

Medida de la regularidad superficial de un firme mediante el equipo viógrafo

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de la regularidad superficial de un firme de carretera utilizando el equipo Viógrafo.

1.2 El ensayo permite determinar la regularidad superficial de una capa del firme, siguiendo una línea o perfil longitudinal en general paralelo al eje de la vía. Los parámetros de valoración se determinan por subtramos de 100 metros de longitud.

1.3 Los valores y resultados obtenidos representan las características de la regularidad determinados con los aparatos y procedimientos aquí descritos, y no son necesariamente proporcionales o

similares a los determinados con otros equipos o procedimientos.

2 APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

2.1 Aparato Viógrafo

2.1.1 Es un aparato de medida de tipo geométrico y consta de ocho ruedas alineadas, unidas entre sí por medio de balancines, y una rueda libre vertical, colocada en posición central y alineada con las otras ocho. Como apoyo lateral, lleva una rueda auxiliar cargada con lastre y sólidamente unida al tramo central. Las ocho ruedas de balancines y la rueda lateral llevan cubierta de caucho duro o neumático, y la rueda central, llamada palpadora, llanta metáli-

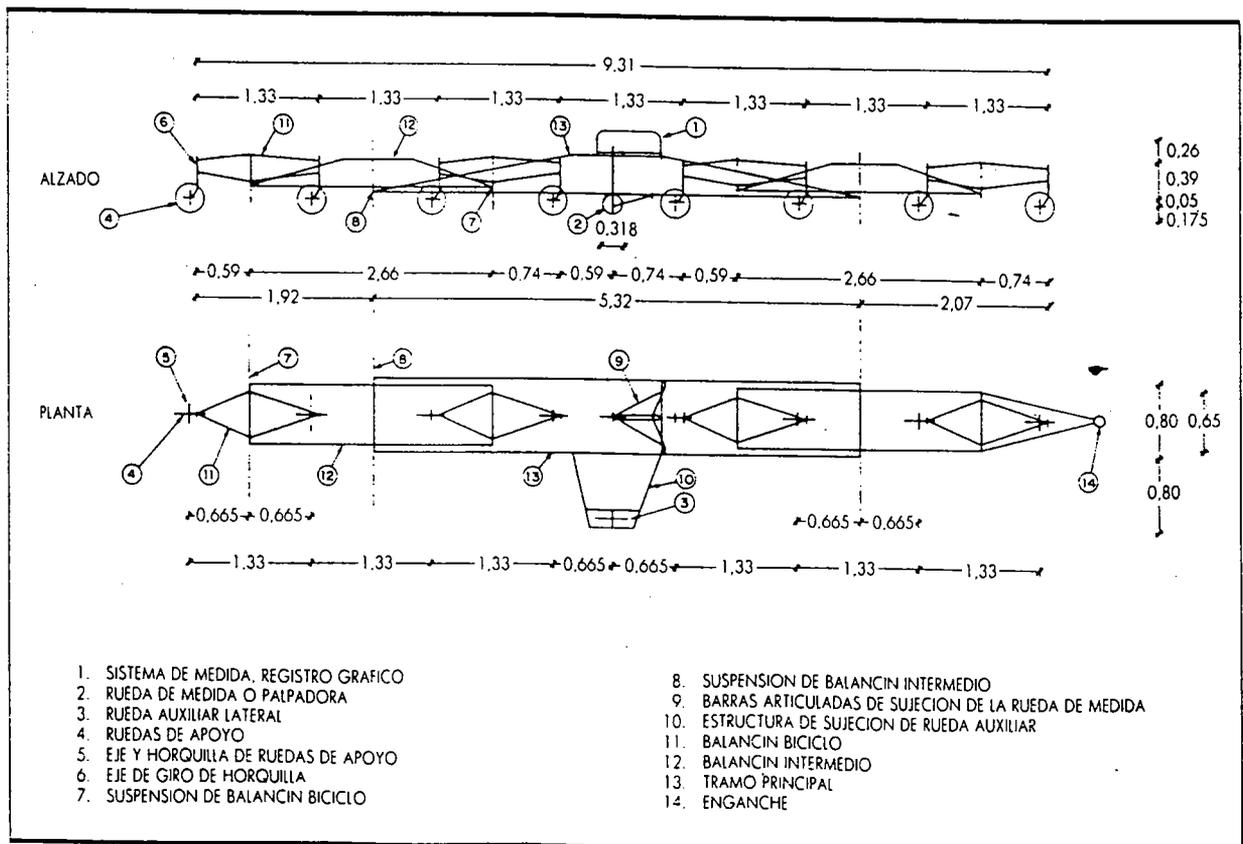


FIGURA 1. Croquis del aparato Viógrafo A.

