emergencia durante los simulacros, facilitando su participación en la estrategia de seguridad de los túneles. El Plan de Simulacros se debe detallar en un documento que incluya al menos los siguientes contenidos:

- Simulakroen planaren oharbide orokorrak.
- Ustiapen-baliabideak baliagarri izateari buruzko aurre-tiazko ebaluazioa.
- Trafikoa desbideratzea.
- Simulakroan parte hartu dutenak.
- Oharrak eta oharbideak.
- Probak burutzeko segurtasun baldintzak (bereziak, talde-koak).
- Proben programa eta egutegia.
- Proba bakoitzeko oharbide bereziak.
- Gorabehera.
- Probaren helburu espezifikoak.
- Probaren eszenatokia.
- Inplikaturiko baliabideak.
- Probaren gidoia.
- Probaren protokoloak. Jarduketak.
- Proba jarraitzeko eta ebaluatzeko prozedura (ebaluazio para-metroak eta onarpen-mailak zehaztea).
- Proba ebaluatzeko irizpideak.
- Espero diren emaitzak.

Horiek egin ondoren, proben emaitzak aztertuko ditu segur-tasunaren arduradunak larrialdietako kanpoko taldeen laguntzaz, eta adostutako ondorioak aterako ditu.

Segurtasuneko arduradunak ondorioei buruzko txostena egingo du, eta gutxienez hauek bilduko ditu:

- Larrialdi zerbitzuak iristeko denborak.
- Taldeen arteko koordinazioko hutsuneak.
- Komunikazioetan edo beharrezko instalazio batzuetan antzemandako disfuntzioak.
- Erreakzio-denborak (alarma automatikoak, talde partaideen erantzuna, etab.).
- Autobabeserako neurri eta baliabide osagarrien beharra.
- Eragiketa planak berrikusi beharra.
- Ustiapena hobetzeko proposamenak, neurri zuzentzaile kon-kretuekin.

#### 7.4.4. *Autobabeserako planaren berrikuspena*

Segurtasunaren arduradunak I. motako tunel guztien autobabeserako planak berrikusi beharko ditu urtean behin gutxienez, kan-poko faktoreak zein trafikoaren baldintzak edo erakunde ustia-tzailearen barruko faktoreak direla-eta ustiapenaren baldintzak aldatuta planak epealdi hori baino lehen berrikusteari kalterik egin barik.

#### 7.4.5. *Hobekuntzak ezartzea*

Arazoak eta egin litezkeen hobekuntzak antzeman ondoren, lehenbailehen abiaraziko dira.

### A. ERANSKINA

#### USTIAPENAREN ESKULIBURUA EGITEKO GIDA

Tunelen ustiapenaren barruan sartzen dira hauek: gainbegiratzeko eta trafikoa kontrolatzeko jardueretarako baliabideak eta bitartekoak antolatzea, gorabeheretan jardutea eta tunel bateko edo hainbat tune-letako instalazioak eta azpiegiturak mantentzea, baita baliabide eta bitarteko horien zuzendaritza eta administrazio lanak ere.

Ustiapen bakoitzak kontroleko zentro bat izango du, eta bertatik egingo dira ustiapen horretako tunelak gainbegiratzeko, kontrolatzeko eta eragiketarako egiteko jarduerak.

200 m-tik gorako luzera duten tunel guztiak tunelen ustiapen batean integratuko dira.

- Consideraciones generales del plan de simulacros.
- Evaluación previa de disponibilidad de recursos de explo-tación.
- Desvío de tráfico.
- Asistentes a los simulacros.
- Avisos y consideraciones.
- Condiciones de seguridad para la ejecución de las prue-bas (particulares, colectivas).
- Programa y calendario de pruebas.
- Consideraciones particulares de cada prueba.
- Incidente.
- Objetivos específicos de la prueba.
- Escenario de la prueba.
- Recursos implicados.
- Guión de la Prueba.
- Protocolos de la prueba. Actuaciones.
- Procedimiento de seguimiento y evaluación de la prueba (defi-nición de parámetros de evaluación y niveles de aceptación).
- Criterios de evaluación de la prueba.
- Resultados esperados.

Con posterioridad a su realización, el Encargado de Seguri-dad, con la colaboración de los colectivos externos de emergen-cia, analizará los resultados de las pruebas y extraerá de manera consensuada las conclusiones oportunas.

El Encargado de Seguridad elaborará un informe de conclu-siones recogiendo, al menos los siguientes contenidos:

- Tiempo de acceso de los servicios de emergencia.
- Deficiencias de coordinación entre colectivos.
- Disfunciones detectadas en las comunicaciones o en otras instalaciones necesarias.
- Tiempos de reacción (alarmas automáticas, respuesta de los colectivos participantes, etc.).
- Necesidades de medidas y medios de autoprotección adi-cionales.
- Necesidad de revisión del Plan de Operación.
- Propuestas de mejora de explotación, con medidas correc-toras concretas.

#### 7.4.4. *Revisión del plan de autoprotección*

El Encargado de Seguridad deberá revisar los Planes de Auto-protección de todos los túneles de tipo I al menos una vez al año sin perjuicio de que, como consecuencia de cambios en las con-diciones de explotación, ya sea por factores externos del entorno, de las condiciones de tráfico o internos de la entidad explotadora, se tenga que revisar antes de este periodo.

#### 7.4.5. *Implantación de mejoras*

Una vez detectados los problemas y las posibles mejoras que se pueden realizar se procederá a su implementación en el plazo más breve posible.

### ANEXO A

#### GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL MANUAL DE EXPLOTACIÓN

La explotación de túneles comprende la organización de medios y recursos dedicados a las actividades de supervisión y control del tráfico, atención de incidentes y mantenimiento de las infraestructuras e instalaciones de uno o varios túneles; así como los trabajos de dirección y administración de dichos medios y recursos.

Cada una de las explotaciones contará con un centro de con-trol desde donde se realizarán las actividades de supervisión, con-trol y operación de los túneles pertenecientes a dicha explotación.

Todos los túneles con longitudes superiores a 200 m estarán integrados en una explotación de túneles.

