

MOPU

24

Inspecciones Principales de puentes de Carretera

**Inspecciones
Principales de
puentes de
Carretera**

Marzo 1988

INDICE

	PRESENTACION	7
1	INTRODUCCION	
	1.1 Definición de inspección	
	1.2 Tipos de Inspecciones. Frecuencias	9
	1.3 Medios humanos	9
	1.4 Medios materiales	10
	1.5 Documentación	11
	1.6 Fichas-tipo para la Inspección principal	11
2	ZONAS ESENCIALES DE INSPECCION EN UN PUENTE	13
3	INSPECCIONES DEL CIMIENTO	
	3.1 Ausencia de agua. Corriente somera	15
	3.2 Inspecciones bajo el agua	16
4	INSPECCION DE LA SUBESTRUCTURA	
	4.1 Estribos	19
	4.2 Pilas	20
	4.3 Aparatos de apoyo	21
5	INSPECCION DE LA SUPERESTRUCTURA	
	5.1 Elementos metálicos (Puentes metálicos)	23
	5.2 Elementos de hormigón (Puentes de hormigón)	27
	5.3 Elementos de fábrica de piedra, ladrillo o bloques de hormigón (Puentes de fábrica)	30
6	INSPECCION DE LOS EQUIPAMIENTOS	
	6.1 Calzada y aceras	35
	6.2 Juntas de dilatación	35
	6.3 Sistema de drenaje	35
	6.4 Elementos de seguridad (bazilamiento, defensas, iluminación, etc.)	36

PRESENTACION

Una de las fases más importantes en la conservación de las obras de fábrica lo constituye su inspección o vigilancia. Esta publicación intenta servir de ayuda y guía en dicha fase. Se trata, en la medida de lo posible, de sistematizar la recogida de los datos más significativos, señalando las zonas de observación más interesantes, los medios necesarios y los daños más frecuentes y típicos.

Entre los diversos grados de inspección destacan las denominadas "inspecciones principales" ya que, de una parte, deben revisarse todos los elementos del puente, y de otra hay que dejar constancia escrita del resultado de las observaciones y medidas efectuadas.

Es del mayor interés descubrir lo antes posible la existencia de daños o alteraciones posiblemente perjudiciales o que pueden afectar seriamente a la durabilidad de las obras. La inspección o vigilancia, realizada de forma sistemática y continua, constituye el primer paso en el estudio del comportamiento de los puentes, hace posible, en su caso, su correcta rehabilitación, y sirve de base para su reparación, refuerzo, ensanche, etc.

La presente publicación se basa en un trabajo realizado por el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales, del CEDEX, en conexión con el Servicio de Puentes y Estructuras, del Área de Tecnología, de la Dirección General de Carreteras – MOPU.

POR EL SERVICIO DE PUENTES
Y ESTRUCTURAS,

R. del Cuviello.
J. Galindo.

Los puentes son obras singulares de la red vial. Por ello, su puesta fuera de servicio o la limitación de la máxima sobrecarga que puede cruzarlos, supone una grave perturbación para el transporte por carretera, sin considerar las consecuencias catastróficas que podría acarrear su eventual hundimiento. Estas razones han movido a la mayoría de los países desarrollados a incrementar las medidas tendentes a su conservación.

Dentro de estos programas de conservación, la inspección de puentes de carretera resulta esencial, ya que permite obtener los datos necesarios para conocer en cada momento su estado funcional, resistente e incluso estético.

1.1 DEFINICION DE INSPECCION

La inspección es un conjunto de actuaciones técnicas, realizadas según un plan previo, que facilitan los datos necesarios para conocer en un instante dado el estado de un puente.

Desde el punto de vista de la inspección se consideran parte integrante del puente las estructuras o elementos anejos, tales como muros de contención de tierras, losas de transición, terraplenes y vías de acceso (en la zona próxima al puente y que puedan influir en éste), etc., en los cuales podrían producirse daños que afectasen a la integridad del puente.

1.2 TIPOS DE INSPECCIONES. FRECUENCIA

Se pueden definir tres tipos de inspecciones según la profundidad con que se realicen o, lo que es similar, según el grado de preparación del personal necesario para su realización.

A. Inspecciones rutinarias o superficiales

Se trata de inspecciones que podrían ser efectuadas por las personas encargadas del mantenimiento de la carretera, ya que poseen un buen conocimiento práctico de las obras, pero que no han recibido una formación específica sobre técnicas de inspección de puentes. Su objetivo es detectar lo antes posible fallos aparentes que podrían originar gastos importantes de mantenimiento o reparación, si no son corregidos a tiempo.

Este tipo de inspección se traduce en una vigilancia casi continua del puente, o en inspecciones periódicas realizadas con la misma frecuencia con que se efectúan las normales de mantenimiento de la carretera.

B. Inspecciones principales

Son inspecciones más profundas y detalladas que las anteriores y que implican la observación minuciosa de todos los elementos del puente. Son, fundamentalmente, inspecciones visuales sin utilización de aparatos especiales.

Se realizan por personal especializado bajo la supervisión de un ingeniero.

El intervalo entre dos inspecciones principales depende del tipo de puente y de sus antecedentes. Se recomienda que dicho intervalo

medio sea de cinco años, periodo que podría ser mayor o menor, en función de la posible existencia de anomalías detectadas en inspecciones precedentes.

Este tipo de inspecciones es siempre objeto de un informe escrito, con ayuda de fichas-tipo, para dejar constancia del estado del puente.

La primera inspección principal debería efectuarse antes de la puesta en servicio del puente. La importancia de esta inspección se deriva de que sirve como estado de referencia o "punto cero" para todas las inspecciones periódicas que se realizarán a lo largo de la vida del puente.

En este tipo de inspecciones principales es recomendable realizar una nivelación para determinar los movimientos del tablero del puente y compararlos con los de las inspecciones precedentes, teniendo en cuenta los posibles efectos climáticos. Para ello es necesario prever la instalación, en el puente y fuera de él, de puntos de referencia o marcas indestructibles a las que referirse en sucesivas nivelaciones.

Asimismo, conviene realizar mediciones para comprobar las características geométricas del puente, posibles desplomes de pilas, distancias entre paramentos frontales de estribos, etc.

C. Inspecciones especiales.

Se efectúan como consecuencia de situaciones singulares, tales como aparición de fisuras o deformaciones importantes, paso de transportes especiales, después de un sismo, un incendio, o una riada excepcional, o como resultado de una decisión tomada a la vista del informe de una inspección principal.

Este tipo de inspecciones no tienen carácter de sistemáticas o periódicas, porque no responden a una estrategia estudiada de antemano.

La realización de una inspección especial, aparte de una previa inspección visual de todos los elementos de la obra, supone llevar a cabo un buen número de ensayos complementarios, que requieren la utilización de técnicas y equipos especiales. Ello implica, necesariamente, la presencia de técnicos especialistas de diferentes campos.

Señaladas claramente las peculiaridades de cada uno de los tipos de inspección: rutinaria, principal y especial, hay que recalcar que la presente publicación se refiere exclusivamente a las inspecciones principales de puentes de carretera.

1.3 MEDIOS HUMANOS

Para la realización de las inspecciones principales, que son básicamente inspecciones visuales detalladas, se recomienda que el personal sepa ver e interpretar lo que ha visto, para lo que es imprescindible que cumpla las siguientes condiciones:

- Debe poseer una cualificación profesional suficiente (conocimientos teóricos sobre el modo de funcionamiento resistente de un puente, materiales, métodos de construcción, etc.).
- Debe tener experiencia sobre las distintas fases de degradación y deterioro del puente que puedan presentarse.
- Debe contar con los datos necesarios para preparar la inspección. Así,

es muy útil conocer previamente los elementos que se van a examinar, estudiando el Proyecto, examinar los diversos incidentes que han marcado la vida del puente, ver los informes de las inspecciones precedentes (si existen), etc. Por ello, es conveniente que todos estos datos consten en la "Documentación del puente".

1.4 MEDIOS MATERIALES

Las inspecciones principales se basan fundamentalmente en un examen visual detallado de cada uno de los elementos o partes de la estructura, que se recogen en una ficha-tipo. Como ayuda en esta inspección visual se pueden utilizar medios materiales convencionales, tales como martillos, plomadas, cintas métricas, aparatos ópticos (lupas, prismáticos, cámaras fotográficas), etc.

Para que se puedan deducir conclusiones válidas de las inspecciones principales es necesario que se den tres condiciones básicas.

- Poder ver: lo que significa poder acceder a todas las partes que se deseen inspeccionar. En este sentido, puede ser necesario utilizar medios de acceso tales como escaleras, andamiajes, pasarelas, etc.
- Saber ver: para lo que se necesita un equipo de inspección cualificado y con suficiente experiencia.
- Saber lo que se quiere ver: es decir, hay que preparar con antelación las inspecciones, estudiando el proyecto, los posibles incidentes ocurridos durante su construcción y los informes obtenidos en anteriores inspecciones (si existen).

1.5 DOCUMENTACION

Como se ha indicado, la documentación del puente comprende toda la información básica necesaria para su conservación y explotación, debiendo ser utilizada durante la preparación de la inspección principal.

Durante la realización de la inspección deben comprobarse y completarse las características y datos que no hayan sido recogidos o puedan ser inexactos en la documentación, especialmente la geometría de la obra.

1.6 FICHA-TIPO PARA LA INSPECCION PRINCIPAL

Las observaciones y datos que se obtengan en la realización de una inspección principal se recogerán en la correspondiente ficha-tipo.