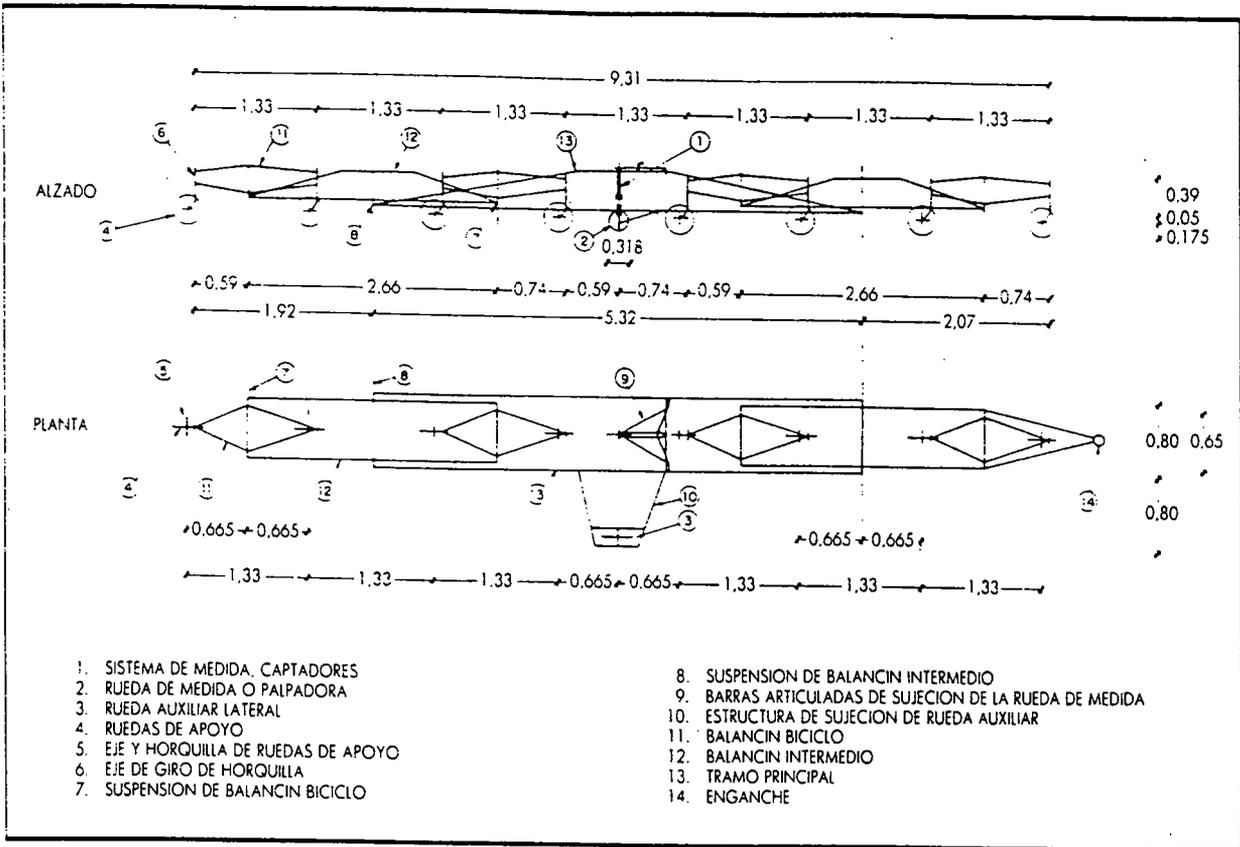


FIGURA 2. Croquis del aparato Viágrafo B.

ca con longitud de circunferencia de 0,50 m o de 1 m, y ancho de llanta entre 20 y 40 mm.

2.1.2 Pueden utilizarse dos tipos de Viágrafo: uno, llamado en esta norma Viágrafo A, con sistema de medida y registro mecánico, (figura 1), y otro, llamado aquí Viágrafo B, con sistema de medida y registro electrónico, (figura 2).