Hauexek dira ustiapenaren helburuak:

- 1) Bide-segurtasunaren arloan aire zabaleko tarteen antzeko maila bermatzea, tunelaren eta instalazioen erabilera egokiaren bidez.
- 2) Urrats estrategikoa dela-eta, bidearen trafikoa zerbitzu-maila egokian mantentzea.
- 3) Tunelaren barruko bidea gidariarentzako erosotasun baldintza egokietan mantentzea, zerbitzu-maila egokiak izanik.
- 4) Ustiapenaren kostuak hobetzea, erosotasun eta bide-segurtasunaren aldetiko maila altuekin bateragarri.
- 5) Tunelen egituraren eta instalazioen iraupena hobetzea; zerbitzurako egoera ezin hobean egongo dira, eta mantentze egokia izango da.

Tunelaren ustiapenaren eskuliburuan zehaztuko da tunelen funtzionamendua, hots, ustiapenaren eskuliburu bat egongo da zentro bakoitzeko, baina geroago zehaztu diren zenbait ataletan tunel bakoitzerako zehaztapenak egin beharko dira.

Jarraian, ustiapenari buruzko eskuliburuak bildu behar dituen gutxienezko edukiak zehaztuko dira:

- Ustiapenaren eremu orokorra.
- Eragiketa plana:
  - Larrialdi plana.
  - Mantentzearen plana.
- Ezarpen eta jarraipen plana.
- Zirkulazioko arauak.
- Eskumenen liburuak.

## A.1. Ustiapenaren eremu orokorra

### A.1.1. Legeria eta arautegi aplikagarriak eta erreferentziakoak

Tunelen ustiapenari aplikatu beharreko araudiaren erlazioa eta azterketa, baita horiek betetzeak dakartzen ondorioak ere.

### A.1.2. Tunelen ingurune fisikoa, azpiegitura eta gainegitura

Ustiapenaren eskuliburuaren kapitulu honetan I eta II. motetako tunel guztientzako atal batekin egon behar du (Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Arauaren sailkapenaren arabera), non tunela banan-banan aztertu eta gutxienez hauxe zehaztuko baita:

#### INGURUNE FISIKOA

- Tunela eraikitzeak dakartzen arazoak; izan ere, geografia-aren, gizartearen, ingurumenaren, bidearen ekonomiaren eta tunelaren eremuak nabarmendu behar dira, baita tunelak dakarren eragina ere.
- Trafikoko datuak (tunel berrietarako IMD erreala edo espero dena, trafikoaren banaketa, etab.).
- Gizarte-ekonomiako ustiapen-baldintzak edo bestelakoak zehaztu egin behar dira, bereziki erakundeen arteko lankidetzaren hitzarmenei dagokienez edo kanpoko baliabideak mugiaraztea edo baliabide propioak beste funtzio batzuetarako murriztea dakarten bestelakoei dagokienez.

#### AZPIEGITURAK

- Obra zibileko proiektuaren ezaugarriak nabarmenenak (luzera, sekzioa, trazaketa, profil longitudinala, galtzadaren zabalerak eta osaera, etab.).
- Tunelaren segurtasuneko azpiegituraren ezaugarriak (zabal-guneak, larrialdietako galeriak, aterpeak, etab.), eta aurrekoen moduan proiektua finkatu duten diseinu irizpideak emango dira.

#### INSTALAZIOAK

- Tunelaren segurtasuneko gainegituraren ezaugarriak (energia hornidura, argiteria, aireztapena, trafikoaren kontrola, CCTV eta DAI, suaren kontrako sistemak, ahotsa komunikatzeko sistemak, kontrol zentralizatua), eta aurrekoen moduan proiektua finkatu duten diseinu irizpideak emango dira.

Los objetivos de la Explotación son:

- 1) Garantizar un nivel de seguridad vial en el interior de los túneles similar al de los tramos a cielo abierto, a través de un uso adecuado del túnel y de sus instalaciones.
- 2) Por tratarse de un paso estratégico, mantenimiento del tráfico viario en un nivel de servicio adecuado.
- 3) Mantenimiento en el viario interior de los túneles de condiciones óptimas de confort para el conductor, que proporcione un nivel de servicio elevado.
- 4) Optimización de los costes de explotación, compatible con la observación de altas cotas de confort y seguridad vial.
- 5) Optimizar la vida útil de la estructura y las instalaciones de los túneles, conservándolas en perfectas condiciones de servicio, con un mantenimiento adecuado.

El funcionamiento de estos túneles estará definido en el Manual de Explotación de la explotación a la que pertenezca, es decir, existirá un Manual de Explotación por cada centro, aunque dentro de determinados apartados, que se detallan más adelante, debe haber especificaciones para cada uno de los túneles.

A continuación se detallan los contenidos mínimos que debe abarcar un Manual de Explotación:

- Marco General de Explotación.
- Plan de Operación:
  - Plan de Emergencia.
  - Plan de Mantenimiento.
- Plan de Implantación y Seguimiento.
- Normas de Circulación.
- Libro de Competencias.

## A.1. Marco General de Explotación

### A.1.1. Legislación y normativa aplicable y de referencia

Relación y análisis de la normativa aplicable a la explotación de los túneles, así como de las implicaciones que tiene su cumplimiento.

### A.1.2. Medio físico, infraestructura y superestructura de los túneles

En este capítulo del manual de explotación debe existir un apartado para cada uno de los túneles de tipo I y II (según clasificación de la Norma Foral de Seguridad en Túneles) donde se estudie el túnel individualmente y se especifique al menos lo siguiente:

#### MEDIO FÍSICO

- Problemática a la cual responde la construcción del túnel, destacando el marco geográfico, social, medioambiental, económico de la vía y del túnel, y el impacto que éste representa.
- Datos de tráfico (IMD real o esperada para túneles de nueva construcción, reparto del tráfico, etc.).
- Si existen condicionantes de explotación socioeconómicos o de otra naturaleza deben ser explicitados, especialmente en lo que se refiere a convenios de colaboración entre instituciones u otros que pudieran significar movilización de recursos externos o detracción de recursos propios para otras funciones.

