LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: ***4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS***

TÍTULO: 01. Materiales para Revestimiento, Subbase y Base

CAPÍTULO: *007. Valor Soporte de California (CBR) en Laboratorio*

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento para determinar el Valor Soporte de California (CBR) en laboratorio de los materiales para subbase y base hidráulica de pavimentos, a que se refieren las Normas N·CMT·4·02·001, *Materiales para Subbases* y N·CMT·4·02·002, *Materiales para Bases Hidráulicas*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Esta prueba permite determinar el Valor Soporte de California (CBR) en los materiales para subbases y bases hidráulicas en laboratorio, en especímenes compactados dinámicamente con la energía de compactación utilizada en la prueba modificada establecida en el Manual M·MMP·1·09, *Prueba de Compactación Dinámica*.

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Materiales para Subbases …….……	N·CMT·4·02·001
Materiales para Bases Hidráulicas ……..……..	N·CMT·4·02·002
Secado, Disgregado y Cuarteo de Muestras ……..……	M·MMP·1·03
Contenido de Agua ……..……	M·MMP·1·04
Prueba de Compactación Dinámica ……..	M·MMP·1·09
Muestreo de Materiales para Revestimiento, Subbase y Base ……..…….	M·MMP·4·01·001
Granulometría ……..	M·MMP·4·01·003

D. EQUIPO Y MATERIALES

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes. Todos los materiales por emplear deberán cumplir con la calidad solicitada.

D.1. EQUIPO DE CARGA

Compuesto por gato de carga, marco de carga, anillo de carga, pistón de penetración y extensómetro, como el mostrado en la Figura 1 de este Manual.

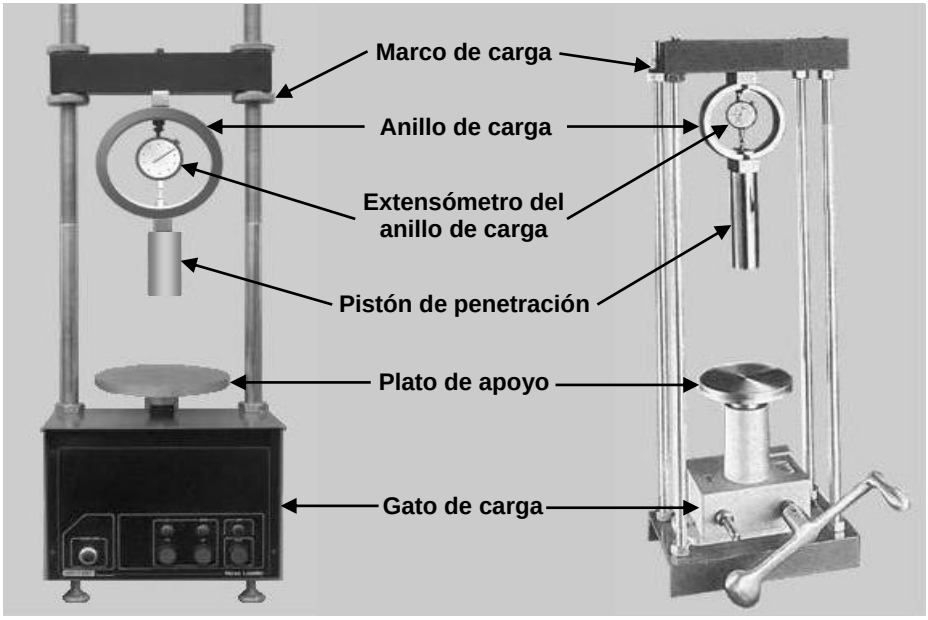


FIGURA 1.- Equipo de carga

D.1.1. Gato de carga

Mecánico o hidráulico, capaz de proveer un desplazamiento constante de 1,27 mm/min y con la capacidad mínima que se indica en la Tabla 1 de este Manual, de acuerdo con el máximo CBR que se espere determinar, provisto con un plato de apoyo donde se colocará el espécimen por probar.

TABLA 1.- Capacidad mínima del equipo de carga

CBR máximo esperado %	Capacidad mínima kN (t)
20	11,2 (1,14)
50	22,3 (2,27)
> 50	44,5 (4,54)

D.1.2. Marco de carga

Adosado al gato de carga y adaptado para sujetar el anillo de carga y el pistón de penetración que se indican en los Incisos D.1.3. y D.1.4. de este Manual.

D.1.3. Anillo de carga

Calibrado, con una capacidad acorde al nivel de carga que se indica en la Tabla 1 de este Manual, provisto de un extensómetro de 5 mm de carrera, con graduaciones a cada 0,001 mm y carátula ajustable a ceros. El anillo será de 10 ó 30 kN (1 020 ó 3 060 kg), con lectura mínima de 44 N (4,5 kg).

D.1.4. Pistón de penetración

De acero, con sección circular de 49,63 ± 0,13 mm de diámetro y aproximadamente 100 mm de longitud.

D.1.5. Extensómetro

Para medir la penetración, de 25 mm de carrera mínima, con aproximación de 0,01 mm y carátula ajustable a ceros; provisto de una abrazadera con varillas de extensión y dispositivo giratorio, para acoplarlo al pistón de penetración y acomodarlo para apoyar su vástago sobre los bordes superiores de los moldes a que se refiere la Fracción D.3. de este Manual.