2.1.3 Los aparatos, sus elementos y sistemas de medida y funcionamiento serán los descritos en el Manual del Viágrafo y el Manual de Viágrafo LTM-0, del Centro de Estudios de Carreteras.

2.2 Vehículo tractor. Un vehículo tractor con enganche y una marcha que permita una velocidad uniforme dentro de la gama de 2 a 8 km/h. Para el Viágrafo B debe permitir el alojamiento en su interior de la unidad que contiene el sistema de medida y registro.

2.3 Material auxiliar

- Llaves fijas de 14, 17 y 19 mm.
- Destornilladores de boca plana y estrella.
- Alicates.

- Tubo de cartón para enrollamiento del papel de registro y rollo de papel adhesivo transparente.
- Lápiz para anotaciones en el gráfico.
- Calibre de 150 mm o mayor y cinta métrica de 2 m.
- Block de notas.
- En su caso, bombas de inflado de neumáticos, comprobador de presión y repuestos de cámara neumática para ruedas.
- Repuestos como: rueda completa, llantas, tuercas y tornillos, presillas para cojinetes de balancines, etc.
- Indicadores luminosos rojo y rotativo ámbar e indicadores de situación y peligro reflectantes.

2.3.1 Además, para el Viágrafo A:

- Rollos de papel milimetrado de 320 mm de ancho.
- Bolígrafos o rotuladores para el registro gráfico (preferente tinta negra y punta fina).
- Repuesto de transmisión por cable giratorio.

2.3.2 Para el Viágrafo B:

- Rollos de papel milimetrado de 297 mm de ancho.

- Rotuladores o estilógrafos especiales para el registro gráfico (punta fina).
- Rollos de papel especial para impresora y cassetes o diskettes para registro magnético del procesador.
- Multímetro eléctrico.
- Llaves Allen de 3, 4 y 5 mm.
- Soldador eléctrico de 25 W y alambre de estaño.
- Cinta aislante.
- Tabla de cambio base decimal/hexadecimal.

- Repuestos electrónicos como: fusibles, optoelectrónica, etc.

3 PREPARACION DEL EQUIPO

3.1 Comprobaciones en el laboratorio. Siguiendo las instrucciones de los Manuales, se montará el aparato completo. Se comprobará el diámetro de la rueda palpadora, la alineación de las ruedas y los movimientos de las horquillas y balancines y, en su