#### INFRAESTRUCTURAS

- Características más significativas del proyecto de obra civil (longitud, sección, trazado, perfil longitudinal, ancho y composición de la calzada, etc.).
- Características de la infraestructura de seguridad del túnel (anchurones, galerías de emergencia, refugios, etc.), formulando, como en las anteriores, los criterios de diseño que han determinado su proyecto.

#### INSTALACIONES

- Características de la superestructura de seguridad del túnel (suministro de energía, alumbrado, ventilación, control de tráfico, CCTV y DAI, sistemas contraincendios, sistemas de comunicación de voz, control centralizado), formulando, como en las anteriores, los criterios de diseño que han determinado su proyecto

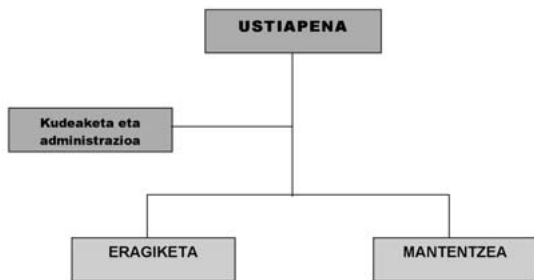
Gainera, kontroleko zentroa eta horrek dituen instalazioak deskribatuko dituen atal bat bildu behar da.

### A.1.3. Ustiapenaren helburuak

Tunelen ustiapen eraginkorraren bidez lortu nahi diren helburuak zehaztu beharko dira, eta bide-segurtasuna, erabiltzaileen erosotasunari, egituraren eta instalazioen iraupena hobetzeari eta zerbitzu ona emateko ondo ezarri beharreko beste alderdi batzuei buruzko aipamenak egin beharko dira. Izan ere, egiturak eta instalazioek zerbitzurako egoera onean egon beharko dute.

### A.1.4. Ustiapenaren jarduerak

Tunelaren ustiapenarekin lotutako giza baliabideak eta baliabide materialak honako jarduera hauetako batekin lotuta egon beharko dira:



### A.1.5. Ustiapenaren baliabideak

Ustiapenaren jarduerak finkatuta eta horien ondoriozko lan-karga kalkulatu, giza baliabideen eta baliagarri dauden materialen artean bana daitezke eginkizun horiek, betiere bitarteko horien kalkulua eginez.

Barneko bitartekoak izango ditu ustiapenak, eta horien arduraduna tunelaren kudeatzailea izango da; gainera, kanpoko bitartekoak izango ditu, herritarren babesa bere gain hartzeko. Prebentzioko bitarteko horiek batuta eta arriskuei emandako erantzuna izango da segurtasunaren emaitza, eta alde biak hartu behar dira aintzat baliabideak kalkulatzeko eta finkatzeko orduan.

#### A.1.5.1. Giza baliabideak. Ustiapenaren organigrama

Ustiapenaren jarraibideetako eskakizunak betetzeko nahikoa giza baliabiderik ez dagoela justifikatzeko kalkuluak egingo dira, baita arrisku maila onargarrietara murrizteko nahikoa izatea ere.

Ustiapeneko kideen organigrama, trebakuntza, erantzukizuna eta eginkizuna ezarriko dira. Ustiapenaren organigramak ustiapenaren jarraibideetan definiturikoak izan beharko ditu gutxienez:

- Ustiapenaren zuzendaria.
- Segurtasunaren arduraduna.
- Eragiketen burua.
- Mantentzearen buruak.
- Kontsolako operadoreak.
- Txandako burua.
- Landako agenteak.
- Mantentzearen pertsonala.

#### A.1.5.2. Baliabide materialak

Baliabide materialak justifikatu beharko dira, ustiapeneko baliabide material guztiak, ibilgailuak, kontsumi daitezkeenak, etab. zehaztuz.

## A.2. Eragiketa plana

Eragiketa plana ohiko eragiketetatik aparte landuko da, hots, gorabeherarik ez dagoenean lantzen diren eragiketetatik eta autobabeserako planaren eremuan landutako gorabeheretan eta larrialdietan jarduteko eragiketetatik.

Además debe existir un apartado común donde se describa el centro de control y las instalaciones que posee.

### A.1.3. Objetivos de explotación

Deberán definirse los objetivos que se pretende conseguir a través de una eficiente explotación de los túneles, con referencia a la seguridad vial, nivel de confort de los usuarios, a la optimización de la vida útil de la estructura y las instalaciones del túnel, conservándolas en perfectas condiciones de servicio, y otros aspectos que deben ser bien formulados para poder ser atendidos.

### A.1.4. Actividades de explotación

Los recursos tanto materiales como humanos relacionados con la explotación del túnel, estarán asociados a alguna de las siguientes actividades:



### A.1.5. Recursos de la Explotación

Una vez formuladas las actividades de explotación y dimensionada la carga de trabajo que estas inducen, pueden repartirse esas funciones entre los recursos humanos y materiales disponibles, calculando la dimensión de tales efectivos.

La Explotación está dotada de medios internos, de los que es completamente responsable la Gestor del Túnel, así como de recursos externos, que toma a su cargo la protección ciudadana. La seguridad vendrá determinada por la suma de tales recursos de prevención y respuesta a riesgos y se deben tener en cuenta ambos a la hora de calcular y dimensionar los recursos.

#### A.1.5.1. Recursos Humanos. Organigrama de la explotación

Se realizarán cálculos que justifiquen los recursos humanos y que son suficientes para afrontar la explotación cumpliendo con los requerimientos de las Instrucciones de Explotación y con ello reducir el riesgo a niveles aceptables.

Se establecerá el organigrama, formación, responsabilidades y función de los integrantes de la explotación. El organigrama de la Explotación debe incluir al menos las figuras definidas en las Instrucciones de Explotación:

- Director de Explotación.
- Encargado de Seguridad.
- Jefe de Operaciones.
- Jefes de Mantenimiento.
- Operadores de consola.
- Jefe de turno.
- Agentes de campo.
- Personal de mantenimiento.

#### A.1.5.2. Recursos Materiales

Se deberán justificar los recursos materiales, detallando todos los recursos materiales de la explotación, vehículos, consumibles...