ZONAS ESENCIALES DE INSPECCION EN UN PUENTE

A efectos de la realización de una inspección principal de un puente de carretera se pueden acotar cuatro zonas perfectamente delimitables:

- a) Cimiento.
- b) Subestructura.
- c) Superestructura.
- d) Equipamientos.

a) Cimiento: el cimiento del puente es por lo general inaccesible (normalmente totalmente enterrado o bajo el agua). La inaccesibilidad del cimiento hace que los posibles fallos que en él se produzcan sólo puedan ser detectados indirectamente durante las inspecciones periódicas si se traducen en signos externos visibles en la superestructura o en forma de movimientos excesivos, fisuración, etc. Por ello, se recomienda vigilar atentamente las características geométricas y el aspecto exterior de dichas subestructura y superestructura.

Los cimientos bajo el agua son muy vulnerables, sobre todo en puentes de fábrica, a causa de socavaciones, descalces, falta de protección adecuada contra la corriente, etc. Para la inspección de estos cimientos es necesario recurrir a menudo a inspecciones subacuáticas que, por su propia especificidad, se analizan por separado.

b) Subestructura: la subestructura comprende:

- Estribos (incluso terraplenes, muros de acompañamiento, etc.).
- Pilas.
- Aparatos de apoyo.

A pesar de la importancia de la inspección de estos elementos, a menudo resultan difícilmente accesibles (pilas de gran altura, secciones de apoyo de gran canto, etc.).

El estado general de los aparatos de apoyo y su situación de deformación dan una indicación importante del funcionamiento global de la estructura del puente.

c) Superestructura: la superestructura comprende:

- Los elementos portantes principales (vigas principales, arcos, etc.).
- Elementos portantes secundarios (vigas longitudinales secundarias o largueros, vigas riostras o diafragmas, etc.).
- Losa superior del tablero (cuando exista), etc.

Cualesquiera que sean los materiales que constituyen los diferentes elementos de la superestructura, se recomienda observar cuidadosamente durante las inspecciones los posibles desplazamientos verticales (flechas) y horizontales, así como sus variaciones respecto de las inspecciones precedentes.

d) Equipamientos: los equipamientos son indispensables para el

funcionamiento y durabilidad del puente, e incluyen:

- Juntas.
- Impermeabilización del tablero.
- Pavimento o capa de rodadura.
- Sistema de drenaje.
- Barandillas y dispositivos de seguridad.
- Aceras y canalizaciones.
- Sistema de iluminación.
- Señalización.
- Otros.

Se recomienda examinar detalladamente el sistema de drenaje, ya que el agua infiltrada puede causar graves daños en la estructura del puente.

En cada una de estas categorías principales y en los elementos de los que constan se pueden producir defectos típicos muy variados, que es preciso recoger en la correspondiente ficha-tipo.

3.1 AUSENCIA DE AGUA. CORRIENTE SOMERA

Incluiremos en este primer subapartado los cimientos fácilmente accesibles, bien sea por tratarse de cauces donde no existe agua o ésta no afecte a aquéllos, o dicha afección sea de muy leve profundidad (períodos de estiaje, etc.).

Los casos en que no sea así entrarán en el subapartado 3.2 de Inspecciones bajo el agua.

De cualquier modo deberá quedar constancia, si ello es posible, del tipo de cimiento de que se trate. Esto podrá realizarse si existen datos documentales o si puede conseguirse mediante observación directa (zapatas o pilotes descubiertos, etc.). Si existiese esta posibilidad, se adjuntarán las dimensiones, el tipo de material utilizado y el tipo de terreno.

La mayor parte de las anomalías relativas al cimiento del puente se manifiesta en movimientos imprevistos. Los asientos de gran magnitud, sobre todo si son asientos diferenciales, pueden causar daños en la integridad del puente si no se tomaron las debidas precauciones en su proyecto o construcción.

Estos asientos se pueden producir por fallos en el terreno de cimentación o por fallos imprevistos del propio material constitutivo del cimiento.

Se considerará, por una parte, el estado aparente del cimiento propiamente dicho, y, por otra, la del terreno de cimentación. Algunos de los desperfectos más típicos son:

En el cimiento:

- Disolución de la cal, que conduce a la disgregación de antiguos macizos de hormigones de cal.
- Abrasión de pilotes de madera, de ciertas piedras blandas, etc.
- Choques.
- Dislocaciones de la mampostería provocadas por el crecimiento de raíces de árboles.
- Alteración química, por aguas agresivas, de cales, cementos, elementos de madera o metálicos, etc.
- Alteración biológica de pilotes de madera en zonas próximas al mar.

En el terreno de cimentación:

- Formación de cavidades y decompresión del terreno de cimentación por socavación.

En el caso de cimientos superficiales, la existencia de cavidades entraña una reducción de su capacidad portante y un aumento de los movimientos de la pila (asientos y giros) debido a la disminución de la superficie de apoyo.

En el caso de cimientos sobre pilotes, su capacidad funcional puede reducirse:

- a) Por disminución del rozamiento lateral movilizado.

- b) Por disminución de la sobrecarga de tierras en la zona de la punta, si ésta no se encuentra muy lejos de la superficie del terreno.
- c) Por asentamientos bruscos si las cavidades se encuentran por debajo de la punta.

Por otro lado, para los cimientos antiguos sobre pilotes de madera, la resistencia a los esfuerzos horizontales, que está asegurada por aluviones que bloquean el encepado, se encuentra considerablemente reducida en el caso de que quede desguarnecido. El puente queda entonces en un estado de estabilidad precaria y puede colapsarse súbitamente bajo la acción de una perturbación a veces mínima.

Cuando se producen socavaciones y la cimentación es sobre pilotes, además de los efectos similares a los indicados para el caso de cavidades, se incrementan considerablemente los momentos flectores en los pilotes, al aumentar su longitud libre y disminuir la propia resistencia lateral del terreno por quedar menor longitud de pilote enterrada.

En el terraplén adyacente:

- Se observará si hay superficies erosionadas, generalmente debidas a fallos en los sistemas de drenaje superficial, torrenteras, etc.
- Análogamente en el pie de talud es frecuente la existencia de socavaciones si ha habido temporadas de crecidas en el cauce.

En las defensas hidráulicas:

- En el caso de crecidas extraordinarias pueden originarse descalces en muros y máscaras de defensa, especialmente en su base.
- Arrastre de bloques por la corriente y desplazamiento de gaviones.
- Fallos y hundimientos de defensas de escollera dispuestas alrededor de pilas y estribos, o de las que protegen muros y pilotajes.
- Invasión de recintos de pantallas y tablestacas.

En otros elementos de protección:

- Podredumbre de elementos de madera.
- Abrasión de materiales blandos debidos a acarreos.
- Corrosión de pilas metálicas.
- Arrastre de materiales.

3.2 INSPECCIONES BAJO EL AGUA.

La inspección de cimientos bajo el agua es una tarea generalmente delicada debido a las dificultades de acceso que impiden su observación directa.

Estas dificultades hacen que sea muy útil detectar, mediante vigilancia topográfica periódica, toda clase de movimientos que pueda sufrir la estructura.

Cierto tipo de obras (estructuras hiperestáticas, bóvedas, etc.) son, por su propia naturaleza, muy sensibles a los movimientos de apoyos. Una atención particular debe prestarse además, a las inspecciones de cimientos antiguos, construídos antes del siglo XX, porque la limitación de medios técnicos no permitía siempre cimentar a una profundidad suficiente, de forma que la acción del agua no comprometiese la estabilidad del puente.

Las inspecciones deben realizarse con una particular desconfianza, considerando que el estado aparentemente normal de la obra puede ocultar

ciertos fallos. Esta desconfianza se debe acentuar en el caso de cimentaciones rodeadas de defensas de escollera, si se duda de la existencia de pilotes o no se conoce el tipo de cimientto.

Las inspecciones bajo el agua deben ser realizadas por un equipo de buceadores con conocimientos sobre cimientos de puentes y, en la medida en que sea posible, en un período de aguas bajas. Se recomienda no disociar la inspección de los cimientos bajo el agua de la del resto del puente por numerosas razones, ya que la conveniencia de estas inspecciones se debe a que:

- Los deterioros en la estructura son a veces imputables a anomalías en su cimientto, y la existencia de estas anomalías algunas veces puede detectarse a través de los daños que aparecen en la estructura (caso de movimientos de apoyos).
- La topografía del lecho del curso de agua y las condiciones de flujo de la corriente pueden ser un índice de anomalías en el cimientto.
- La estabilidad de cierto tipo de cimientos evoluciona desfavorablemente con las condiciones hidráulicas.

Es preciso por ello que los equipos encargados de la vigilancia del cimientto tengan conocimiento, antes de realizar su trabajo, de los informes de las inspecciones realizadas para el resto de la obra y viceversa.

Las inspecciones principales bajo el agua se efectuarán, como se ha establecido con carácter general, cada cinco años: pero en obras que necesiten una vigilancia especial se puede fijar una frecuencia más elevada, por ejemplo en los siguientes casos:

- Cimientos muy expuestos a la acción del agua (velocidad elevada de la corriente, acarreo importantes, etc.).
- Si se ha constatado una evolución rápida (natural o debida a intervenciones humanas) de las condiciones hidráulicas del curso del agua.
- Cuando se realizan trabajos, en la zona de influencia de la obra, que hacen temer una evolución desfavorable para la estabilidad de los apoyos.