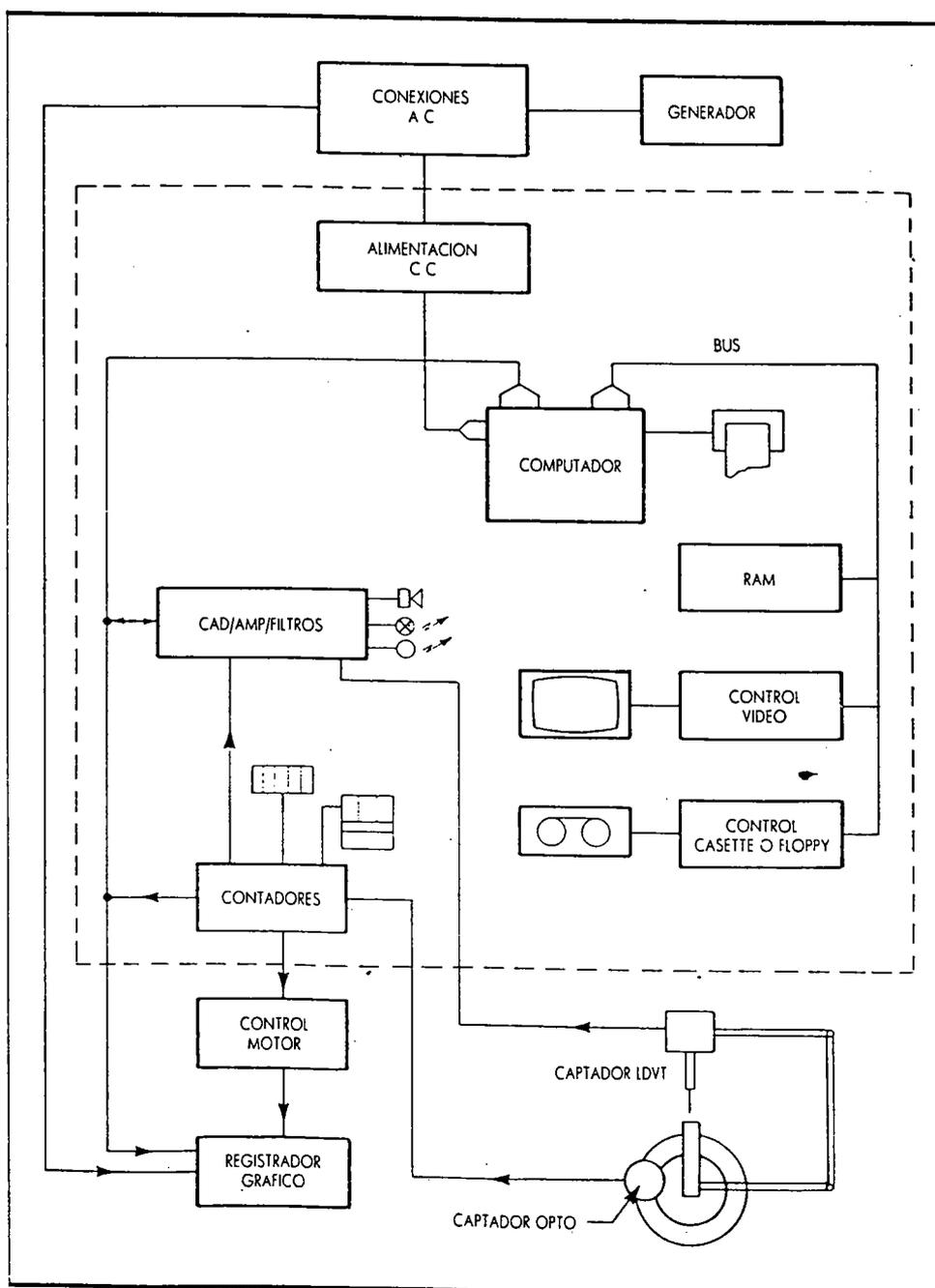


FIGURA 3. Esquema del sistema de medida de Viógrafo LTM-0.

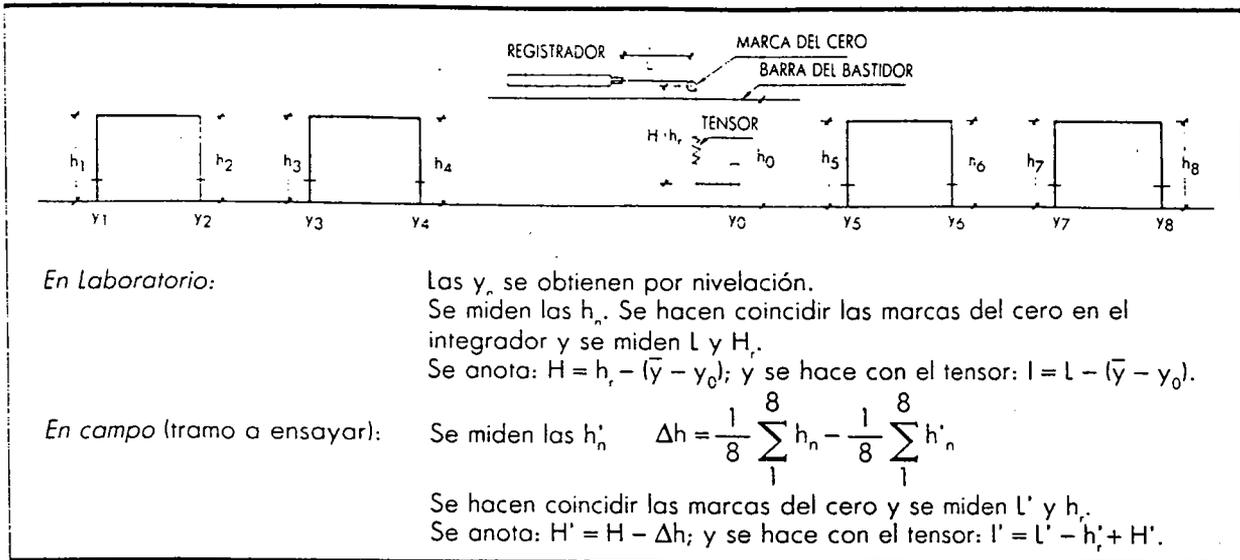


FIGURA 4. Comprobación del cero geométrico del Viógrafo.

caso, las presiones de inflado. La tolerancia en la circunferencia de la rueda palpadora es de $\pm 0,3\%$.