## A.2. Plan de Operación

El Plan de Operación tratará de forma separada las operaciones normales, es decir, aquellas que se desarrollan en ausencia de incidentes; y las operaciones de atención de incidentes y emergencias, desarrolladas en el marco del Plan de Auto-protección.

Batera aztertuko dira ustiapen osorako ohiko eragiketak. Zehazkiago, hauexek sartzen dira horren barruan:

- Tunela kontrolatzeko zerbitzuak.
- Zerbitzuko parteak betetzea.
- Istripuak eta gorabeherak zaintzeko eta prebenitzeko zerbitzuak, hala nola trafikoa gainbegiratzea.

I. motako tuneletan manuzkoa izango da autobabeserako plan propioa izatea, non banakako arriskuen azterketa egingo baita eta erantzuna emateko jarduketa espezifikoko aztertuko baitira, bai kontroleko pertsonalari dagokionez, bai landako pertsonalari eta kanpoko baliabideekiko koordinazioari dagokionez. Jarduketa horiek guztiak prozeduretan bilduko dira indarreko legeriarekin bat etorritik, eta SOS DEIAK-ek homologatuko dituen autobabeserako planak osatuko dira.

Ustiapenaren eragiketa planak tunelen autobabeserako bidezkoak diren plan guztiak bildu beharko ditu (I. mota).

### A.2.1. Autobabeserako plana

Indarreko legeriarekin bat etorritik idatziko dira autobabeseko planak. Gutxienez legerian ezarritako edukiak garatu beharko dira:

#### 0. Atala.—Sarrera

- Autobabeserako planaren helburuak.
- Lege-esparrua.

#### 1. Kapituluak.—Tunelaren titularren identifikazioa eta jardueraren kokalekua

- Jardueraren kokalekua.
- Jardueraren titularrak.
- Autobabeserako planaren zuzendaria.

#### 2. Kapituluak.—Jardueraren eta ingurune fisikoaren deskribapena

- Jardueraren deskribapena.
- Tunelen deskribapena.
- Ingurunearen deskribapena.
- Sarbideen deskribapena.

#### 3. Kapituluak.—Arriskuen inbentarioa, azterketa eta ebaluazioa

- Jardueraren berezko arriskuak.
- Kanpoko arriskuak.

Indarreko arautegi sektorialaren eta ospe handiko zientzialari-tekniarren metodoen arabera eginiko azterlana.

#### 4. Kapituluak.—Autobabeserako neurriak eta baliabideak

- Egon dauden autobabeserako baliabideen eta neurrien inbentarioa.
  - Arriskuak murrizteko edo kentzeko eta larrialdiak kontrolatzeko neurriak eta baliabide teknikoak (egiturako neurriak edo neurri pasiboak eta baliabide aktiboak).
  - Giza baliabideak uneoro. Autobabesaren antolakuntza.
- Autobabeserako neurriak eta baliabideak aztertzea, indarreko arautegi sektorialarekin bat etorritik.
- Tunelak indarreko arautegira egokitzekeko neurri zuzentzaileen proposamenak. Hori ezinezkoa bada, segurtasun-maila bera bermatzen duten neurri alternatiboak proposatu behar dira.
  - Arriskuak murrizteko edo kentzeko eta larrialdiak kontrolatzeko neurriak eta baliabide teknikoak (egiturako neurriak edo neurri pasiboak eta baliabide aktiboak).
  - Giza baliabideak uneoro. Autobabesaren antolakuntza.

Las operaciones normales serán analizadas de forma conjunta para toda la Explotación. En particular, se considera dentro de este tipo de actividades:

- Servicios de control del túnel.
- Cumplimentación de partes de servicio.
- Servicios de vigilancia y prevención de accidentes e incidentes, tales como la supervisión del tráfico.

Para los túneles de tipo I será preceptivo un Plan de Auto-protección propio, en el que se realizará un análisis de riesgos individualizado y se definirán las actuaciones de respuesta específicas, tanto del personal del centro de control como del personal de campo y la coordinación con medios externos. Todas estas actuaciones se recogerán en procedimientos, de acuerdo con la legislación vigente, conformando los Planes de Autoprotección, que serán homologados por SOS DEIAK.

El Plan de Operación de una Explotación contendrá todos los Planes de Autoprotección de los túneles para los que proceda (tipo I).

### A.2.1. Plan de Autoprotección

Los Planes de Autoprotección se redactarán de acuerdo con la legislación vigente. Se desarrollarán, al menos, los contenidos que ésta determina:

#### Capítulo 0.—Introducción

- Objetivos del Plan de Autoprotección.
- Marco Legal.

#### Capítulo 1.—Identificación de los titulares del túnel y emplazamiento de la actividad

- Emplazamiento de la Actividad
- Titulares de la Actividad
- Director del Plan de Autoprotección

#### Capítulo 2.—Descripción de la actividad y del medio físico

- Descripción de la actividad.
- Descripción de los túneles.
- Descripción del entorno.
- Descripción de los accesos.

#### Capítulo 3.—Inventario análisis y evaluación de riesgos

- Los riesgos inherentes a la propia actividad.
- Los riesgos externos.

Estudio realizado de acuerdo a la normativa sectorial y a los métodos de la comunidad científico-técnica reconocidos.

#### Capítulo 4.—Medidas y medios de autoprotección

- Inventario de las medidas y medios de autoprotección existentes.
  - Medidas y medios técnicos para reducir o eliminar riesgos y controlar las emergencias (medidas estructurales o pasivas y medios activos).
  - Medios humanos en todo tiempo. Organización de autoprotección.
- Análisis de las medidas y medios de autoprotección conforme a la normativa sectorial vigente.
- Propuestas de medidas correctoras para adaptar los túneles a la normativa vigente. Si ello no es posible, se han de proponer medidas alternativas que garanticen el mismo nivel de seguridad.
  - Medidas y medios técnicos para reducir o eliminar riesgos y controlar las emergencias (medidas estructurales o pasivas y medios activos).
  - Medios humanos en todo tiempo. Organización de autoprotección.