La misión del equipo de inspección consiste en:

- Realizar una cartografía completa, tanto de la parte del cimientto visible bajo el agua, como de las secciones del lecho del curso de agua en las proximidades del puente.
- Inventario exhaustivo de las partes inspeccionadas, con descripción de las anomalías constatadas.

Se recomienda examinar cuidadosamente los siguientes puntos:

A) Curso de agua:

- Anotar la posición del lecho en relación con la obra, el ángulo de ataque por la corriente a pilas y estribos, y los tramos bajo los cuales circula preferentemente el caudal de agua.
- Anotar la naturaleza del fondo y las anomalías en su topografía, en particular la presencia de fosas imputables a socavaciones laterales de los apoyos.

- Anotar la posible presencia de remolinos y su posición.
- Anotar el amontonamiento de cuerpos flotantes y de aluviones que obstruyan el paso del agua.

B) Laderas del cauce.

- Anotar las señales de ataque y deterioro de los márgenes del cauce en el entorno del puente.
- Anotar los signos que indiquen posibilidad de deslizamiento en las proximidades de los estribos.

C) Macizos de escollera en el entorno de la obra.

- Anotar las variaciones de la geometría de estos macizos en relación con las inspecciones precedentes.

D) Pantallas de protección.

- Anotar señales de alteración, o roturas en las pantallas.
- Anotar la desaparición de material de relleno.

E) Base de apoyos.

- Anotar el aspecto general de la base de apoyos. Comprobar si existe desagregación del ligante, desligaduras de sillares, piedras fracturadas o que falten, signos de abrasión, alteraciones o choques, etc.

F) Cimiento y terreno de cimentación.

La existencia de cavidades bajo la obra constituye un peligro importante para su estabilidad. Dichas cavidades, a menudo, no son visibles, pero pueden existir indicios de su existencia por el estado de las defensas o por la existencia de circulación anormal de aguas.

G) Estructura.

Conviene subrayar que los deterioros de la estructura del puente, principalmente en bóvedas de mampostería o en pilas, son frecuentemente un indicio de anomalías en su cimiento. Inversamente, es preciso indicar que pueden existir deterioros importantes en el cimiento sin que existan manifestaciones correlativas en la estructura.

4.1 ESTRIBOS

Se anotará el material básico que integra el estribo. Los tipos de material más utilizados son:

- Piedra natural (sillería, mampostería).
- Material cerámico (ladrillos).
- Hormigón armado ó en masa.
- Bloques de hormigón.

Se incluirá una definición tipológica del mismo.

El tipo convencional es un muro de apoyo con las partes esenciales siguientes: cimiento (generalmente superficial con zarpa y talón), paramento de muro, y zona de apoyo de la superestructura. Puede llevar, en algunos casos, losa de aproximación y generalmente tiene un murete de guarda para la contención de tierras.

Puede ser un muro único o tener aletas en prolongación para las tierras de terraplén.

Muy común es el muro en vuelta, formando un cuerpo único con los muros laterales. En caso de que exista junta, se considerarán como independientes muro frontal y lateral.

Hay estribos más sencillos, consistentes simplemente en un cabezal apoyado directamente sobre un terraplén (reforzado o no), o bien cimentado sobre pilotes que permanecen ocultos por el terraplén.

Existe también una gran variedad de estribos especiales: lastrados, contrapesados, anclados, sobre pantallas, etc.

Sea cual fuese el tipo de estribo, se recogerán las dimensiones geométricas básicas para su definición. El mismo tratamiento se dará a las aletas o muros laterales.

En cuanto a la determinación del estado de conservación, es conveniente realizar la inspección principal en un estribo desde las proximidades del cimiento, observando detenidamente los arranques del muro.

Los efectos del asentamiento del terreno provocan movimientos del tipo de sólido rígido, que pueden agrietar los muros según direcciones más o menos verticales. Las grietas son más pronunciadas si el asentamiento es diferencial.

Es muy importante el efecto del empuje sobre los muros, por excesiva compactación u otras causas, lo que da lugar a distintos esquemas de fisuración. Son muy comunes las grietas en la unión del muro del estribo con el muro de acompañamiento o aletas laterales. Con frecuencia el muro lateral está infradimensionado al vuelco, con lo que se recarga la unión entre las fábricas y se produce una abertura, que puede hacer estallar sillares y abrir juntas (Figura 1).

La retracción en muros de estribos de bloques de hormigón puede ocasionar fisuraciones verticales bastante limpias si no se han previsto las juntas de retracción necesarias.

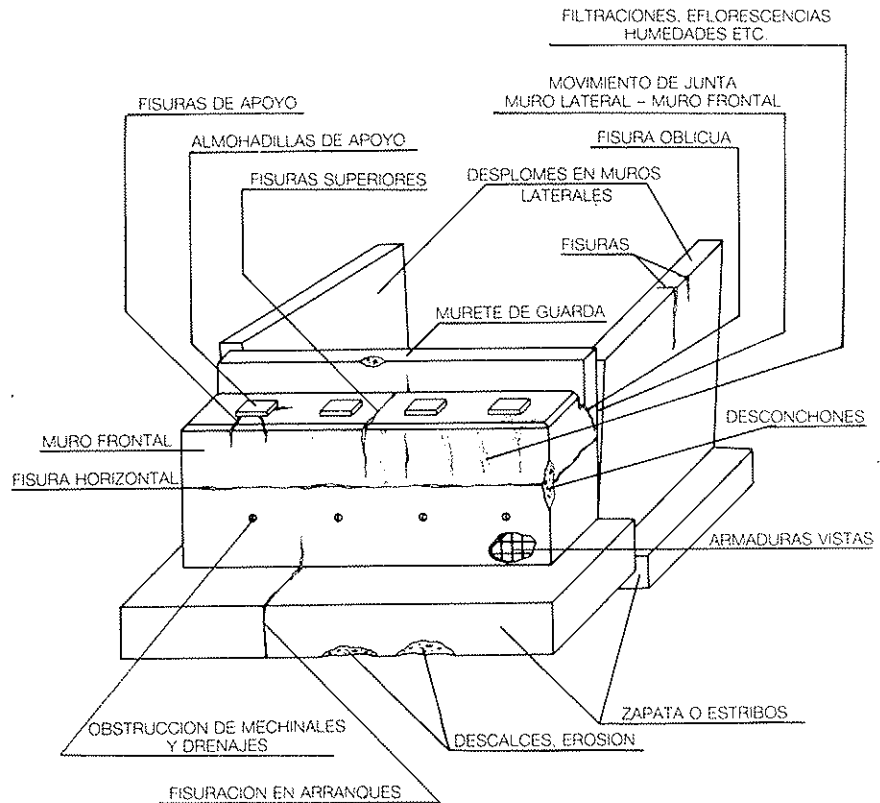


FIGURA 1
ZONAS DE INSPECCION EN ESTRIBOS
DEFECTOS MAS FRECUENTES

Una zona conflictiva ante cualquier alteración suele ser la próxima a los arcos o elementos resistentes de la superestructura coaccionados en su extremo por el estribo. Da lugar a una interacción entre los dos tipos de deformación, con las fisuraciones consecuentes.

A los fenómenos de tipo estructural hay que añadir otros que, aun siendo secundarios, pueden colaborar negativamente en los daños: infiltraciones de finos por grietas y vías preferentes, eflorescencias, ataques superficiales a los sillares y juntas, intrusión de plantas trepadoras, etc.

Los sillares u hormigones realizados con áridos porosos (areniscas, etc.) y las fábricas de ladrillo son muy propensos a presentar ataques superficiales en los bajos de los muros por capilaridad del agua del terreno. La corriente también suele erosionar los arranques y partes bajas en zonas de estrechamiento y curvas. Es importante inspeccionar los drenajes y el estado de los mechinales de los muros, tanto frontales como laterales.

Si hay posibilidad de dar algún dato sobre los rellenos de estribo, se incluirá en la ficha, por tener mucho interés de cara a estudios de estabilidad, capacidad portante, etc.

4.2 PILAS

En pilas se anotará el material componente básico:

- Madera (raro en España).
- Acero o fundición.
- Piedra natural (sillería, mampostería).
- Ladrillo o bloques de hormigón.
- Hormigón armado.