D.1.6. Cronómetro o reloj

Con aproximación de 1 s.

D.2. PRENSA UNIVERSAL

Podrá utilizarse una prensa universal en lugar del equipo de carga descrito en la Fracción anterior, mecánica, hidráulica o neumática, con capacidad de 29,42 kN (3 t), con lectura mínima de 44 N (4,5 kg) y control de velocidad de aplicación de cargas que permita un desplazamiento constante de 1,27 mm/min, sin producir impactos o pérdida de carga, y que cuente con el pistón, el extensómetro y el cronómetro a que se refieren los Incisos D.1.4. a D.1.6. anteriores.

D.3. MOLDES

Un molde cilíndrico de acero, de 152,4 ± 0,66 mm de diámetro interior y 177,8 ± 0,46 mm de altura, provisto de un collarín de extensión de 50,8 mm de altura mínima, con el mismo diámetro interior del molde y de una placa de base perforada con al menos 28 orificios de 1,6 mm de diámetro, distribuidos uniformemente, así como de una placa de base sin perforaciones. Una vez ensamblados, con el disco espaciador al que se refiere la Fracción D.4. de este Manual, el molde tendrá un volumen de 2 124 ± 25 cm^3. Tanto las placas de base como el collarín estarán fabricados de tal manera que se puedan acoplar en cualquier extremo del molde, como se muestra en la Figura 2 de este Manual.

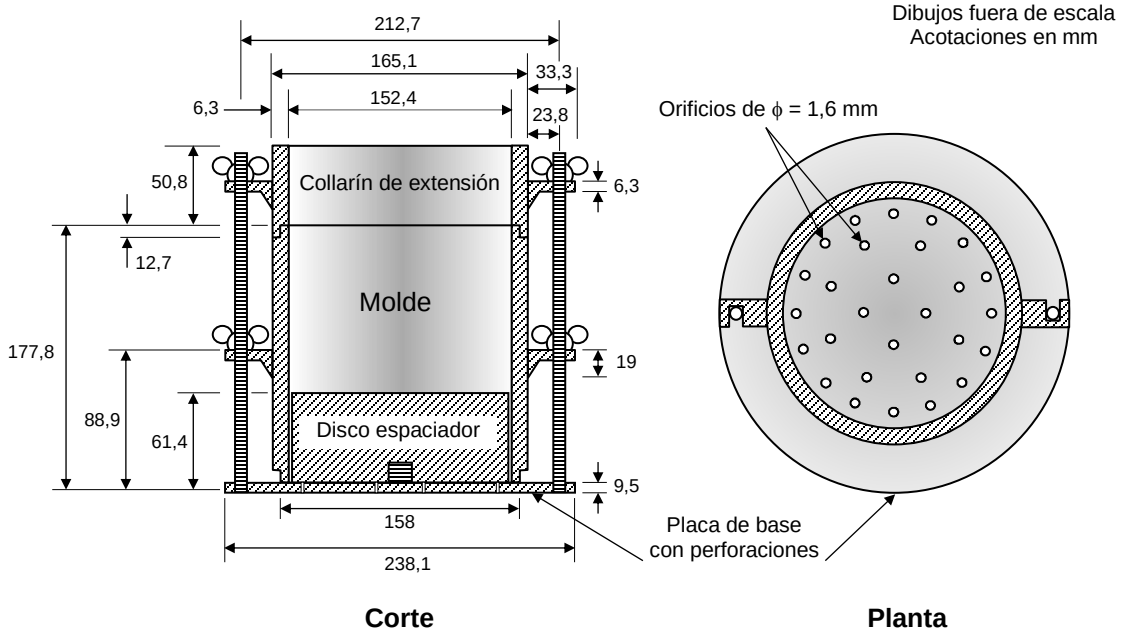
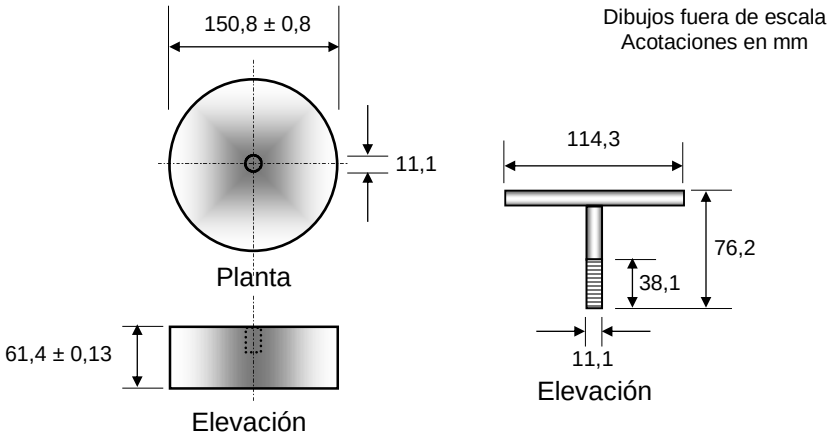


FIGURA 2.- Molde con collarín para la determinación del Valor Soporte de California (CBR)

D.4. DISCO ESPACIADOR

Disco de acero de 150,8 ± 0,8 mm de diámetro y 61,4 ± 0,13 mm de altura, como el mostrado en la Figura 3 de este Manual, provisto de un maneral desmontable para extraer el disco espaciador del molde.



COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

FIGURA 3.- Disco espaciador y maneral

D.5. PISÓN

Metálico del tipo martillo deslizante, con masa de 4,54 ± 0,01 kg y altura de caída de 457 ± 1 mm, con cara inferior de apisonado circular de 50,80 ± 0,25 mm de diámetro y acoplado a una guía metálica tubular, con la forma y dimensiones mostradas en la Figura 4 de este Manual.

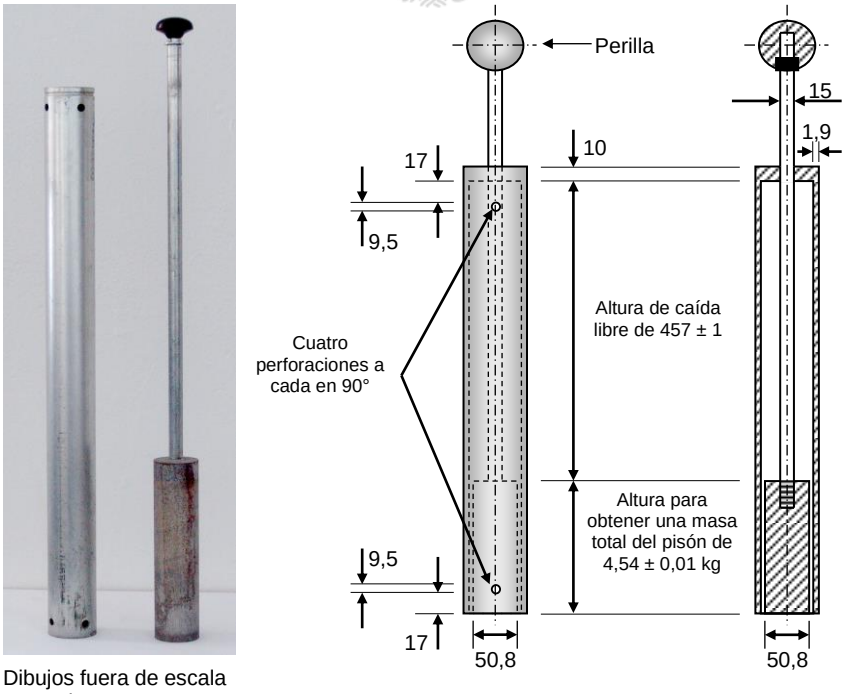


FIGURA 4.- Pisón compactador tipo martillo deslizante

D.6. BASE CÚBICA

De concreto o de otro material de rigidez similar con dimensiones mínimas de 40 cm por lado.

D.7. PLACAS DE CARGA

Un juego de placas circulares de acero, como las mostradas en la Figura 5 de este Manual, integrado por:

D.7.1. Una o dos placas anulares, con diámetro de 150 ± 0,8 mm, con un orificio central de aproximadamente 54,0 mm de diámetro y con una masa de 4,54 ± 0,02 kg.

D.7.2. Dos placas ranuradas, con diámetro de 150 ± 0,8 mm y una masa de 2,27 ± 0,02 kg cada una. La ranura que comunique el orificio central con el perímetro exterior tendrá un ancho de aproximadamente 54,0 mm.

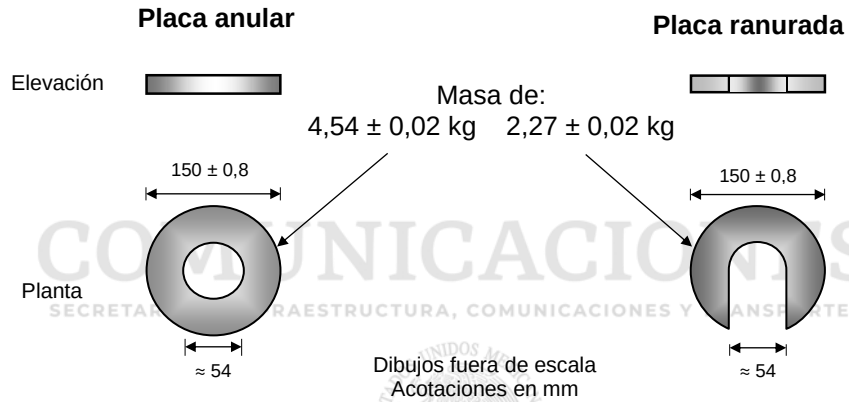


FIGURA 5.- Placas de carga

D.8. TANQUE DE SATURACIÓN

Con capacidad suficiente para mantener el nivel del agua 25 mm aproximadamente por encima de los moldes.

D.9. JUEGO DE MALLAS

Fabricadas con alambres de bronce o de acero inoxidable, tejido en forma de cuadrícula, con las aberturas indicadas en la Tabla 2 de este Manual. El tejido estará sostenido mediante un bastidor circular metálico, de lámina de bronce o latón, de 206 ± 2 mm de diámetro interior y 68 ± 2 mm de altura, sujetando la malla rígida y firmemente mediante un sistema de engargolado de metales, a una distancia de 50 mm del borde superior del bastidor.