5. Kapitulua.—*Instalazioak mantentzeko programa*

- Instalazioen prebentziorako eta mantenimendurako plana, indarreko legeriaren arabera:
  - Arriskuak sortzen dituzten instalazioak.
  - Autobabeserako instalazioak.
  - Segurtasuneko ikuskapenak.

6. Kapitulua.—*Larrialdietan jarduteko plana*

- Larrialdien identifikazioa eta sailkapena.
  - Larrialdien sailkapena.
  - Larrialdi mailak.
  - Larrialdien sailkapenaren laburpena.
- Larrialdietan jarduteko prozedurak.
  - Detekzioa eta balorazioa.
  - Alertako eta alarmako mekanismoak.
  - Larrialdiei erantzuna emateko mekanismoak.
  - Ebakuazioa edota konfinamendua.
  - Lehenengo laguntzak ematea.
  - Kanpoko laguntzak jasotzeko moduak.
- Larrialdietan jarduteko langileak eta ekipoak (identifikazioa eta funtzioak).
- LJP martxan jartzearen arduraduna.

7. Kapitulua.—*Autobabeserako planaren integrazioa*

- Larrialdia jakinarazteko protokoloak.
- Babes zibileko planaren zuzendaritzarekiko koordinazioa.

8. Kapitulua.—*Autobabeserako planaren ezarkuntza*

- Plana ezartzeko arduraduna.
- Langileak Autobabeserako Planari buruz trebatzeko programa.
- Erabiltzaileen informazio orokorrerako plana.
- Seinaleztapena eta arauak bisitarientzat.

9. Kapitulua.—*Autobabeserako plana mantentzea eta gaurkotzea*

- Heziketa eta informazioko birziklatze-programa.
  - Heziketarako baldintzak.
  - Urteroko Heziketa Programa.
  - Heziketa-moduluak.
- Ariketak eta simulakroak.
  - Sarrera.
  - Simulakroen helburuak.
  - Istripuen aldi behingo simulakroak egiteko jarraibideak.
- Planeko agiriak ikuskatzea eta gaurkotzea.
  - Definizioak.
  - Autobabeserako planeko dokumentazioaren kudeaketa.
  - Ikusapena eta onespena.
  - Banaketa.
  - Aldaketak.
  - Agirien kontrola.
- Segurtasunaren jarraipena eta hobekuntza iraunkorra.
  - Istripuen eta gorabeheren erregistroa.
  - Istripuen eta gorabeheren ikerketa.
  - Segurtasuneko adierazle komunak.
  - Auditoretza eta ikuskapen programa.
  - Suen kontrako babes sistemen auditoretzak.
  - Trenbide-zerbitzuen ikuskapena.
  - Segurtasuneko bisitaldiak.
  - Auditoretzak.

Capítulo 5.—*Programa de mantenimiento de las instalaciones*

- Plan de prevención y mantenimiento de instalaciones conforme a normativa vigente:
  - Instalaciones generadoras de riesgos.
  - Instalaciones de autoprotección.
  - Inspecciones de seguridad.

Capítulo 6.—*Plan de actuación ante emergencias*

- Identificación y clasificación de las emergencias.
  - Clasificación de emergencias.
  - Niveles de emergencia.
  - Resumen de la clasificación de emergencias.
- Procedimientos de actuación ante emergencias.
  - Detección y Valoración.
  - Mecanismos de alerta y alarma.
  - Mecanismos de respuesta frente a la emergencia.
  - Evacuación y/o confinamiento.
  - Prestación de las primeras ayudas.
  - Modos de recepción de las ayudas externas.
- Personal y equipos de actuación ante emergencias (identificación y funciones).
- Responsable de la puesta en marcha del PAE.

Capítulo 7.—*Integración del plan de autoprotección*

- Protocolos de notificación de la emergencia.
- Coordinación con la dirección del plan de protección civil.

Capítulo 8.—*Implantación del plan de autoprotección*

- Responsable de la implantación del Plan.
- Programa de formación al personal sobre el Plan de Autoprotección.
- Programa de información general para los usuarios.
- Señalización y normas para la actuación de visitantes.

Capítulo 9.—*Mantenimiento y actualización del plan de autoprotección*

- Programa de reciclaje de formación e información.
  - Requisitos de formación.
  - Programa Anual de Formación.
  - Módulos de Formación.
- Ejercicios y simulacros.
  - Introducción.
  - Objetivos de los simulacros.
  - Directrices para la realización de simulacros periódicos de siniestros.
- Revisión y actualización de la documentación del Plan.
  - Definiciones.
  - Gestión de la documentación del Plan de Autoprotección.
  - Revisión y Aprobación.
  - Distribución.
  - Modificaciones.
  - Control de documentos.
- Seguimiento y mejora continua de la seguridad.
  - Registro de accidentes e incidentes.
  - Investigación de accidentes e incidentes.
  - Indicadores Comunes de Seguridad.
- Programa de auditorías e inspecciones
  - Auditorías de los sistemas de Protección Contra Incendios.
  - Inspección de los servicios ferroviarios.
  - Visitas de Seguridad.
  - Auditorias.

**ERANSKINAK**

- A eranskina. Komunikazioko direktorioa.
- B eranskina. Hiztegia.
- C eranskina. Tuneleko larrialdi-seinaleen katalogoa.
- D eranskina. Komunikazioko protokoloak.
- E eranskina. Planoak.
- F eranskina. Larrialdietan lehenengo sorospentak ematea.

**A.3. Mantentzearen plana**

Ustiapenaren eskuliburua kapitulu hau aparteko dokumentua da. Bertan bildu beharko dira azpiegitura eta gainegitura egoera onean mantentzeko lanak, jarduketak eta plangintza. Honako hauek izango ditu gutxienez mantentze planak:

**1. Kapituluak.—Helburuak**

Instalazioen baliagarritasunaren eta fidagarritasunaren arloan lortu beharreko ratioak zehaztu beharko dira (zerbitzuaren kalitatea).