Se indicará el tipo de pila y si es de fuste único o múltiple. En el caso de

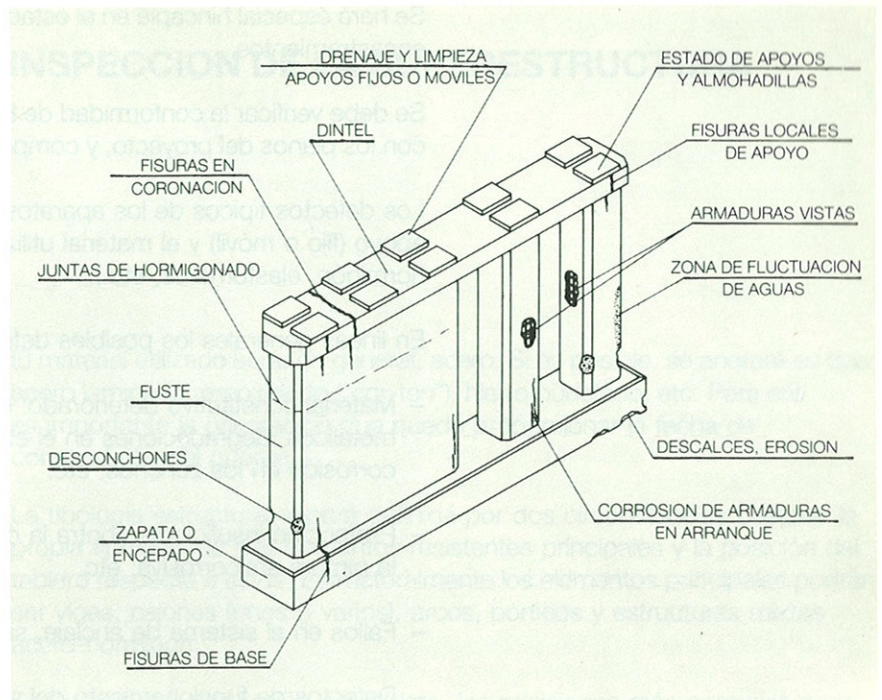


FIGURA 2
ZONAS DE INSPECCION EN PILAS.
DEFECTOS MAS FRECUENTES

fuste múltiple hay que señalar su independencia o trabajo conjunto mediante arriostramiento, dintel común, etc. También se anotará si es independiente de la superestructura o forma un conjunto con la misma. Se dará cuenta de la forma de los fustes (circular, rectangular, etc.), si son huecos o macizos, y sus dimensiones.

Con respecto a la inspección del estado de la pila, cabe repetir las mismas consideraciones y recomendaciones citadas para los estribos.

Sin embargo, de forma específica, merece la pena destacar los siguientes puntos:

- Las fisuras verticales por asiento diferencial en paramentos de pilas de gran anchura y cimentadas superficialmente sobre terrenos arcillosos.
- En puentes de fábrica o mixtos, las fisuras en las uniones de los tajamares con el cuerpo de pila. Son zonas delicadas, muy sensibles a las deformaciones de la superestructura y a los asientos de pila. Por otro lado, suele tratarse de zonas muy castigadas por las corrientes.
- Las fisuras verticales en coronación, muy frecuentes en pilas de fábrica u hormigón que soportan las cargas concentradas de los apoyos de las superestructuras isostáticas de acero y hormigón.
- Ocasionalmente, los daños sobre las pilas por impactos debidos al tráfico inferior (carretera, material descarrilado de ferrocarril, embarcaciones, etc.).

En la Figura 2 se indican algunas zonas en las que conviene detenerse en la inspección, y se señalan algunos defectos que con frecuencia se observan.

4.3 APARATOS DE APOYO

Se indicará el tipo de aparato de apoyo de que se trate, indicando el material que lo integra, dimensiones y situación. Es muy importante señalar el tipo de coacción que introduce: si permite el movimiento horizontal, el giro, etc.

Se indicará asimismo la temperatura a la que se ha verificado la inspección.

Se hará especial hincapié en el estado de las almohadillas de apoyo y de los encastramientos.

Se debe verificar la conformidad de la colocación de los aparatos de apoyo con los planos del proyecto, y comprobar si su funcionamiento es correcto.

Los defectos típicos de los aparatos de apoyo varían según sea el tipo de apoyo (fijo o móvil) y el material utilizado en su fabricación (metálico, hormigón, elastómeros, etc.).

En líneas generales los posibles defectos se pueden clasificar en:

- Material constitutivo deteriorado: corrosión en aparatos de apoyo metálicos, degradaciones en el elastómero en apoyos elastoméricos, corrosión en los zunchos, etc.
- Protección insuficiente contra la corrosión: fallos de galvanización o en la pintura anticorrosiva, etc.
- Fallos en el sistema de anclaje, si existe.
- Defectos de funcionamiento del aparato de apoyo (deformaciones excesivas, bloqueos, etc.).

En particular, en aparatos de apoyos constituidos por material elastomérico con chapas de acero (zunchos) intercaladas, se seguirán las prescripciones sobre su inspección establecidas en las "Recomendaciones para el proyecto y puesta en obra de apoyos elastoméricos para puentes de carretera", publicadas en 1982 por la Dirección General de Carreteras, y se anotarán si existen:

- Desplazamientos de apoyos de su posición original.
- Las "barrigas" que se produzcan al deformarse el apoyo por las cargas verticales no deben ser muy pronunciadas.
- Encastramientos parciales del aparato de apoyo en el hormigón de las almohadillas.
- Distorsiones excesivas (en comparación con las previstas para la misma temperatura, retracción y fluencia equivalentes).
- Degradaciones en el elastómero y las armaduras (despegues en la unión goma-metal, grietas, astillado del elastómero, corrosión en los zunchos, etc.).
- Suciedad (grasas, aceites, gasolina, barro, etc.).

En aparatos de apoyos deslizantes, tipo "teflón", se debe comprobar también:

- Deslizamiento defectuoso de la placa de deslizamiento sobre el "teflón" (aparato bloqueado).
- Bloque elastomérico parcialmente desplazado con respecto a la placa de deslizamiento.
- Placa de deslizamiento deteriorada o abombada.
- Separación entre la lámina de acero inoxidable de la placa de deslizamiento y la propia placa.
- Lámina de "teflón" despegada del bloque de elastómero.
- Manchas en el acero inoxidable, etc.

5.1 ELEMENTOS METALICOS (PUENTES METALICOS)

El material utilizado será, en general, acero. Si es posible, se anotará su tipo: acero laminado, preoxidado ("cor-ten"), hierro pudelado, etc. Para ello es importante la orientación que puede proporcionar la fecha de construcción del puente.

La tipología estructural vendrá definida por dos circunstancias básicas: la propia tipología de sus elementos resistentes principales y la posición del tablero respecto a éstos. Estructuralmente los elementos principales podrán ser vigas, cajones (unos o varios), arcos, pórticos y estructuras mixtas acero-hormigón.

En cuanto a la colocación del tablero, las posiciones más normales para cada uno de los casos mencionados son: tablero superior y tablero inferior (ver esquemas en Figura 3), aunque también puede hallarse el tablero en posición intermedia y más raramente suspendido mediante péndolas.

Se deberá hacer una referencia de las dimensiones definitorias del tablero.

Durante la inspección de los elementos principales, se comprobarán las dimensiones recogidas en los planos. En caso de ausencia de los anteriores se procederá a una medición detallada.

En la inspección de los elementos principales se observarán dos posibles grupos de anomalías:

- Defectos estructurales, tanto sean achacables a la propia construcción original como a modificaciones o reparaciones realizadas posteriormente. También se incluyen en este grupo tanto las ausencias y roturas de componentes así como las deformaciones o mermas de sección.
- Daños en el propio material, con especial énfasis en la corrosión.

Desde el primer punto de vista es muy frecuente, sobre todo en puentes antiguos, encontrarse con una serie de detalles constructivos incorrectos. Así, por ejemplo, en el caso de puentes de sección transversal en U con tablero inferior y vigas trianguladas sin arriostramiento superior (a veces por no permitirlo el gálibo), no se encuentran las necesarias cartelas que debería haber para dotar al cordón superior de suficiente rigidez transversal. Aunque el problema no es tan vital como en el caso de puentes de ferrocarril, sí pueden provocarse ciclos de trabajo tensional incorrecto para las sobrecargas de uso más pesadas (ver Figura 3).

También en el caso de vigas trianguladas con cordón comprimido de sección en T, el faldón vertical puede carecer de cualquier tipo de arriostramiento horizontal, que lo haría propenso, por tanto, a fenómenos de inestabilidad transversal.

Es muy corriente el descubrir excentricidades indeseables: frecuentemente se hallan nudos en celosías en los que no coinciden los ejes de las barras concurrentes, lo que ocasiona un trabajo anormal del propio nudo y de su cartela. Más frecuente aún es encontrar barras con ejes excéntricos respecto al propio plano del elemento o viga principal, especialmente si a la estructura se le hicieron refuerzos y adaptaciones posteriores a su