3.1.1 Viógrafo A

3.1.1.1 Se comprobarán las transmisiones por cable y la escala gráfica horizontal, la transmisión por cadena y la escala gráfica vertical.

3.1.1.2 Se calibrará el cero geométrico, (figura 4). Esta calibración, que es opcional si no se utiliza el integrador, debe realizarse tanto en el laboratorio como en el campo sin el operador montado sobre el aparato.

3.1.1.3 Se comprueban los puntos de actuación de los contadores del integrador.

3.1.2 Viógrafo B

3.1.2.1 Se comprobarán los cables y conectores eléctricos, la tensión 225/230 V y frecuencia 50 ± 3 Hz producidas por el generador.

3.1.2.2 Se comprueba el movimiento de los captadores, el funcionamiento del procesador con vídeo y casete o floppy e impresora y el arrastre del papel del registro gráfico.

3.1.2.3 Se calibrará el cero geométrico, (figura 5), el cero eléctrico y las escalas de lectura (mm/V y mm/lect), en microprocesador y de dibujo.

3.2 Comprobaciones en el campo (tramo a ensayar). Se procede a montar el aparato completo en una zona próxima al comienzo del tramo a ensayar,

siguiendo las instrucciones de los Manuales, y se comprueban la alineación y presión de inflado de las ruedas y los movimientos de las horquillas y balancines.

3.2.1 Se comprueban las transmisiones por cable y por cadena, el arrastre y rebobinado del papel y se calibra el cero geométrico, (figura 4).

3.2.2 Se comprueba la tensión y la frecuencia producidas por el generador, así como la libertad de movimiento de los captadores y el funcionamiento del equipo eléctrico e informático.

3.2.3 Se calibra el cero geométrico, (figura 5), el cero eléctrico, las escalas de dibujo, las escalas de lecturas (relación mm de desplazamiento/lecturas en el procesador), y se determina el coeficiente de calibración, k , según:

$$K = \frac{\text{mm desplazamiento en el captador}}{\text{diferencia lecturas en el procesador}}$$

3.3 Prelevantamiento. Se sitúa el aparato remolcado en la línea a ensayar, de 25 a 100 m antes del origen previsto para el ensayo. Si no es posible el levantamiento de los 25 a 100 m anteriores al origen, se comenzará en este origen y se para al final del primer subtramo (100 m).

3.3.1 Viógrafo A

3.3.1.1 Se monta el operador y se actúa con el tensor de cadena para que la longitud l' , figura 4, sea la determinada en la calibración del cero en ese punto (ver 3.1.1.).