**2. Kapituluak.—Baliabideak eta antolaketa**

Mantentzearen buruaren eta ekipoaren inguruan antolatuko dira mantentzearen jardueretarako giza baliabideak; obra zibileko eta instalazioetako espezialistak izango dira. Eragiketen basetik hasien dira baliabide materialak, non ordezkio piezen, kontsumigarrien eta funtzioa betetzeko beharrezko ibilgailu eta makineriaren stocka kokatzen baita.

**3. Kapituluak.—Prozedurak**

Kapitulu honek hiru dokumentu hauek ditu:

- *Mantentzeari buruzko urtekaria*: Talde edo azpisistema bakoitzak mantentzearen inguruan dituen ekintza espezifikoko azaltzen dira dokumentu honetan, prebentzioko mantentzearen zein mantentze zentzagarriko ekintzak aintzat hartuz. Beharrezko baliabide materialak eta esku hartzeko aurreikusitako denbora zehaztu beharko dira horietako bakoitzean. Ekipoaren hornitzaileak eta eraikitzaileak eman beharko du informazioa.
- *Jarduketan programa*: Aurreko puntuan azaldutako ekintzetatik abiatuz, mantentzearen inguruko aldizkako jarduketan egutegia edo programa egiten da, beharrezko baliabideak finkatzeko eta laneko sekuentziak sistematizatzeko modua ematen duena.
- *Mantentzeari buruzko liburua*. Mantentze ekintzak erregistratzeko eta ondoren aztertzeko oinarriko dokumentua da. Horri esker, eginiko lanaren eta matxuren edo izandako arazoaren jarraipena egin daiteke, baita esku-hartzeen gaineko azterketa historikoa ere.

**A.4. Ezarpen eta jarraipen plana.**

Ustiapena zerbitzuan jartzeko egin beharreko jarduketak zehazten diren ezarpen eta jarraipen planean, baita jarraipeneko jarduketak eta prozedurak ere ustiapena etengabe hobetzeko prozesuaren barruan.

**A.4.1. Ustiapenaren eskuliburua ezartzea**

Ustiapenaren eskuliburua ezartzeak honako hauek dakartza, besteak beste.

**A.4.1.1. Ustiapenaren pertsonala trebatzea.**

Atal honetan ezarri beharko dira ustiapenaren pertsonalaren trebakuntzari buruzko gutxienezko beharrezko eskakizunak; hala, ustiapena segurtasunaren aldetik egoera egokietan egiten dela bermatzeko, betiere tunela ustiatzeko jardueretan taldeek duten gaitasun egokia izanik. Trebakuntzaren arloko eskakizun horiez gain, ikastaroen edukiak eta zein talderi emango zaizkion zehaztu beharko dira.

**ANEXOS**

- Anexo A. Directorio de Comunicación.
- Anexo B. Glosario de Términos.
- Anexo C. Catálogo de Señales de Emergencia en Túnel
- Anexo D. Protocolos de Comunicación.
- Anexo E. Planos.
- Anexo F. Prestación de primeros auxilios en caso de emergencia

**A.3. Plan de Mantenimiento**

Este capítulo del Manual de Explotación constituye un documento independiente. En él se deben contemplar todas las labores, actuaciones y planificación orientada a mantener la infraestructura y superestructura en condiciones óptimas. El Plan de Mantenimiento tiene que recoger al menos los siguientes contenidos:

**Capítulo 1.—Objetivos**

Deberán definirse los ratios a conseguir en términos de disponibilidad y fiabilidad de las instalaciones (calidad del servicio).

**Capítulo 2.—Recursos y organización**

Los recursos humanos dedicados a actividades de mantenimiento se organizan alrededor del Jefe de Mantenimiento y el equipo correspondiente, con especialistas en obra civil y en instalaciones. Los recursos materiales comienzan por la base de operaciones, en la que se sitúa el stock de repuestos, consumibles y vehículos y maquinaria necesarios para cubrir la función correspondiente.

**Capítulo 3.—Procedimientos**

Este capítulo consta de tres documentos:

- *Manual de Mantenimiento*: En este documento se describen las acciones de mantenimiento específicas de cada equipo o subsistema, considerando tanto las acciones de mantenimiento preventivo como correctivo. Para cada una de ellas deberán especificarse los medios materiales y humanos necesarios y el tiempo previsto en la intervención. Esta información debe ser suministrada por los proveedores de los equipos y el constructor.
- *Programa de actuaciones*: A partir de las acciones descritas en el punto anterior, se elabora un calendario o programa de actuaciones periódicas de mantenimiento que permite dimensionar los recursos y sistematizar las secuencias de trabajo.
- *Libro de mantenimiento*: Es un documento que sirve de base para el registro y posterior análisis de acciones de mantenimiento. Permite realizar un seguimiento de las tareas realizadas y averías o problemas producidos y efectuar un análisis histórico de las intervenciones.

**A.4. Plan de Implantación y Seguimiento**

El Plan de Implantación y Seguimiento define las actuaciones que se deben emprender para la puesta en servicio de la explotación, así como las actuaciones y procedimientos de seguimiento, dentro del proceso de mejora continua de la explotación.

**A.4.1. Implantación del Manual de Explotación**

La implantación del Manual de Explotación supone, entre otros, los siguientes aspectos.

**A.4.1.1. Formación del personal de explotación**

En este apartado se deben establecer los requerimientos mínimos necesarios sobre la formación del personal de explotación, de forma que se garantice que la explotación se realiza con las condiciones óptimas de seguridad, con una correcta capacitación de los distintos colectivos en las actividades de explotación del túnel. A partir de estos requerimientos de formación se definen los cursos con sus contenidos y los colectivos a los que deben ser impartidos.

#### A.4.1.2. *Ariketak eta simulakroak*

Ustiatzaileak simulakroen plana egin beharra ezarri da atal honetan. Gainera, ustiapenaren eskuliburua ezarrita burutu beharreko frogak eta simulakroak deskribatuko dira, eta aldian-aldean egingo dira tunelaren ustiapenak irau bitartean. Kanpoko laguntza eta tune-laren ustiapenetik kanpoko zerbitzuek eta erakundeek simulakroetan parte hartzea ere definituko dira.