TABLA 2.- Juegos de mallas

Designación	Abertura mm
¾ in	19
N°4	4,75

D.10. BALANZA

Con capacidad mínima de 15 kg y aproximación de 1 g.

D.11. CHAROLAS

De lámina galvanizada, de forma rectangular de 40 × 70 × 10 cm.

D.12. CUCHARÓN

De 20 cm de largo, 11 cm de ancho y 10 cm de altura, formando un paralelepípedo rectangular con sólo cuatro caras, cuya cara menor lleva acoplado un mango metálico de sección circular de 13 cm de largo.

D.13. PROBETAS

De acrílico, una con capacidad de 100 cm^3 y graduaciones a cada 1 cm^3; y otra con capacidad de 500 cm^3 y graduaciones a cada 5 cm^3.

D.14. REGLA

Metálica, con una arista cortante, de aproximadamente 25 cm de largo.

D.15. ACEITE

Mineral para lubricar las paredes de los moldes.

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

D.16. PAPEL FILTRO

Papel filtro grueso, circular de 149,2 a 150,8 mm de diámetro.

E. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Previamente se determina, en una muestra del material para subbase o base hidráulica por estudiar, su masa volumétrica seca máxima ($\gamma_{d\ máx}$) y su contenido de agua óptimo (ω_o), mediante el procedimiento de prueba de compactación dinámica modificada, conforme lo establecido en el Manual M·MMP·1·09, *Prueba de Compactación Dinámica*. Una vez estimado el contenido de agua óptimo (ω_o), del material para subbase o base hidráulica, la preparación de la muestra obtenida según se establece en el Manual M·MMP·4·01·001, *Muestreo de Materiales para Revestimiento, Subbase y Base*, se hace de la siguiente manera:

E.1. De acuerdo con lo indicado en el Manual M·MMP·1·03, *Secado, Disgregado y Cuarteo de Muestras*, de la muestra seca del material por estudiar se obtiene por cuarteos una parte representativa del material, de aproximadamente 8 kg.

E.2. De la parte de la muestra obtenida como se indica en la Fracción anterior, se tamiza el material mediante cribado en la malla con abertura de 19 mm (¾ in). Si todo el material pasa por la malla con abertura de 19 mm (¾ in), éste se usará sin modificación para compactar los especímenes. Si parte del material es retenido en la malla con abertura de 19 mm (¾ in), se reemplazará por una masa de igual cantidad del material que pase por la malla con abertura de 19 mm (¾ in) y retenido en la malla con abertura de 4,75 mm (N°4).

E.3. Se determina la masa del material con una aproximación de 1 g, del material obtenido como se indica en la Fracción E.2. de este Manual y se le incorpora uniformemente la cantidad de agua necesaria para que tenga un contenido de agua igual al óptimo de compactación, determinados conforme lo establece el Manual M·MMP·1·09, *Prueba de Compactación Dinámica*.

E.4. Inmediatamente después se mezcla convenientemente el material y se pesa la muestra de prueba que se requiere para llenar el molde sin la extensión, descontando el volumen del disco espaciador dentro del molde; determinando dicha cantidad para el grado de compactación de 100 %, o el requerido, con la siguiente fórmula:

$$W_w = \frac{G_C}{100} \times \frac{\gamma_{d\,máx}}{1\,000} \times \frac{100 + \omega_o}{100} \times V$$

Donde:

W_w = Masa de la muestra de prueba en estado húmedo, (kg)

G_C = Grado de compactación con que se va a elaborar el espécimen, (%)

$\gamma_{d\,máx}$ = Masa volumétrica seca máxima del material, (kg/m^3)

ω_o = Contenido de agua óptimo, (%)

V = Volumen del cilindro de prueba sin collarín y descontando el volumen del disco espaciador, (dm^3)

E.5. Cuidadosamente se continúa mezclando el material hasta homogeneizarlo perfectamente, revolviéndolo hasta disgregar totalmente los grumos que pudieran haberse formado y se divide en cinco fracciones aproximadamente iguales para la prueba y se cubren con un paño húmedo para evitar que pierdan agua.

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

F. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

F.1. COMPACTACIÓN

Con la proporción de material preparado como se indica en la Cláusula E., se compacta el espécimen, en la forma que se describe a continuación:

F.1.1. Se ensambla un molde con su collarín de extensión a la placa de base sin perforaciones, por medio de las abrazaderas y se lubrican con aceite las paredes interiores del molde y del collarín; se inserta el disco espaciador dentro del molde; se coloca un papel filtro sobre el disco para impedir que el material se adhiera a él y se apoya el conjunto sobre la base cúbica.

F.1.2. Se coloca el molde apoyado sobre la base cúbica, se vierte una de las cinco fracciones de la porción del material y se compacta con el pisón, aplicando 56 golpes por capa, uniformemente repartidos en la superficie del material. Se escarifica ligeramente la superficie de la capa compactada y se repite el procedimiento descrito para las cuatro fracciones subsecuentes.

F.1.3. Terminada la compactación de todas las capas, se retira el collarín de extensión del molde y se verifica que el material no sobresalga del molde más de 5 mm.