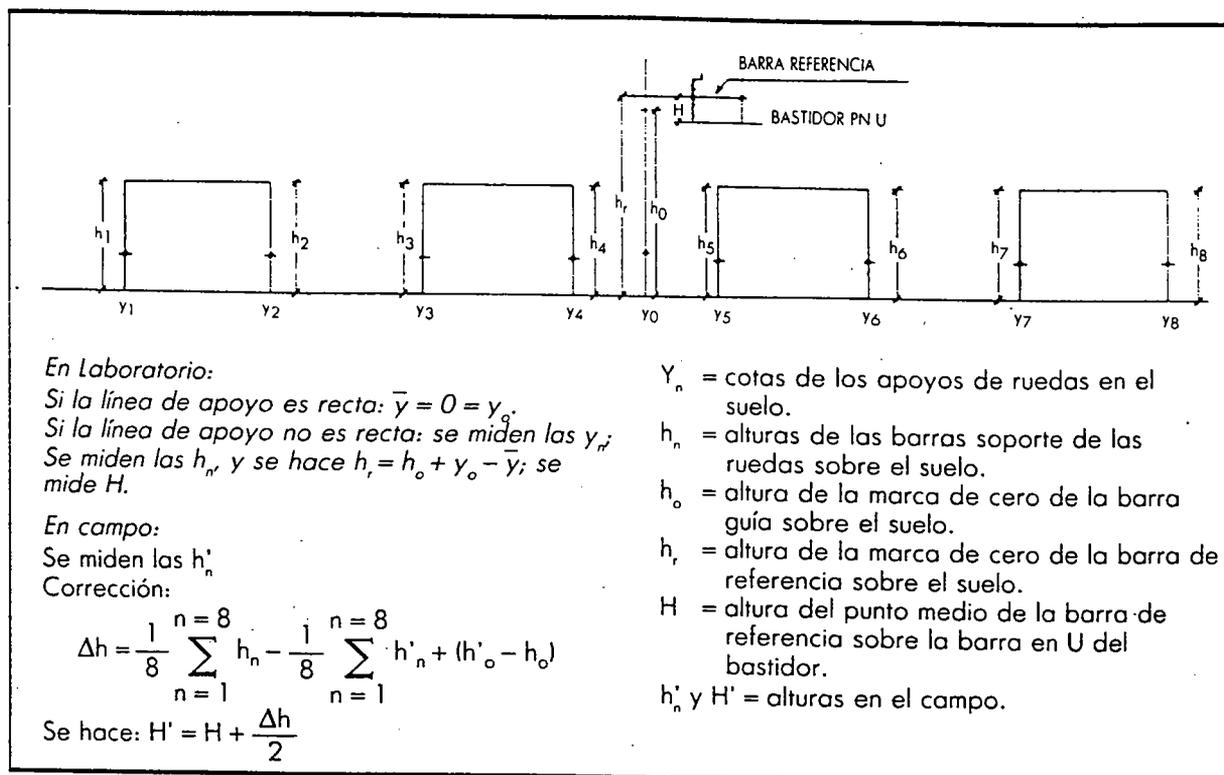


FIGURA 5. Comprobación del cero geométrico del Viógrafo LTM-0.

3.3.1.2 Se señala la línea cero en el papel milimetrado. En general, si el estado del pavimento no es muy deficiente a simple vista y el trazado no tiene curvas peraltadas de radio inferior a 20 m, al comenzar el trabajo se sitúa esta línea a cinco centímetros del borde del papel.

3.3.1.3 Se escribe la referencia del trabajo: calzada, carril y punto kilométrico de origen. Se mide la longitud de cadena entre registrador y eje de integrador, y la diferencia de ésta con la longitud (L') obtenida para el cero es la distancia a la que se fijará la punta del estilógrafo desplazada de la línea cero señalada en el papel, considerando que el signo negativo indica desplazar el estilógrafo hacia la cadena.

3.3.1.4 Se embraga la transmisión de la rueda al registrador, se coloca el muelle-polea de recogida del papel y se ponen los contadores del integrador a cero.

3.3.1.5 Se inicia la marcha, parando en el origen del perfil. Se calcula la línea media o cero de este tramo y con este resultado se corrige la línea cero o media fijada anteriormente si difieren en más de 1 mm. Se llama, a estos efectos, línea media estimada, a la que da menor diferencia entre las superfi-

cies comprendidas entre ella y las partes del perfil obtenido por encima y por debajo de ella.

3.3.2 Viógrafo B

3.3.2.1 Se acciona el microprocesador para que pase a la posición de iniciación del programa de ensayo y se coloca el papel en el registrador con los estilógrafos.

3.3.2.2 Se introducen en el microprocesador los siguientes datos: escala K (mm/volt), referencia del trabajo, referencias del hectómetro, calzada y carril.

3.3.2.3 Se coloca en el preselector del contador parcial el número de datos que se recibirán antes del origen del perfil (cuatro datos por metro); se introduce en el microprocesador este número de datos N y se pulsa E para iniciar la toma de datos.

3.3.2.4 Se sitúa el estilógrafo del registrador tomando como cero una línea a unos 4 cm del borde milimetrado del papel, y se coloca el conmutador del motor en *Sincronismo*. Hay que tener en cuenta, al situar el estilógrafo, que los desplazamientos sobre el papel están afectados por la escala K, es decir, X voltio = X · K mm.

3.3.2.5 Se recorre con el aparato la línea del perfil, la distancia hasta el origen del levantamiento y

se para. Se calculan y obtienen los resultados para este proyecto. Si la línea media resultante supera 1,5 mm se corregirá actuando sobre el regulador de la barra de referencia en una altura.

$$h = \frac{1}{2} \bar{y} + 0,4 \text{ mm}$$

siendo \bar{y} = línea media resultante, o lo que es lo mismo modificando la lectura del captador LVDT en

$$\frac{\bar{y} + 0,8}{K}$$

4 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

4.1 Deberá efectuarse una inspección previa del tramo o tramos de calzada a ensayar. Siempre que sea posible deben obtenerse los planos del trazado definitivos de dichos tramos, sobre los que se harán las anotaciones reseñadas a continuación:

4.1.1 Se anotarán entre otros los siguientes datos: origen y final del tramo, que se marcarán en la calzada, arcén o referencia fija muy visible, y se anotará el punto kilométrico (en metros) o la distancia a referencia fija; lugares, si existen, donde puede montarse el equipo y girar 180° para cambiar de sentido de marcha; referencias fijas existentes fuera de la calzada y visibles desde un vehículo en marcha lenta circulando por la calzada; zonas de calzada con aportaciones de materiales extraños al pavimento que puedan falsear o dificultar las medidas; zonas o puntos de tráfico conflictivo o con falta de visibilidad, en los que debe ampliarse la señalización provisional, desviar el tráfico o pararlo en el caso en que no pueda evitarse medir en estas zonas.

4.1.2 Se tomará como mínimo un perfil en el carril derecho para cada sentido de circulación. Se aconseja situar los perfiles a 1 y 2,50 m del borde derecho del carril, según el sentido de circulación, para un ancho de carril de 3,50 m o más, y a 0,80 y 2,30 m en carril de ancho menor de 3,50 m.

4.2 Levantamiento del perfil

4.2.1 Viógrafo A

4.2.1.1 Realizadas las operaciones indicadas en los apartados anteriores, es decir, después de 3.3.1, se señala el origen con un trazo de lápiz en el papel y se reanuda la marcha. Durante el levantamiento del perfil se anotarán en una libreta las referencias, como obras de fábrica, hitos kilométricos, etc., y los aspectos del pavimento, como suciedad, defectos superficiales, etc.

4.2.1.2 Se observará el avance regular del papel de registro, la actuación sin saltos de la transmisión de la cadena y la actuación de los contadores del integrador.

4.2.1.3 Es conveniente señalar con un trazo y su número de orden correspondiente los puntos tomados como referencia. En caso de utilizarse el integrador se parará cada 100 m para anotar sus valores y la distancia recorrida, señalando en el gráfico estas paradas.

4.2.1.4 Al final del tramo se levanta el estilógrafo y se desembraga el reductor.

4.2.2 Viógrafo B

4.2.2.1 Realizadas las operaciones descritas en los apartados anteriores, es decir, después de 3.3.2, se coloca en el contador parcial el número de datos N establecido para los tramos de cálculo (generalmente 100 m), se pone el contador totalizador a cero, se introduce en el microprocesador el número de datos N y se pulsa la opción deseada. Guardar todos los datos (400 por Hm) o guardar los resultados por subtramo (100 m) y se pulsa E.

4.2.2.2 Se anota en el papel de registro el punto de comienzo con su referencia.

4.2.2.3 Se realiza el levantamiento a una velocidad máxima de 7 km/h.

4.2.2.4 El registrador va dibujando la gráfica del perfil a escalas $H = 1/400$ y $V = 1/1$, señalando los finales de subtramo de cálculo (100 m).

4.2.2.5 Se anotarán las referencias o eventos, al pasar por ellos o por su normal a la dirección de marcha, con las lecturas de contadores total o parcial y se pulsará la tecla correspondiente (según la tabla de claves de referencias).

4.2.2.6 Se observará el avance regular del papel gráfico de los contadores y la muestra de datos en pantalla.

4.2.2.7 El microprocesador avisa unos 100 m antes de que se llene la memoria, al objeto de detener la marcha al terminar el subtramo (100 m) y grabar, según la opción elegida, los datos puntuales o resultados por subtramos en cinta magnética o floppy. Luego se continúa la marcha y el ensayo.

5 RESULTADOS

5.1 Los resultados a obtener con el Viógrafo en cada subtramo son:

- Número del orden del subtramo y su longitud.
- Coeficiente del Viógrafo (CV), que es igual al doble del área a escala natural de la superficie comprendida entre la línea irregular del perfil obtenido y la línea media (estimada o calculada), expresada en dm^2/hm y calculada por rectángulos inscritos de 5 mm de altura.
- Coeficiente de Irregularidad (CI), que es igual a la suma de diferencias, superiores a 1 mm, de ordenadas entre máximos y mínimos consecutivos de la línea del perfil obtenido, expresada en mm.
- Varianza (σ) de las ordenadas respecto a la línea media estimada.
- Coeficiente de Areas (CA), que es igual a la suma de los valores absolutos de las diferencias de ordenadas, superiores a 3 mm, entre la línea del perfil obtenido y la línea media (estimada o calculada), multiplicadas por 10 y dividida por el número de ordenadas, expresadas en dm^2/hm .
- Diferencia en mm entre las líneas medias estimada y calculada.