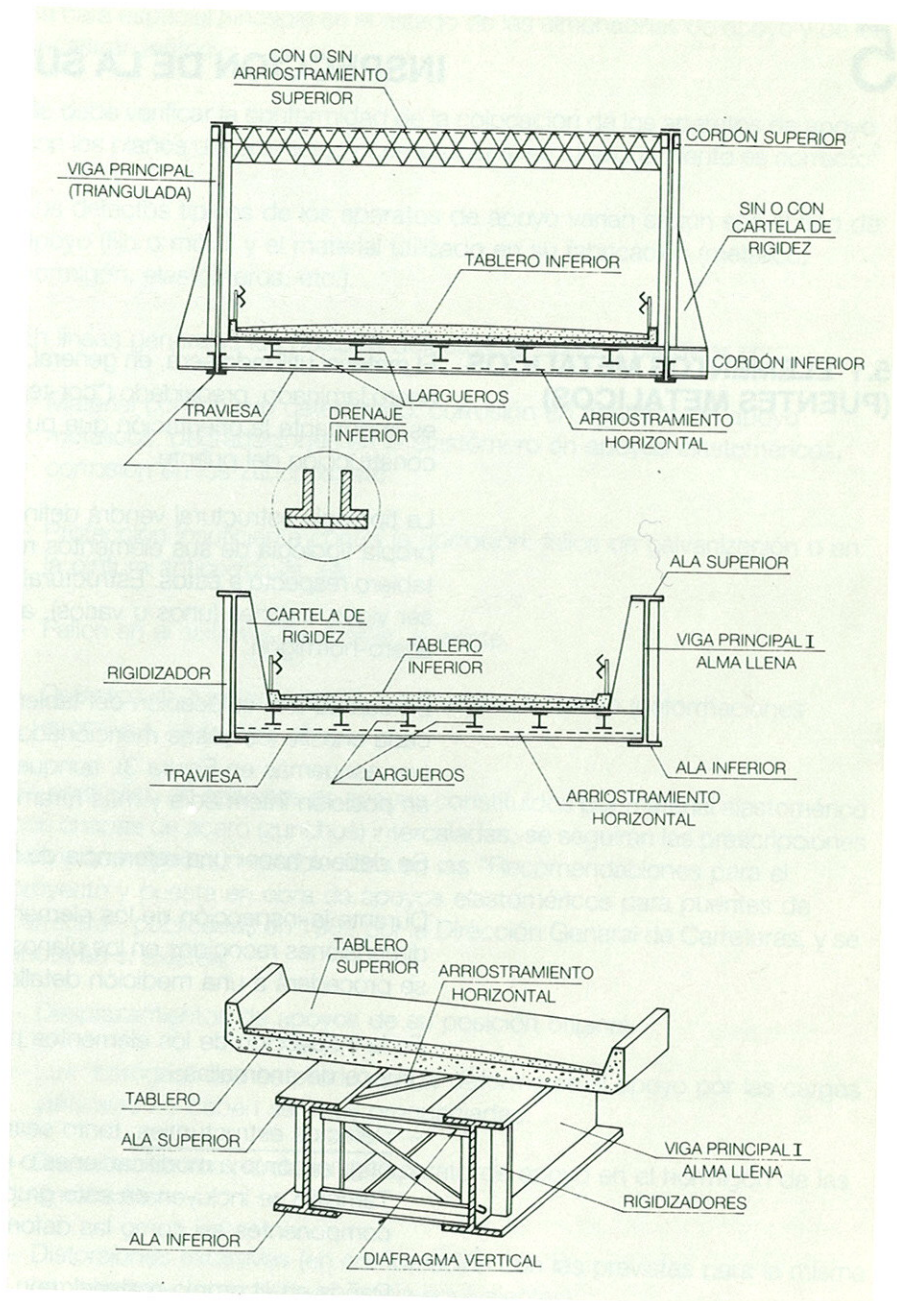


FIGURA 3
ZONAS DE INSPECCION
SUPERESTRUCTURA METALICA

construcción recreciendo las barras mediante nuevos perfiles. A menudo se encuentran barras unidas directamente a los cordones sin acartelamientos.

Los cruces de barras, especialmente las diagonales, deben caracterizarse e indicar si se trata de un nudo real, o de un cruce libre o con algún grado de coacción.

En el caso de vigas de alma llena hay que determinar el espesor del alma. Hay casos en que se está ante almas excesivamente esbeltas, los rigidizadores no están bien colocados o se carece de ellos. Se debe observar si existe algún síntoma de abolladura u ondulaciones en alma y alas. Hay que reseñar el estado de los rigidizadores y la existencia de todos los precisos.

En la Figura 4 se indican las zonas de defectos más frecuentes en vigas de alma llena.

Puede encontrarse, en ciertos casos, ausencia de algunos componentes

por pérdida o rotura. También pueden hallarse zonas agrietadas o con mermas de sección. La fisuración suele producirse en zonas donde existen variaciones o concentraciones de tensión importantes.

Hay que observar las deformaciones anormales del propio elemento. Si son permanentes se anotará si se produjeron fallos en la alineación y geometría del elemento, torsiones, alabeos, etc.

También es frecuente en puentes metálicos las deformaciones localizadas por impactos y choques de las sobrecargas móviles.

En lo que respecta al material, aparte de defectos originales que pudiera tener (que no serían fáciles de determinar salvo que sean superficiales), lo más interesante es la corrosión de los elementos metálicos. Sin duda la corrosión es el factor que más contribuye al deterioro e inutilización de un tramo metálico para el servicio.

La base de la corrosión son las reacciones electroquímicas provocadas por la presencia de humedades y ambiente desfavorable. Los productos que se adhieren por suciedad o vertidos de sales colaboran a acelerar el proceso.

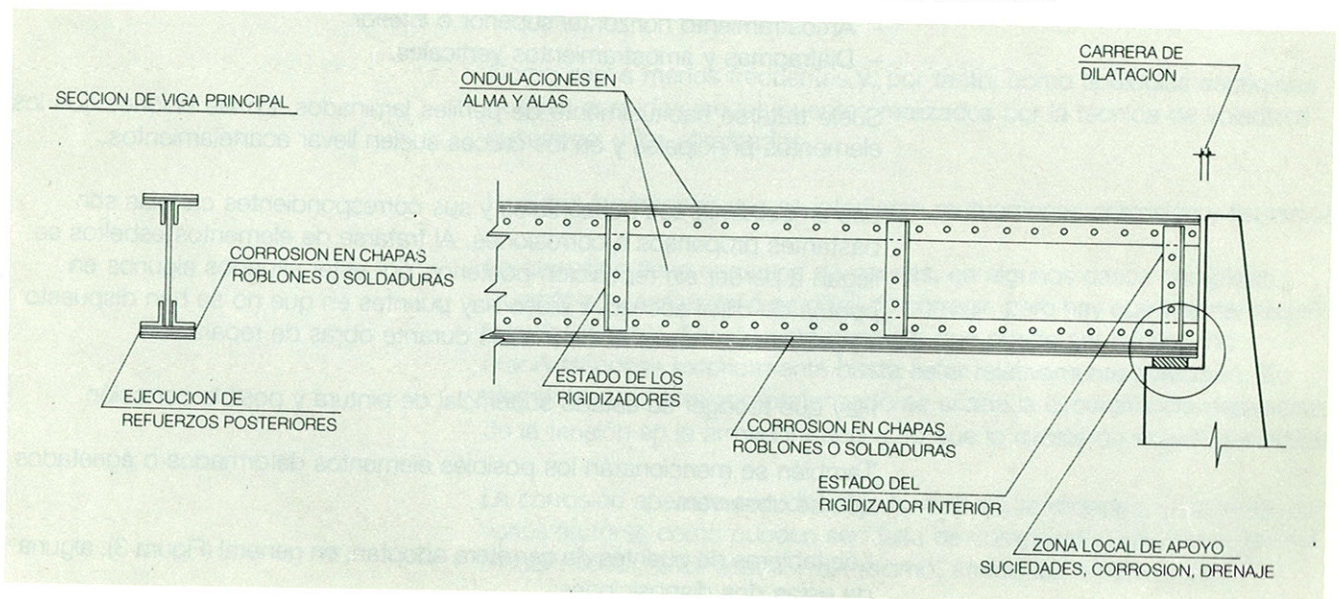
Los óxidos provocados por la corrosión ocupan volúmenes superiores al del metal original, lo cual determina un efecto de acuñamiento que ocasiona abombamientos y rotura de uniones. En los espacios mínimos que hay entre distintas platabandas se introducen, por efecto de la tensión superficial del agua, laminillas de espesor micrométrico que provocan auténticas pilas electroquímicas.

La pintura es un factor clave en la prevención de la corrosión. En la inspección se debe por tanto prestar una gran atención al estado de envejecimiento de la pintura. Hay que reseñar si está saltada o cuarteada. Frecuentemente se realizan pinturas periódicas sin mediar una limpieza concienzuda de los óxidos superficiales y la pintura vieja: esto hace de dudosa eficacia el mantenimiento, y a veces incluso contraproducente.

Se registrarán las disminuciones de espesor en las chapas corroídas.

Hay zonas donde se suele localizar más la corrosión; tal es el caso de las alas inferiores en la cara superior de sus superficies horizontales. En

FIGURA 4
VIGAS METÁLICAS.
DEFECTOS MAS FRECUENTES



periodos de lluvias se acumulan charcos que pueden permanecer varios días; mayor es el efecto de retención con suciedades y tierra que se mantienen húmedas durante tiempos superiores. En los elementos en U o en cajón a veces no se han previsto los desagües u orificios de evacuación necesarios.

Las uniones de elementos y zonas de apoyo tienen el efecto anterior de acumulación de humedad, y además son puntos de localización de tensiones. Por ello, se suelen hallar en su entorno zonas de corrosión.

Hay además otros fenómenos que deben ser tenidos en cuenta como son, por ejemplo, las vibraciones excesivas. Se debe vigilar si las citadas vibraciones aumentan sensiblemente de una inspección a otra. Por sí mismas, estas vibraciones no suelen revestir peligro, salvo que se deban a fenómenos inducidos de resonancia, especialmente en partes de la estructura propensas a la inestabilidad.

Debe comprobarse también si existe carrera de dilatación suficiente en los extremos del tablero.

Por su importancia deben constituir un apartado especial las uniones de las vigas o elementos resistentes principales. Los casos ordinarios son las uniones mediante costuras roblonadas o mediante soldadura (las primeras en caso de estructuras más antiguas). A menudo en puentes reforzados se puede hallar en la combinación de los dos tipos de unión, que no es nada aconsejable por producirse un trabajo tensional a veces imprevisible.

No es muy normal en puentes la presencia de estructuras unidas con tornillos de alta resistencia, salvo para suplir roblones perdidos.