F.1.4. Si el material sobresale del molde hasta 15 mm, entonces se enrasa cuidadosamente con la regla metálica el espécimen compactado, depositando en una charola el material excedente, para determinar su contenido de agua (ω), como se indica en el Manual M·MMP·1·04, *Contenido de Agua* y verificar que el contenido de agua del espécimen corresponda al óptimo de compactación (ω_o), con una tolerancia de ± 0,5 %, determinado conforme lo establece el Manual M·MMP·1·09, *Prueba de Compactación Dinámica*.

F.1.5. Una vez compactado y enrasado el material en el molde, si la superficie del material queda por debajo del borde del molde (cualquier altura), la prueba se repite, como se indica en el Inciso F.1.2. de este Manual, pero aumentando ligeramente el tamaño de las fracciones de material en cada capa, para cumplir con el espesor, conforme a lo establecido en los Incisos F.1.3. y F.1.4. de este Manual.

F.1.6. Se rellenan con material fino de la misma muestra las oquedades que pudieran resultar por el enrasado del espécimen compactado; se desprende de la placa base el molde con el espécimen, se retira el disco espaciador y se determina la masa del molde con el espécimen, que se registra como W_{mj+ei}, en g.

F.2. SATURACIÓN DEL ESPÉCIMEN COMPACTADO

F.2.1. Inmediatamente después de obtenida la masa del molde con el espécimen compactado W_{mj+ei}, como se indica en el Inciso F.1.6. de este Manual, se coloca un papel filtro sobre la placa de base perforada; se invierte el molde con el espécimen de tal manera que su fondo sea ahora la parte superior; se coloca un papel filtro en contacto con el espécimen y se ensambla el molde a la placa de base perforada por medio de las abrazaderas.

F.2.2. Se coloca sobre el espécimen compactado, la carga de proyecto para reproducir una carga equivalente a la de las capas que se construirán sobre la capa del material en estudio; de acuerdo con lo que indique el proyecto o apruebe la Secretaría, pero nunca menor de 44,5 ± 0,2 N (4,54 ± 0,02 kg).

COMUNICACIONES

F.2.3. Se introduce cuidadosamente el molde en el tanque de saturación, de manera que se permita el libre flujo de agua tanto en la parte inferior como en la superior del espécimen, y se deja saturar durante 72 h, manteniendo el nivel mínimo del agua del tanque aproximadamente a 25 mm sobre la parte superior del molde.

F.2.4. Se retira del tanque de saturación el molde con el espécimen, cuidadosamente se elimina el agua de la parte superior del molde de manera que no se altere la superficie del espécimen y se deja drenar durante 15 min. Después de este período de drenaje se remueven las placas de carga y la placa perforada, así como las hojas de papel filtro, y se determina la masa del molde con el espécimen, que se registra como W_{mj+ef}, en g.

F.3. PENETRACIÓN

F.3.1. Inmediatamente después de obtenida la masa del molde con el espécimen saturado (W_{mj+ef}), como se indica en el Inciso F.2.4. de este Manual, se ensambla el molde a la placa de base sin perforaciones por medio de abrazaderas, en la misma posición que tenía durante el proceso de saturación a que se refiere la Fracción F.2. de este Manual; se coloca sobre el plato de apoyo del equipo de carga; se pone sobre el espécimen una placa de carga anular de 44,5 ± 0,2 N (4,54 ± 0,02 kg); se inserta el pistón de penetración en su orificio central; se aplica una carga inicial de 43 N (4,38 kg) y se colocan las placas ranuradas necesarias para reproducir la sobrecarga utilizada durante la saturación.

F.3.2. Sin retirar la carga se ajusta el extensómetro para medir la penetración, previamente acoplado al pistón de penetración, apoyando su vástago sobre la pared del molde y se ponen en ceros tanto su carátula como la del extensómetro del anillo de medición de carga.

F.3.3. Se aplica la carga de forma que el pistón de penetración se desplace con una velocidad uniforme de 1,27 mm/min, leyendo y registrando las cargas aplicadas para obtener cada una de las penetraciones indicadas en la Tabla 3 de este Manual, con aproximación de 10 N (1,02 kg).

TABLA 3.- Relación de tiempo-penetración

Número de Lectura	Tiempo min:s	Penetración mm
1	0:30	0,64
2	1:00	1,27
3	1:30	1,91
4	2:00	2,54
5	3:00	3,81
6	4:00	5,08
7	6:00	7,62
8 [1]	8:00	10,16
9 [1]	10:00	12,70

[1] Pueden omitirse las lecturas de las cargas aplicadas para penetraciones de 10,16 y 12,70 mm cuando se rebase la capacidad del equipo de carga.

F.3.4. Concluida la penetración del espécimen, éste se saca del molde, se corta longitudinalmente y de su parte central se obtiene una porción representativa para determinar su contenido de agua en estado saturado (ω_{sat}), de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·1·04, *Contenido de Agua*.

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

G. CÁLCULOS Y RESULTADOS

G.1. Todos los cálculos y resultados de esta prueba de Valor Soporte de California (CBR) en laboratorio, se reportan en el formato de la Figura 6 de este Manual.