#### A.4.1.3. *Ustiapenaren eskuliburuaren kudeaketa*

Ustiapenaren eskuliburua kudeatzeko prozedurak egingo dira atal honetan, eta gutxienez ustiapenaren eskuliburuaren berri-kuspena, onespina eta banaketa jorratuko dira.

Aldian-aldean berrikusiko da ustiapenaren eskuliburua, arris-kua aldarazi duten inguruabar berriak sartuta, hala nola IMD han-diagoa, eraikuntzako aldaketa nabarmenak edo ustiapenarekin lotu-tako alderdien aldaketak (baliabide gehiago, antolakuntzako aldaketa eta bestelakoak). Aldizkako berrikuspenez gain, ustiape-naren eskuliburua berehala berrikusi beharko da aipaturiko alder-dietako batean aldaketa garrantzitsuak gertatzen direnean.

Eskuliburuaren erregistro bat erabiltzeko moduan izango da, eta dokumentua oro har eta horren zati guztiak berrikusiko dira, impli-katuriko erakundeek eginiko banaketa eta banaturiko kopia guztien berrikuspena barne.

#### A.4.2. *Ustiapenaren jarraipena*

Ustiapenaren jarraipena egiteko metodologia zehaztuko da, eta zehaztasunez azalduko dira datuak atzemateko, jarraipeneko informazioa sortzeko eta aztertzeko eta hobekuntzak proposatzeko prozesuak. Gainera, tunelen koordinatzaileari eta administrazio agin-tariari informazioa emateko mekanismoak definituko dira, baita horiek ustiapenari aholkularitza ematekoak ere.

Ustiapenaren jarduera guztien gainekoa izango da jarraipena, eta horretarako, segurtasun-mailak, instalazioen eskuragarritasuna eta erabiltzailearentzako zerbitzua ebaluatzeko ereduak ezarriko dira. Sistema horien bidez, ustiapenaren helburuen betetze-maila eta ustiapenaren etengabeko hobekuntza ebaluaketa egin ahal izango da. Honako ebaluazio sistema hauek ezarriko dira:

- Segurtasun-mailaren ebaluazioa, segurtasun-mailaren indi-zearen ereduaren bidezkoa.
- Zerbitzu-mailaren ebaluazioa, zerbitzuaren maila-indizeen eremu baten bidezkoa.

#### A.5. *Zirkulazioko arauak*

Tuneletan aplikaturiko zirkulazioko arau orokorrak eta bereziak bildu beharko dira kapitulu honetan. Inguruko udalerrien artean bana-tuko dira arauak, eta egoki den tokian argitaratuko dira.

#### A.6. *Eskumenen liburua*

Eskumenen liburua ere bildu beharko da, ibilgailuak tuneletatik zirkulatzearen inguruko eskumena duten edo ustiapenaren kude-atzaileak edo erantzuleak diren edo haien interesak zuzenean edo zeharka ukitzen dituzten erakundeen erantzukizuna ezartzen duena. Hauexek dira, biderapena emateko bide gisa:

- Bizkaiko Foru Aldundiaren Herri Lan Saila.
- SOS DEIAK.
- Trafikoko agintaritza.
- Aldeko tokiko agintariak.
- Beste batzuk.

#### A.4.1.2. *Ejercicios y simulacros*

En este apartado se establece la obligación, por parte del explo-tador, de elaborar un Plan de Simulacros. Además, se describirán las pruebas y simulacros que se deberán realizar con la implan-tación del Manual de explotación y de forma periódica durante la explotación del túnel. También se definirán las colaboraciones exter-nas y la participación en los simulacros de los servicios y organismos externos a la explotación del túnel.

#### A.4.1.3. *Gestión del Manual de Explotación*

En este apartado se elaborarán los procedimientos de ges-tión del Manual de Explotación, que tratarán, al menos la revisión, aprobación y distribución del Manual de Explotación.

El Manual de Explotación será revisado periódicamente con la inclusión de las nuevas circunstancias que hayan modificado el riesgo, tales como una mayor IMD, modificaciones constructivas relevantes o aspectos relacionados con la explotación (mayores recur-sos, cambios organizativos u otros). Además de las revisiones periódicas, el Manual de Explotación deberá ser revisado al momento en el caso de modificaciones importantes en alguno de los aspec-tos mencionados.

Se mantendrá operativo un registro del Manual, con la revi-sión del conjunto del documento y de todas sus partes, incluyendo la distribución realizada a las instituciones implicadas y la revisión de cada una de las copias distribuidas.

#### A.4.2. *Seguimiento de la explotación*

Se definirá la metodología de seguimiento de la explotación, describiendo con detalle los procesos de captación de datos, gene-ración y análisis de la información de seguimiento, y propuesta de mejoras. Además, se definirán los mecanismos de información al Coordinador de Túneles y a la Autoridad Administrativa, y de audi-toría por parte de éstos a la Explotación.

El seguimiento se referirá a todas las actividades de la explo-tación, para lo cual, se implantarán modelos de evaluación de los niveles de seguridad, disponibilidad de instalaciones y servicio al usuario. A través de estos sistemas se permitirá la evaluación del cumplimiento de los objetivos de explotación y la mejora continua de la explotación. Se implantarán los siguientes sistemas de eva-luación:

- Evaluación del nivel de seguridad mediante un modelo de índice del nivel de Seguridad.
- Evaluación del nivel de servicio mediante un modelo de ín-dices del nivel de Servicio.

#### A.5. *Normas de circulación*

En este capítulo se deberán relacionar las normas de circu-lación, tanto generales como particulares, que aplican a los dis-tintos túneles. Las normas se distribuirán entre los municipios cer-canos, publicándose donde convenga.

#### A.6. *Libro de competencias*

Se ha de incluir en el Manual un Libro de Competencias, que determine responsabilidades de las instituciones que tienen com-petencia en la circulación de vehículos a través de los túneles, son gestores o responsables de la explotación o ésta afecta a sus intereses directa o indirectamente. De forma orientativa, serán los siguientes:

- Departamento de Obras Públicas de la Diputación Foral de Bizkaia.
- SOS DEIAK.
- Autoridad de Tráfico.
- Autoridades locales de la zona.
- Otros.