Se vigilarán los posibles fallos en las uniones, observando el estado de los cordones de soldadura, presión de los tornillos de alta resistencia y apriete de roblones; si están corroídos, fisurados, rotos o hay ausencia de ellos. Es del mayor interés la comprobación de los roblones mediante martillo. Si hay duda en algunos puntos de soldadura puede hacerse una comprobación con piqueta. En soldaduras y proximidades pueden localizarse a veces fisuras y fracturas frágiles por fatiga.

Los elementos resistentes principales, cuando son múltiples, llevan siempre algún tipo de arriostamiento que permite su acoplamiento, sujeción y funcionamiento conjunto ante determinados tipos de acciones como viento, empujes transversales, sollicitación térmica, etc. Como puede verse en la Figura 3, los más corrientes son:

- Arriostamiento horizontal superior o inferior.
- Diafragmas y arriostamientos verticales.

Suele tratarse habitualmente de perfiles laminados. En las uniones con los elementos principales y en los cruces suelen llevar acartelamientos.

Los arriostamientos horizontales y sus correspondientes cartelas son bastantes propensos a corrosiones. Al tratarse de elementos esbeltos se llegan a perder sin reposición posterior, por estar situados algunos en puntos de difícil acceso. Incluso hay puentes en que no se han dispuesto en proyecto o han sido eliminados durante obras de reparación.

Hay que recoger su estado superficial de pintura y posible corrosión.

También se mencionarán los posibles elementos deformados o agrietados que se observen.

Los tableros de puentes de carretera adoptan, en general (Figura 3), alguna de estas dos disposiciones:

- I) Emparrillado de traviesas y largueros metálicos sobre los que se superpone el soporte del pavimento (losetas de hormigón, viguetillas, elementos cerámicos o placas cerámicas nervadas).
- II) Tablero propiamente dicho de hormigón armado o pretensado.

En el primer caso deberán recogerse las observaciones sobre los componentes metálicos del emparrillado en los apartados reservados para traviesas y largueros. Se indicarán las tipologías de ambos, los estados de sus uniones con otros elementos (principales y arriostramientos) y entre ellos. Se anotará igualmente su estado de corrosión y pintura. En cuanto al tablero, se anotarán las características y estado de conservación de los elementos superpuestos al emparrillado para soporte del pavimento. Cuando el tablero sea del segundo tipo citado se procederá de forma análoga, y además se seguirán las indicaciones dadas en el apartado siguiente.

Es fundamental la observación de la cara inferior de las losas de hormigón para darse idea de su estado. Puede haber fisuras, grietas, desconchones con armadura vista, eflorescencias, etc.

Una de las observaciones más interesantes que cabe hacer es la advertencia de manchas y musgos que detectan vías de humedad.

5.2 ELEMENTOS DE HORMIGÓN (puentes de hormigón)

El material es el hormigón en sus tres modalidades más frecuentes: hormigón armado, pretensado y en masa.

Mayor importancia tienen los dos primeros, por ser los utilizados en las superestructuras con funcionamiento estructural a flexión. El tercer tipo se circunscribe prácticamente a la tipología en arco.

Entre las modalidades de tipologías estructurales posibles están las vigas de hormigón armado o pretensado isostáticas biapoyadas, que pueden ser prefabricadas con losa de compresión ejecutada "in-situ", o bien realizadas (vigas y losas) íntegramente "in situ".

Hay vigas continuas hiperestáticas realizadas "in-situ", o bien prefabricadas por elementos y postesadas en obra. Muy frecuente en los últimos años es la ejecución de losas armadas para luces pequeñas y pretensadas para luces medias.

Otras tipologías también frecuentes son las formas en arco (armado o en masa) y en pórtico, que deberán reseñarse convenientemente señalando sus particularidades.

Como casos menos frecuentes y, por tanto, como tipologías especiales pueden considerarse los puentes realizados por la técnica de voladizos sucesivos, y los atirantados.

Hay dos fenómenos que se interfieren mutuamente: corrosión y fisuración.

La corrosión tiene una serie de causas, en algunos casos complejas. Cuando aparece el daño es difícil de corregir, pero hay que intentar atajarlo lo antes posible. El problema grave es que puede ser interno, no manifestándose exteriormente hasta estar relativamente avanzado. En elementos de hormigón pretensado se añade la circunstancia desfavorable de la tensión en la armadura activa, lo que lo reviste de mayor gravedad.

La corrosión aparece con distintas formas e intensidades, y depende de varios factores como pueden ser: falta de compacidad del hormigón del recubrimiento, débil espesor del mismo, atmósfera agresiva, etc.

El problema de las atmósferas agresivas, principalmente la presencia de cloruros, hay que tenerlo siempre presente en entornos marítimos y en aquellas zonas en las que la existencia de nieve y heladas frecuentes obliga a la utilización de sales fundentes.

La fisuración va ligada a la corrosión, a la resistencia a tracción del hormigón, al recubrimiento, a la cuantía del refuerzo y a otras muchas circunstancias que se agrupan en dos:

I) Circunstancias durante la construcción.

- Coqueras y nidos de grava.
- Retracción plástica.
- Sedimentación y segregación del hormigón.
- Deformaciones de las cimbras y encofrados.
- Asentamientos diferenciales.
- Gradiente térmico por hidratación.
- Heladas a edad temprana.
- Otras.

II) Circunstancias posteriores a la construcción.

- Degradación superficial del hormigón.
- Retracción.
- Variaciones térmicas, ciclos congelación-deshielo.
- Químicas: reacción álcali-árido, carbonatación, corrosión.
- Solicitación estructural: axil, flexión, cortante, torsión, dinámica.
- Fluencia.
- Fallo de la adherencia entre acero y hormigón.
- Otras.

En la Figura 5 se han esquematizado algunas formas típicas de fisuración. En hormigón pretensado es aplicable todo lo indicado para el armado, con algunas peculiaridades adicionales. Así se tiene el empuje al vacío en tendones curvos de continuidad, el festoneado y la curvatura en planta. Se producen por curvatura del tendón y desequilibrio en el estado tensional. Esto es más grave en piezas de poco espesor, aligeradas por los conductos, antes de la inyección o incluso después de ella.

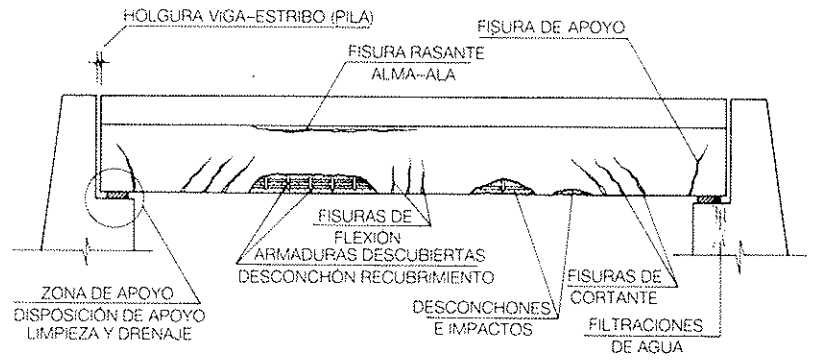
Las inyecciones mal realizadas han dado lugar a roturas por formación interna de hielo y, a más largo plazo, a corrosiones por falta de protección.

La fisuración en los elementos de hormigón armado no es motivo, en principio, de inquietud siempre que el fenómeno permanezca limitado. Las fisuras pueden ser pequeñas (menor de 0,1 mm de anchura), medias (entre 0,1 y 0,3 mm de anchura) y anchas (mayor de 0,3 mm). De otra parte se pueden clasificar en fisuras sin evolución o "muertas", y "vivas" de anchura variable bajo carga. Hay que anotar la posición, dirección, anchura y, si es posible, profundidad de las fisuras.

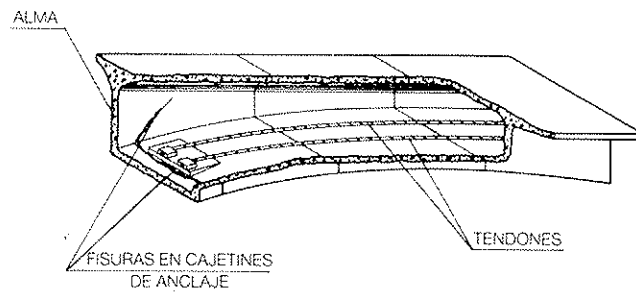
En elementos de hormigón pretensado, la fisuración no prevista en el Proyecto es siempre un caso de patología estructural. Hay por tanto necesidad de observarlas minuciosamente y anotar las características geométricas de todas las fisuras apreciadas. La fisuración, afecta no sólo a la durabilidad del elemento, sino también a su propia funcionalidad, con pérdida de la rigidez.

Además, hay que observar las posibles deformaciones anormales o excesivas como:

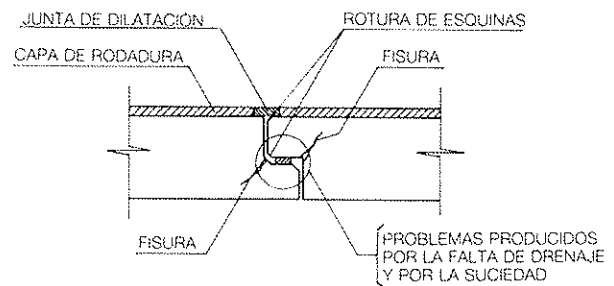
- Contraflechas excesivas en vigas.
- Diferencias entre las contraflechas de las vigas de un mismo tablero.