G.1.1. Se calcula y reporta la masa volumétrica seca del espécimen (γ_{dj}) usando la siguiente fórmula:

$$\gamma_{dj} = \frac{1\,000\left(W_{mj+ef} - W_{mj}\right)}{0{,}25\pi\left(\frac{D_{mj}}{10}\right)^2\left(\frac{H_{mj} - H_{dek}}{10}\right)\left(1 + \frac{\omega_{satj}}{100}\right)}$$

Donde:

γ_{dj} = Masa volumétrica seca del espécimen compactado en el molde j, (kg/m^3)

j = Número del molde que se utilizó para compactar el espécimen, (adimensional)

k = Número del disco espaciador que se utilizó para compactar el espécimen, (adimensional)

W_{mj+ef} = Masa del molde j más espécimen saturado, determinada como se indica en el Inciso F.2.4. de este Manual, (g)

W_{mj} = Masa del molde j, (g)

D_{mj} = Diámetro interior del molde j, (mm)

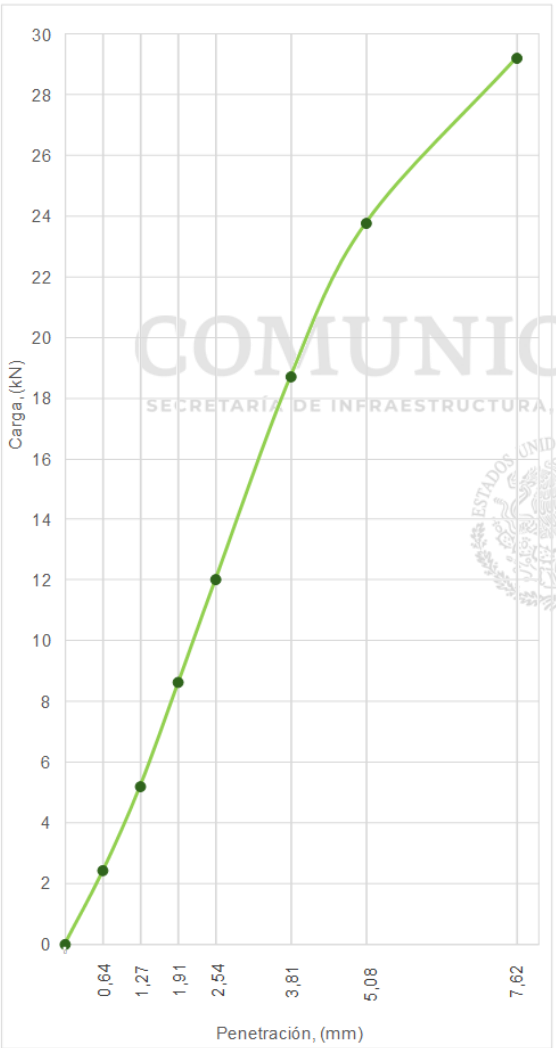
H_{mj} = Altura del molde j, (mm)

H_{dek} = Altura del disco espaciador k, (mm)

ω_{satj} = Contenido de agua del espécimen en estado saturado compactado en el molde j, determinado como se indica en el Inciso F.3.4. de este Manual, (%)

OBRA:	Modernización de 14 kilometros de carretera con un ancho de corona de 7 metros en el estado de Sonora	**HOJA**	1 **DE** 3	
LOCALIZACIÓN:	Carretera: Agua Prieta - Bavispe	**MUESTRA No.**	1	
TRAMO Y SUBTRAMO:	Agua Prieta - Bavispe, del km 32+000 al km 40+000	**No. DE ENSAYE**	14316	
BANCO:	"Quiroga, Hermosillo"	**No. DE REPORTE**	325	
MATERIAL PARA:	Base hidráulica	**FECHA**	**INCIO:**	16/02/2024
DESCRIPCIÓN:	Grava con finos		**TERMINO:**	20/02/2024

Masa volumétrica seca máxima ($\gamma_{d\,máx}$) =	2 404	kg/m^3
Contenido de agua optimo (ω_o) =	7,1	%
Grado de compactación (Gc) =	100	%
Masa volumétrica seca compacta (γ_{dc}) =	2 404	kg/m^3



Número de golpes por capa	56
Molde	**9**
Diámetro interior, D_{mj} (mm)	152,1
Altura del molde, H_{mj} (mm)	177,4
Masa, W_{mj}(g)	4 190,1
Disco espaciador	1
Altura del disco, H_{dek} (mm)	61,5
Masa molde + espécimen compactado, W_{mj+ei} (g)	8 836
Masa molde + espécimen saturado, W_{mj+ef} (g)	8 909
Cápsula	11
Masa cápsula, (g)	62,2
Masa cápsula + suelo húmedo, (g)	318,4
Masa cápsula + suelo seco, (g)	297
Contenido de agua saturado, ω_{sat} (%)	9,1
Masa Volumétrica Seca, γ_d (kg/m^3)	2 054
Contenido de agua compactado, ω_c (%)	7,4

Penetración		**Cargas de penetración,**
mm	**tiempo**	**kN**
0,64	30 s	2,4
1,27	1 min	5,2
1,91	1,3 min	8,6
2,54	2 min	12,1
3,81	3 min	18,7
5,08	4 min	23,8
7,62	6 min	29,2
10,16	8 min	-
12,7	10 min	-
$C_{2,54}$		12,1
$CBR_{2,54}$ (%)		91
$C_{5,08}$		23,8
$CBR_{5,08}$ (%)		119
CBR (%)		**91**

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

OBSERVACIONES:

El Valor Soporte de California obtenido es de 91 %.