**A.7. Eranskinak****A.7.1. Telefono direktorioa**

Telefono direktorio batean aurkeztu beharko dira ustiapena-rekin lotuta dauden erakunde eta pertsona guztien telefono zenbakiak. Ustiapenek jarduketaren arabera antolatuko dira (mantentzea, larrialdiak...).

Dokumentu hau aldizka eguneratu beharko da.

**A.7.2. Proiektuko dokumentazioa**

Ustiapenaren eskuliburuak obra amaierako dokumentazioaren zerrenda zehatza izan beharko du, tunela ustiatzeko eskuragarri izan beharko dena, zeren eta beharrezkoa baita mantentzeko jarduerak egiteko, pertsonala trebatzeko eta eragiketaren zenbait euskarriren euskarria izateko. Kalitatezkoa izan beharko du dokumentazio horrek, eta gainera proiektuaren aldaketak eta eraikuntzak iraun bitartean buruturiko aldaketak bildu beharko ditu; gainera, eguneratuta eta kontrolatuta egon behar du etengabe.

**A.7.3. Herritarrek beren burua babesteko kontseiluak**

Herritarren artean zabaldu nahi diren zenbait aholku eta eduki bilduko dira kapitulu honetan, hain zuzen ere ohiko egoeretan eta larrialdietan haien jokabidea euren segurtasunerako mesedegarria izan dadin.

(I-1327)

**A.7. Anexos****A.7.1. Directorio Telefónico**

En un directorio telefónico deberán presentarse los números telefónicos de todas las entidades, organizaciones y personas con relación con la Explotación. Se organizarán por actividades de explotación (mantenimiento, emergencias...).

Este documento deberá ser actualizado periódicamente.

**A.7.2. Documentación de proyecto**

El Manual de Explotación contendrá una relación exhaustiva de la documentación de final de obra, «as built», que deberá estar disponible para la explotación del túnel, ya que es necesaria para el correcto desempeño de las actividades de mantenimiento, formación del personal y para soportar determinadas tareas de la operación. Esta documentación deberá ser de calidad, incluir todas las modificaciones de proyecto y las llevadas a cabo durante la construcción, debiendo estar actualizada y controlada de forma continua.

**A.7.3. Consejos de autoprotección a la población**

En este capítulo se deberán incluir aquellos consejos y contenidos que se pretenden difundir entre la población para que su comportamiento tanto en situaciones normales como en situaciones de emergencia sea beneficiosa para su seguridad.

(I-1327)

**II. Atala / Sección II****Bizkaiko Lurralde Historikoko Toki Administrazioa  
Administración Local del Territorio Histórico de Bizkaia****Bakioko Udala**

IRAGARKIA

Bakioko Udaleko alkate jaunak, 2008ko zemendiaren 11n, Bakioko arau subsidiarioetako SZR 1.1 jardununea urbanizatzeko jarduketa programea onetsi eban hasikera batean; programa hori José Ramón Foraster abokatuak eta Ignacio Etxeberria letratuak egin dabe, José María Aranzamendi Renteriaen ekimenez eta Eusko Jaurilaritzaren Lurzoru eta Urigintzari buruzko bagilaren 30eko 2/2006 Legearen 157 e) artikulua ezarritakoaren itzalpean.

Era beratan, programea jendaurrean imintea erabagi eban hogei eguneko epean, interesdunek alegazioak aurkezteko aukera euki daien; jendaurrean imitako agirian programearen oinarritzko elementuak jasoko dira.

Espediente osoa udal bulegoetan kontsultatu ahal izango da, beti be iragarki hau «Bizkaiko Aldizkari Ofizialean» argitaratzen dantetik zenbatzen hasita; horrela, gorago aitaturako epean bidezkoztat jotzen diran alegazioak aurkeztu ahal izango dira, beti be Eusko Jaurilaritzaren Lurzoru eta Urigintzari buruzko bagilaren 30eko 2/2006 Legearen 156.3 artikulua ezarritakoagaz bat etorritz.

Jarduketa Urbanizagarriaren Programearen funtsezko edukia:

Programearen helburua diran jardununeak mugatzea edo indarreko urigintza plangintzan ezarritakoak aldaraztea.

Kasu honetan, udaleko urigintza plangintzeak zehazten dauz jardununearen mugak: behin betiko onetsitako arau subsidiarioak eta 523/2007 Foru Aginduaz abenduaren 4an egindako aldarazpen zehatza.

**Ayuntamiento de Bakio**

ANUNCIO

El Sr. Alcalde del Ayuntamiento de Bakio, el día 11 de noviembre de 2008, acordó aprobar inicialmente el Programa de Actuación Urbanizadora de la unidad de ejecución SZR 1.1 de las Normas Subsidiarias de Bakio, redactado por el arquitecto don José Ramón Foraster y el Letrado don Ignacio Etxeberria, a iniciativa de don José María Aranzamendi Renteria, al amparo de lo establecido en el artículo 157 e) de la Ley 2/2006, de 30 de junio, de Suelo y Urbanismo del Gobierno Vasco.

Asimismo, acordó someter a información pública por plazo de veinte días el programa para la presentación de alegaciones por parte de los interesados, en el que se contendrán los elementos esenciales de los contenidos del programa.

El expediente completo podrá ser consultado en las oficinas municipales, contados a partir del día siguiente al de la publicación de este anuncio en el «Boletín Oficial de Bizkaia», pudiendo presentarse en el citado plazo las alegaciones correspondientes, según dispone el artículo 156.3 de la Ley 2/2006, de 30 de junio, de Suelo y Urbanismo del Gobierno Vasco

Contenido esencial del Programa de Actuación Urbanizadora:

Delimitación de las unidades de ejecución que constituyan su objeto o modificación de las existentes en el planeamiento vigente.

En el presente caso, la delimitación de la Unidad de Ejecución está determinada por el Planeamiento urbanístico municipal: Normas Subsidiarias aprobadas definitivamente y su modificación puntual con fecha de 4 diciembre Orden Foral 523/2007.