DEFECTOS EN VIGAS DE HORMIGÓN



DEFECTOS LOCALES EN TABLEROS DE HORMIGÓN PRETENSADO



DEFECTOS EN APOYOS A MEDIA MADERA

FIGURA 5

ZONAS DE INSPECCIÓN EN SUPERESTRUCTURAS DE HORMIGÓN.
DEFECTOS MÁS FRECUENTES

- Descensos acusados en las claves para luces importantes.

En estructuras tipo cajón es importante inspeccionar su estado interior, si son visitables. Interesa ver si hay algún tipo de anomalía, como fisuras, armaduras vistas, etc. Hay que observar el funcionamiento del drenaje, verificando que no haya acumulaciones de agua, denunciadas por manchas o eflorescencias. Conviene informar del estado de los cierres y tomar medidas de seguridad, que impidan el acceso al interior de personas ajenas al personal de conservación.

Los diafragmas entre vigas o en el interior de cajones tienen por misión rigidizar y aunar los trabajos estructurales de varios elementos. Deben

mantenerse en perfecto estado sin ningún síntoma de fisuración o desacoplamiento.

Son privativos del hormigón pretensado los cajetines de anclaje de los tendones, sean éstos longitudinales o transversales. Las zonas de anclaje son propensas a la formación de fisuras por las fuertes concentraciones tensionales. Puede haber fisuración longitudinal en vigas; en anclajes intermedios de vigas-cajón se suelen producir dos familias de fisuras que se prolongan por las almas. También los acopladores propician la formación de daños. Conviene recoger si los anclajes son susceptibles de futuros retesados o carecen de esta posibilidad.

En cuanto al estado del tablero, se observará minuciosamente la existencia de posibles grietas o fisuras, abombamientos, desprendimientos, armaduras vistas, meteorización, eflorescencias, filtraciones, etc.

Mención aparte merece el sistema de drenaje y evacuación de aguas: Se confirmará su buen funcionamiento como se indica en el apartado 6.

También es muy importante comprobar el estado y funcionamiento de las juntas, así como la posible existencia de los defectos reseñados en el apartado 6.

Las zonas de apoyo pueden ser conflictivas si no han sido convenientemente proyectadas. Los apoyos a media madera, como en las vigas "Gerber" y determinadas losas, a pesar de haber sido motivo de numerosos estudios teóricos y ensayos, muestran a veces fisuras por deficiente dimensionamiento o armado. Se pueden sumar efectos causados por dispositivos inadecuados de apoyo, juntas inexistentes o coaccionadas por cantos y suciedades, etc. Es fundamental que exista en estas zonas un mantenimiento que asegure una limpieza adecuada y un buen drenaje y evacuación de las aguas.

En caso de haber fisuración, es interesante conocer las posibles simetrías, antimetrías o disimetrías de los mapas de fisuras, que pueden revelar claramente los orígenes del daño.

5.3 ELEMENTOS DE FABRICA DE PIEDRA, LADRILLO O BLOQUES DE HORMIGON (puentes de fábrica)

Según el material pueden distinguirse, por su frecuencia, los tipos siguientes:

- Elementos de piedra (sillería, mampostería en sus distintas modalidades: concertada, careada, etc.).
- Elementos cerámicos (ladrillos, bloques).
- Bloques prefabricados de hormigón.

Normalmente se tratará de una superestructura tipo arco. Hay que reseñar si se trata de una bóveda o de arcos múltiples, y se medirán los puntos y tangencias suficientes de la directriz para determinar su trazado. Se darán las dimensiones básicas: luz, anchura, canto, etc.

En la Figura 6 se señalan las zonas más interesantes que hay que observar durante la inspección. Algunos de los desperfectos más habituales son:

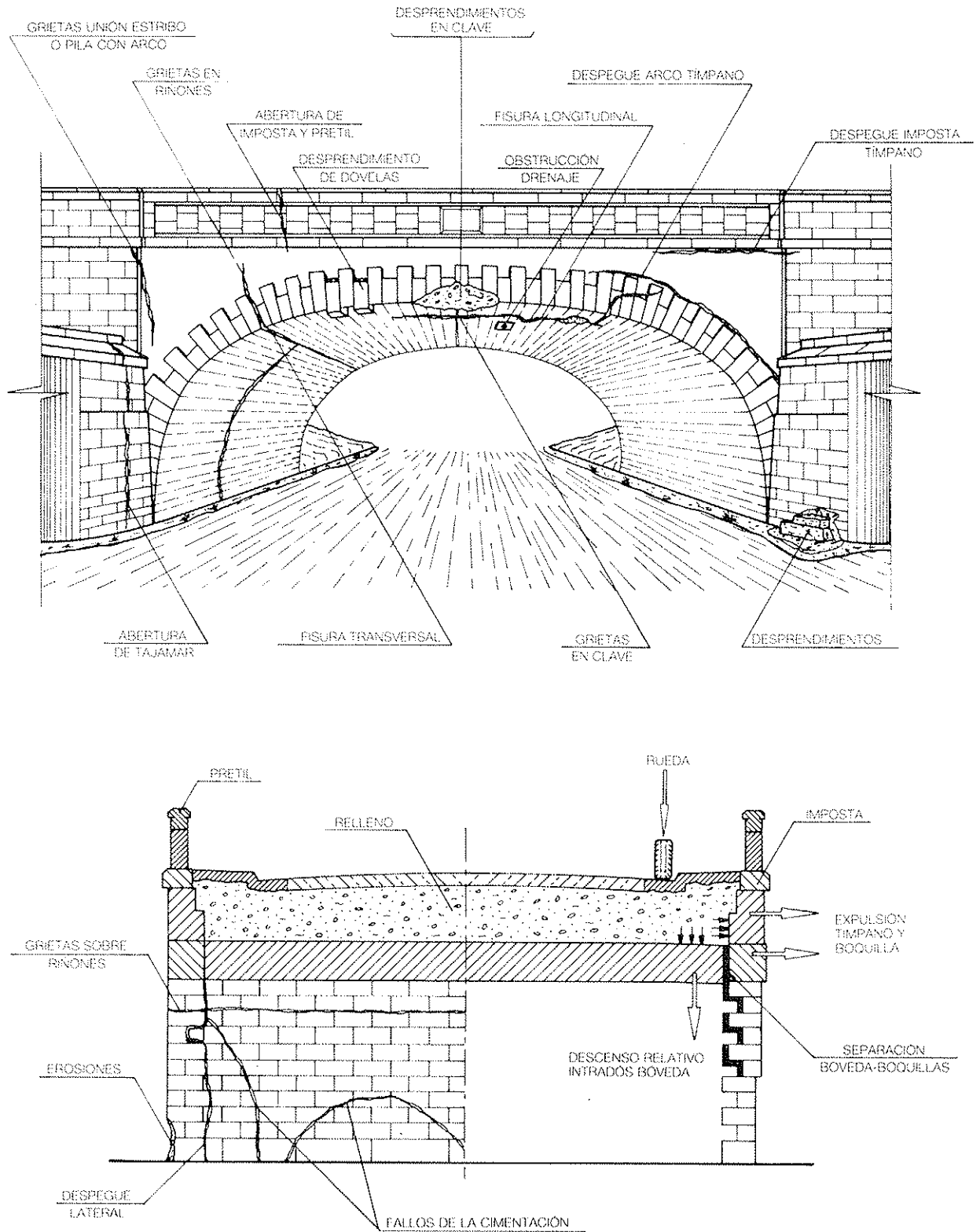
En bóvedas:

Fisuraciones y grietas:

Suelen estar localizadas sobre el intradós y trasdós de la bóveda o arco. Pueden ser longitudinales (paralelas al eje de la carretera), transversales (perpendiculares a dicho eje) o diagonales (oblicuas con relación al citado eje). Las fisuras longitudinales de bóveda se encuentran especialmente en

la parte central del intradós y en las uniones del dicho intradós con las boquillas. Las boquillas del arco suelen realizarse con los materiales más selectos y mejor tallados, con juntas mucho más cuidadas; a veces incluso son de diferente material (es frecuente la bóveda de ladrillo con boquillas de

FIGURA 6
ZONAS DE INSPECCIÓN EN PUENTES DE FÁBRICA.
DEFECTOS MÁS FRECUENTES



sillería de piedra), lo cual origina una acusada deformabilidad diferencial. Ello hace que las grietas longitudinales sean exclusivamente de despegue lateral de boquillas, o bien que se verifique una cierta cizalladura por deflexiones independientes, habida cuenta de la mayor rigidez a flexión que produce el tímpano.

Las fisuras transversales de los arcos y bóvedas se encuentran, bien claramente reflejadas en el intradós, bien ocultas en el trasdós, mostrando su presencia en las boquillas. Hay que observar su manifestación y correspondencia en los dos flancos del puente. Estas fisuraciones suelen ser aproximadamente normales a la directriz del arco o bóveda, pudiendo llegar a extenderse hacia el tímpano.

Es fundamental detectar las posibles concomitancias entre fisuras, que puedan indicar un mecanismo de colapso. Así, si una bóveda muestra simultáneamente fisuras de intradós junto a la clave y agrietamientos de trasdós sobre arranques o riñones, estará anunciando que su estabilidad está comprometida.

La fisuración transversal puede tener varias motivaciones o combinaciones de ellas: efectos térmicos, fenómenos diferidos como fluencia y retracción, excesiva deformabilidad de la bóveda, posibles movimientos de asiento de la infraestructura, etc.