Laboratorista	Jefe de Laboratorio

FIGURA 6.- Hoja de registro y cálculo del Valor Soporte de California (CBR)

G.1.2. Se calcula y reporta el contenido de agua de los especímenes compactados (ω_{cj}) usando la siguiente fórmula:

$$\omega_{cj} = \omega_{satj} - \frac{(100 + \omega_{satj})(W_{mj+ef} - W_{mj+ei})}{(W_{mj+ef} - W_{mj})}$$

Donde:

ω_{cj} = Contenido de agua del espécimen compactado en el molde *j*, (%)

ω_{satj} = Contenido de agua del espécimen en estado saturado, compactado en el molde *j*, determinado como se indica en el Inciso F.3.4. de este Manual, (%)

j = Número del molde que se utilizó para compactar el espécimen, (adimensional)

W_{mj+ef} = Masa del molde *j* más espécimen saturado, determinada como se indica en el Inciso F.2.4. de este Manual, (g)

W_{mj+ei} = Masa del molde *j* más espécimen compactado, determinada como se indica en el Inciso F.1.6. de este Manual, (g)

W_{mj} = Masa del molde *j*, (g)

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

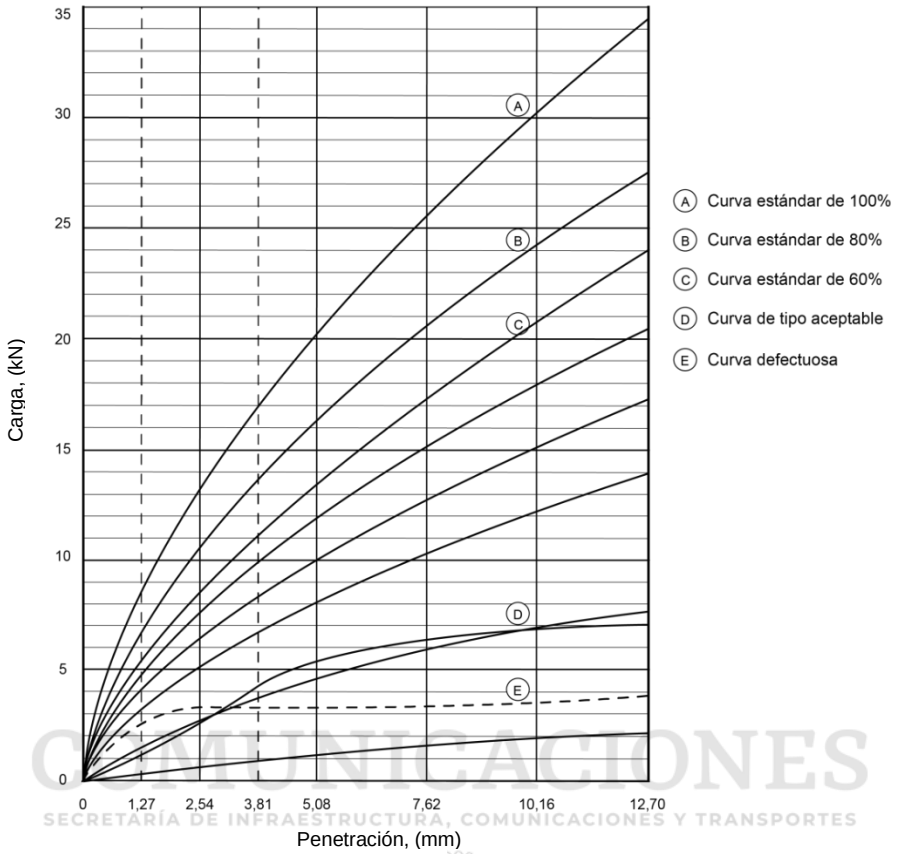
G.2. VALOR SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) EN LABORATORIO

G.2.1. Para el espécimen penetrado como se indica en la Fracción F.3. de este Manual, se representan gráficamente las cargas determinadas, como se indica a continuación:

G.2.1.1. En una gráfica como la que se muestra en la Figura 7 de este Manual, en la que en el eje de las abscisas se indican las penetraciones y en el de las ordenadas las cargas, se marcan los puntos correspondientes a cada una de las determinaciones a las que se refiere el Inciso F.3.3. de este Manual, los que se unen con una línea continua que no presente cambios bruscos de pendiente. Una curva como la "E", dibujada con línea discontinua en la Figura 7 de este Manual, indicará que la penetración no estuvo bien efectuada, por lo que se desechará el espécimen, siendo necesario repetir su compactación, saturación y penetración, como se indica en la Cláusula F. de este Manual.

G.2.1.2. Se registran las cargas $C_{2,54}$ y $C_{5,08}$ correspondientes a las penetraciones de 2,54 y 5,08 mm, con aproximación de 10 N (1,02 kg). Estos valores corresponderán a las cargas con la que se determina el Valor Soporte de California (CBR) del espécimen.