5.1 Obtención de los resultados

5.1.1 Viógrafo A. En el gabinete el procedimiento de obtención de resultados sobre el gráfico, es el siguiente:

5.1.1.1 Se comienza señalando en los gráficos del perfil los tramos de 100 m con su número o punto kilométrico final.

5.1.1.2 Se señala la línea media estimada (ver 3.3.1).

5.1.1.3 Si no se emplea un calculador, se leen los milímetros de perfil registrado que igualan o superan separaciones de la línea media, por arriba o por abajo, de 5 mm. Luego, los milímetros de perfil con separaciones de la línea media iguales o superiores a 10 mm, y así sucesivamente para separaciones de 15, 20, 25, etc. La décima parte de la suma de estas lecturas nos da el coeficiente de Viógrafo CV (para los Viógrafos normales con registro a escala horizontal 1:100).

5.1.1.4 Si el aparato lleva integrador y se ha utilizado en el levantamiento del perfil, se calcula el coeficiente de Viógrafo (CV) sumando las lecturas parciales de cada contador en el subtramo (100 m).

5.1.1.5 Para obtener el coeficiente de irregularidad CI, se suman las diferencias de ordenada del perfil, tomando intervalos de abscisa de 5 mm (para Viógrafo normal con registro a escala horizontal 1:100) y dividiendo esta suma por 2.

5.1.1.6 Siempre que exista la posibilidad, se debe emplear una calculadora programable. Los datos para la calculadora son las ordenadas tomadas cada 0,50 m de distancia real, es decir, 5 mm de abscisa para escala de registro 1:100.

5.1.1.7 Las fórmulas a emplear son:

$$CV = \frac{\sum_1^n \left| \frac{y_n - \bar{y}}{5} \right|}{n} \times 100 ;$$

$$CI = \frac{\sum_2^n \left(\left| y_n - y_{n-1} \right| > 1 \right)}{n} \times 100$$

$$CA = \frac{\sum_1^n \left[\left(\left| y_n - \bar{y} \right| - 3 \right) > 0 \right]}{n} \times 10 ;$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum y_n^2 - \frac{(\sum y_n)^2}{n}}{n - 1}}$$

siendo la ordenada media:

$$\bar{y} = \frac{\sum_1^n y_n}{n}$$

5.1.1.8 Para la expresión de los resultados se utiliza el impreso de la figura 6. En la columna de observaciones se indicarán las referencias fijas y las incidencias anotadas durante el levantamiento.

5.1.2 Viógrafo B. Si en el levantamiento se ha utilizado la opción de calcular y guardar resultados, el equipo imprimirá sobre la marcha por cada subtramo (100 m):

- Referencia de subtramo, calzada, carril y línea o perfil.
- Número de datos.
- Coeficiente de Viógrafo, CV.
- Coeficiente de Irregularidad, CI.
- Coeficiente de Area, CA.
- Diferencia entre líneas medias estimada y calculada.

5.1.2.1 Si la opción utilizada ha sido guardar todos los datos, se procederá en gabinete a calcular bien con el procesador del aparato o bien con un ordenador (Nota 1).

Nota 1. En el Centro de Estudios de Carreteras se utilizan los ordenadores IBM PC/XT y DRACAIM 65 para los que existen los programas VIAGRES y EXVIAG que dan los mismos resultados indicados para la expresión anterior.

5.1.2.2 En gabinete se anotarán sobre el registro gráfico las referencias del tramo. Se comprueba visualmente si existe concordancia entre los resultados numéricos y el gráfico, y si la irregularidad del perfil es producida por alguna de las incidencias anotadas u otra causa localizada en escasa longitud (10 m).

5.1.2.3 Si existiese discordancia, se recalculará el subtramo; en el caso de la opción de cálculo en el campo, se introducen los datos leídos en el gráfico por teclado. Si los resultados son semejantes a los obtenidos en el primer cálculo y se mantiene la dis-

cordancia, se anotará en observaciones «cálculo irregular» y no se tendrá en cuenta el subtramo para evaluaciones o calificaciones.

5.1.2.4 Para la expresión se utiliza el impreso de la figura 7.

6 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

Esta norma de ensayo se ha redactado de acuerdo con los estudios y experiencias realizados al respecto en el Centro de Estudios de Carreteras (CEDEX-MOPU).