Hundimientos:

En ciertas bóvedas pueden experimentarse desplazamientos de dovelas en el intradós. La progresión de dichos desplazamientos puede llevar a la pérdida de sillares, con el consiguiente peligro para la estabilidad de la estructura. El origen de tales desperfectos puede ser el fallo o ausencia de ligante, unido a las alternancias de signo en las sollicitaciones y a las vibraciones inducidas por el tráfico. La vegetación puede también influir negativamente, introduciéndose por los huecos y actuando a manera de cuña.

Filtraciones y eflorescencias:

En bóvedas y arcos de fábrica los defectos de los materiales y los fallos de la estructura abren vías de filtración. Las filtraciones provocan problemas característicos, como alteraciones y manchas en paramentos y juntas, despegaduras y desplomes. Suelen arrastrar finos que se van depositando y que ocasionan presiones por hinchamiento.

Alteraciones de paramentos:

Las eflorescencias constituyen depósitos de sales que pueden deteriorar los paramentos de piedra y ladrillo por ataque químico. Las humedades propician la formación de musgos que también contribuyen al deterioro. Además, las humedades en tiempo frío ocasionan desconchones al congelarse el agua embebida por capilaridad. Son especialmente propensas a este fenómeno las piedras porosas como areniscas y conglomerados, y también los ladrillos.

En tímpanos:

El tímpano suele reflejar las alteraciones de la bóveda. Por él se prolongan las fisuras que se originan en el trasdós. Otras veces, al ser un elemento muy rígido, detecta las pequeñas deflexiones o dilataciones de la bóveda sin que ésta resulte afectada. Son bastante frecuentes (ver Figura 6) las grietas verticales en la zona de riñones, por dilataciones y contracciones debidas a cambios de temperatura del arco. También se suelen producir en las uniones del tímpano con los estribos, en el caso de vanos laterales.

Hay grietas por esfuerzos rasantes entre tímpanos y boquillas. De ellas las más importantes son las provocadas por cizallamiento del tímpano hacia el exterior. Este fenómeno se conoce como descolgamiento o expulsión del tímpano, y está ocasionado por presiones internas del relleno. El aumento de las presiones totales, por aparición de presiones hidrostáticas intersticiales, puede favorecer este efecto.

La influencia negativa de un drenaje deficiente es clara sobre los tímpanos. Los finos arrastrados por vías forzadas de drenaje pueden originar reventones localizados de paramentos. Puede haber enmascaramientos por enfoscados.

En tajamares:

Los tajamares son en realidad componentes de las pilas y estribos, pero en el caso de puentes de fábrica forman un cuerpo único con bóvedas y tímpanos. Suelen ser zonas de posibles daños, habida cuenta de que son puntos muy castigados por las corrientes.

Hay veces que tienen un cimientado más superficial que la propia pila o estribo, por lo que surgen fisuraciones verticales en las uniones.

Los sombreretes protegen el tajamar de la entrada de aguas pluviales, por lo que es importante observar su correcto estado. Son también puntos de localización de grietas.

En impostas:

La imposta tiene como función la protección del tímpano, al tiempo que como viga realiza un atado monolítico de sus elementos individuales. Los agrietamientos del tímpano suelen manifestarse en las impostas, donde pueden medirse con comodidad las aberturas de las fisuras. En caso de pretil de fábrica u hormigón, la grieta se manifiesta asimismo en el pretil, que actúa como auténtico testigo de la misma. Se pueden medir aberturas de fisura, movimientos relativos de labios, etc.

Una manifestación típica de grieta es sobre la zona de riñones del arco por efectos térmicos.

En el sistema de drenaje:

Los sistemas de evacuación de aguas deben estar, sobre todo en el caso de las superestructuras de fábrica, en perfecto funcionamiento.

Debe inspeccionarse si los drenes y mechinales se encuentran obstruidos y muestran señales de buen funcionamiento (manchas secas de humedad, estalactitas de sales, etc.).

En juntas y uniones:

Hay que observar el estado de las uniones y juntas de construcción que se encuentren. Igualmente sucederá con las juntas entre sillares y elementos individuales. Las circulaciones de agua o la acción de los agentes atmosféricos, en superficie o a través de los paramentos de la fábrica, provocan la desaparición de juntas por disolución química de los ligantes. Esta alteración puede venir acompañada de la caída de sillares ya indicada.

La proliferación de vegetación trepadora es causa de la degradación del mortero de las juntas.

Hay veces en que las juntas dañadas ocasionan líneas de debilidad, que concentran tensiones abriendo sillares y mampuestos.

En rellenos:

Los rellenos de los puentes de fábrica no suelen ser fácilmente accesibles. Si por alguna circunstancia se pudieran constatar durante la inspección principal datos referentes al relleno, se deberán anotar por ser interesantes en la formación del juicio sobre el estado de la superestructura.

Otras observaciones:

Hay ciertas observaciones que, entre otras de posible interés, conviene recalcar. No hay que olvidar que un tramo de puente de este tipo suele tener dos planos de simetría vertical, que contienen respectivamente los ejes longitudinal y medio del vano. Se observarán por tanto las simetrías, antimetrías o disimetrías de las redes de fisuras. Los fenómenos de características uniformes, como incrementos térmicos o retracción, respetarán las simetrías con respecto a ambos planos.

En cambio, una fisuración no simétrica denotará la influencia preponderante de causas atribuibles a los extremos (descenso del apoyo, giro del extremo, etc.).

Las fisuraciones oblicuas o que se manifiestan únicamente en uno de los flancos significan solicitaciones de torsión, giro transversal o descenso lateral de apoyo.

Es conveniente incluir croquis de la fisuración cuando tenga suficiente relevancia, acompañado de la correspondiente documentación fotográfica. Deberán medirse las anchuras de fisura en puntos suficientes para determinar su ley de variación. Hay que tener en cuenta que un mapa de fisuras define claramente la red de isostáticas, localización de puntos duros y centros instantáneos de rotación, dando una concordancia muy reveladora con la nivelación.

Hay que acompañar las observaciones correspondientes a faltas de alineación, desplomes, giros, defectos en la horizontalidad de las hiladas y líneas arquitectónicas verticales, etc.

6

INSPECCION DE LOS EQUIPAMIENTOS

6.1 CALZADA Y ACERAS

Se observarán y recogerán los posibles daños existentes, como por ejemplo:

- Grietas y discontinuidades en el pavimento, fisuraciones superficiales, distinguiendo aquellas que guarden una formación longitudinal o transversal.
- Deformaciones excesivas y permanentes (roderas).
- Desgaste excesivo del pavimento con peligro de deslizamiento para los vehículos.
- Deslizamiento del pavimento sobre el tablero por fallo en la adherencia.
- Baches, hundimientos.
- Estado del pavimento de las aceras, trampillas y registros.
- Estado de los bordillos.

6.2 JUNTAS DE DILATACION

Las juntas de dilatación de la calzada constituyen un punto delicado del puente, susceptible de deterioro debido a las fuertes tensiones a que se ven sometidas. Los defectos más habituales que se pueden observar son:

- Despegues y fallos en el sistema de anclaje de la junta.
- Defectos en el funcionamiento (desplazamientos longitudinales o transversales insuficientes o impedidos, presencia de piedras y gravillas que impiden un deslizamiento adecuado, etc).
- Irregularidades en su alzado (una parte de la junta puede estar en un plano superior al otro labio, produciéndose impactos al paso del tráfico).
- Fisuración y degradación del pavimento situado sobre las juntas.
- Material de relleno deteriorado o arrancado (acero, neopreno o "teflón").
- Ausencia de las juntas necesarias.

6.3 SISTEMA DE DRENAJE

La importancia del drenaje ha sido ya recalcada en varias ocasiones. Pueden encontrarse fallos tales como:

- Ausencia de un sistema de evacuación de aguas.
- Falta de pendiente transversal para la evacuación de aguas pluviales.
- Atascos y obstrucciones de rejillas, imbornales y drenes por acumulación de detritus. Falta de mantenimiento y limpieza.
- Fallos en los sistemas de conducción interior previa a la evacuación. Conviene, si es posible, regar o arrojar agua y observar su evolución.

- Fallos en la estanqueidad, que se manifestarán por manchas de humedad, fugas, obstrucciones, etc.
- Tubos de salida de agua de longitud o inclinación insuficiente, de forma que el agua discurre por los paramentos de la estructura del puente y no vierte de forma directa.
- Ausencia de cunetas de guarda y bajantes en los terraplenes adyacentes, o defectos de colocación y posibles movimientos.

6.4 ELEMENTOS DE SEGURIDAD (balizamiento, defensas, iluminación, etc.)

Estos elementos son, quizás, de menor importancia estructural, pero son importantes para el usuario del puente (seguridad, comodidad y estética). Pueden presentar defectos típicos tales como:

- Defectos o roturas de elementos de los pretilos y barandillas. Corrosiones o mal estado de la pintura.
- Ausencia total o parcial de defensas. Mal estado de defensas por roturas y abolladuras.
- Señalización vertical incorrecta o deteriorada.
- Marcas viales borradas o poco visibles.
- Ausencia de balizamiento de obstáculos, gálibos limitados.
- Ausencia de iluminación.
- Mal estado de la iluminación y de sus elementos: focos, farolas.
- Conducciones eléctricas en mal estado o peligrosas para los peatones.
- Estado de otras posibles conducciones que tenga la obra, como agua potable, saneamiento, telefónicas, etc.
- Sistemas de fijación y anclaje.