G.2.1.3. En los casos en que el inicio de la curva presente una concavidad hacia arriba, como la curva "D" que se muestra en la Figura 7 de este Manual, se efectúa una corrección como se ilustra en la Figura 8 de este Manual, trazando una tangente en el punto de inflexión (*PI*), hasta cortar el eje de las abscisas en el punto que se designa como *O'*, el cual se tomará como nuevo origen de las penetraciones y a partir de él se marcan los puntos $P_{2,54}$ y $P_{5,08}$ correspondientes a las penetraciones de 2,54 y 5,08 mm, respectivamente; las ordenadas $CC_{2,54}$ y $CC_{5,08}$ representan las cargas corregidas para dichas penetraciones, en kN, que se tomarán como las cargas $C_{2,54}$ y $C_{5,08}$ correspondientes.



COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

FIGURA 7.- Curvas típicas de carga-penetración

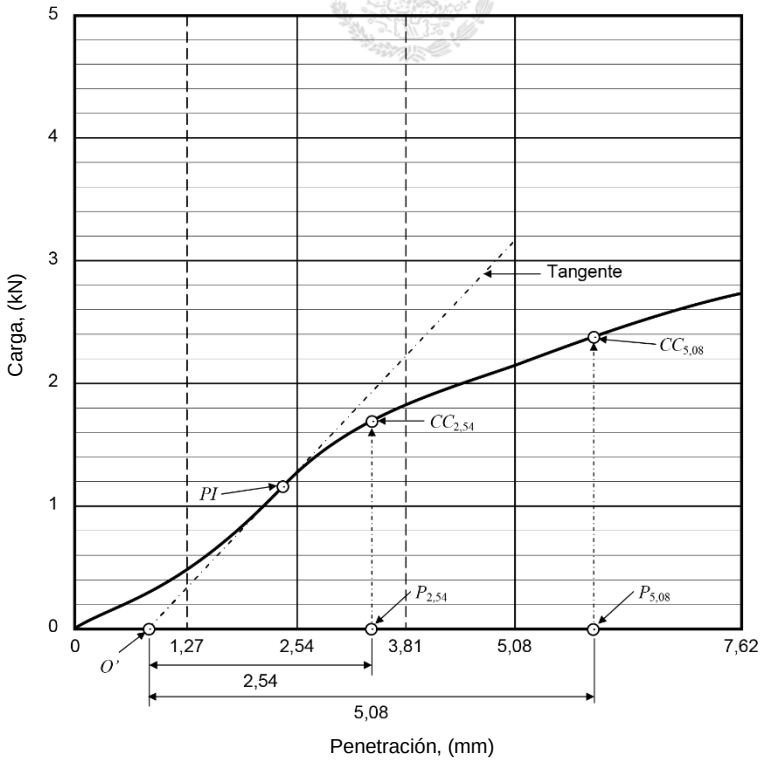


FIGURA 8.- Corrección de la curva carga-penetración

G.2.2. Se calcula, con una décima de aproximación, el Valor Soporte de California (CBR) a 2,54 y 5,08 mm de penetración del espécimen compactado, mediante las siguientes expresiones:

$$CBR_{2,54} = \frac{100\ C_{2,54}}{13,34} \quad \text{y} \quad CBR_{5,08} = \frac{100\ C_{5,08}}{20,01}$$

Donde:

$CBR_{2,54}$ = Valor Soporte de California determinado para una penetración de 2,54 mm

$CBR_{5,08}$ = Valor Soporte de California determinado para una penetración de 5,08 mm

$C_{2,54}$ = Carga aplicada o corregida, (kN), para una penetración de 2,54 mm

$C_{5,08}$ = Carga aplicada o corregida, (kN), para una penetración de 5,08 mm

G.2.3. Se selecciona como el Valor Soporte de California (CBR) del espécimen compactado, al valor que resulte menor entre los $CBR_{2,54}$ y $CBR_{5,08}$ calculados como se indica en el Inciso anterior.

H. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

Para evitar errores durante la ejecución de la prueba, se observarán las siguientes precauciones para cada uno de los especímenes de prueba:

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

H.1. COMPACTACIÓN

H.1.1. Que una vez mezclado el material de la porción de prueba con el agua, ésta no se pierda durante el proceso de compactación.

H.1.2. Que el material no sobresalga del molde en un espesor promedio mayor de 5 mm, una vez terminada la compactación de las cinco capas de la porción de prueba.

H.1.3. Que el material compactado después de haber sido enrasado no presente oquedades.

H.2. SATURACIÓN

H.2.1. Que una vez colocado el molde con el espécimen en el tanque de saturación, evitar su manipulación excesiva.

H.2.2. Que, durante el período de eliminación del agua del molde con el espécimen, evitar que se golpee.

H.3. PENETRACIÓN

H.3.1. Que el equipo de carga esté correctamente nivelado en posición vertical antes de iniciar la penetración del espécimen.

H.3.2. Que el vástago quede alineado con el marco de carga y correctamente centrado junto con las placas de carga.

H.3.3. Que tanto las lecturas de las cargas como las de deformación, se tomen en forma perpendicular a la vista del operador para evitar el fenómeno de paralaje.

COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
Dirección General de Servicios Técnicos
Av. Coyoacán 1895
Col. Acacias, Benito Juárez, 03240
Ciudad de México
www.gob.mx/sct