

LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: 1. SUELOS Y MATERIALES PARA TERRACERIAS

TÍTULO: 09. Prueba de Compactación Dinámica

A. CONTENIDO

Este Manual describe los procedimientos de prueba de compactación dinámica estándar y modificada, para determinar mediante la curva de compactación, la masa volumétrica seca máxima y el contenido de agua óptimo de los materiales para terracerías a que se refieren las Normas N·CMT·1·01, *Materiales para Terraplén*, N·CMT·1·02, *Materiales para Subyacente* y N·CMT·1·03, *Materiales para Subrasante*.

B. OBJETIVO

Las pruebas permiten determinar la curva de compactación de los materiales para terracerías y a partir de esta inferir su masa volumétrica seca máxima y su contenido de agua óptimo.

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Materiales para Terraplén	N·CMT·1·01
Materiales para Subyacente	N·CMT·1·02
Materiales para Subrasante	N·CMT·1·03
Muestreo de Materiales para Terracerías	M·MMP·1·01
Secado, Disgregado y Cuarteo de Muestras	M·MMP·1·03
Contenido de Agua	M·MMP·1·04
Densidades Relativas y Absorción	M·MMP·1·05
Granulometría de Materiales Compactables para Terracerías	M·MMP·1·06

D. EQUIPO Y MATERIALES

El equipo para la ejecución de las pruebas estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes.

D.1. MOLDES

Metálicos de forma cilíndrica, con una altura de $116,4 \pm 0,1$ mm, diámetro interior de $101,6 \pm 0,4$ o $152,4 \pm 0,7$ mm, dependiendo de la variante de la prueba que se realice, de volúmenes V y masas W , conocidos, provistos de una placa de base metálica a la cual se asegura el cilindro y una extensión o collarín removible con diámetro interior igual al del cilindro, con la forma y dimensiones indicadas en la Figura 1 de este Manual.

D.2. PISONES

Metálicos, con cara inferior de apisonado circular, de $50,8 \pm 0,25$ mm de diámetro, acoplados a una guía metálica tubular, como el mostrado en la Figura 1 y con las características indicadas en la Tabla 1 de este Manual, de acuerdo con el tipo de prueba de que se trate.

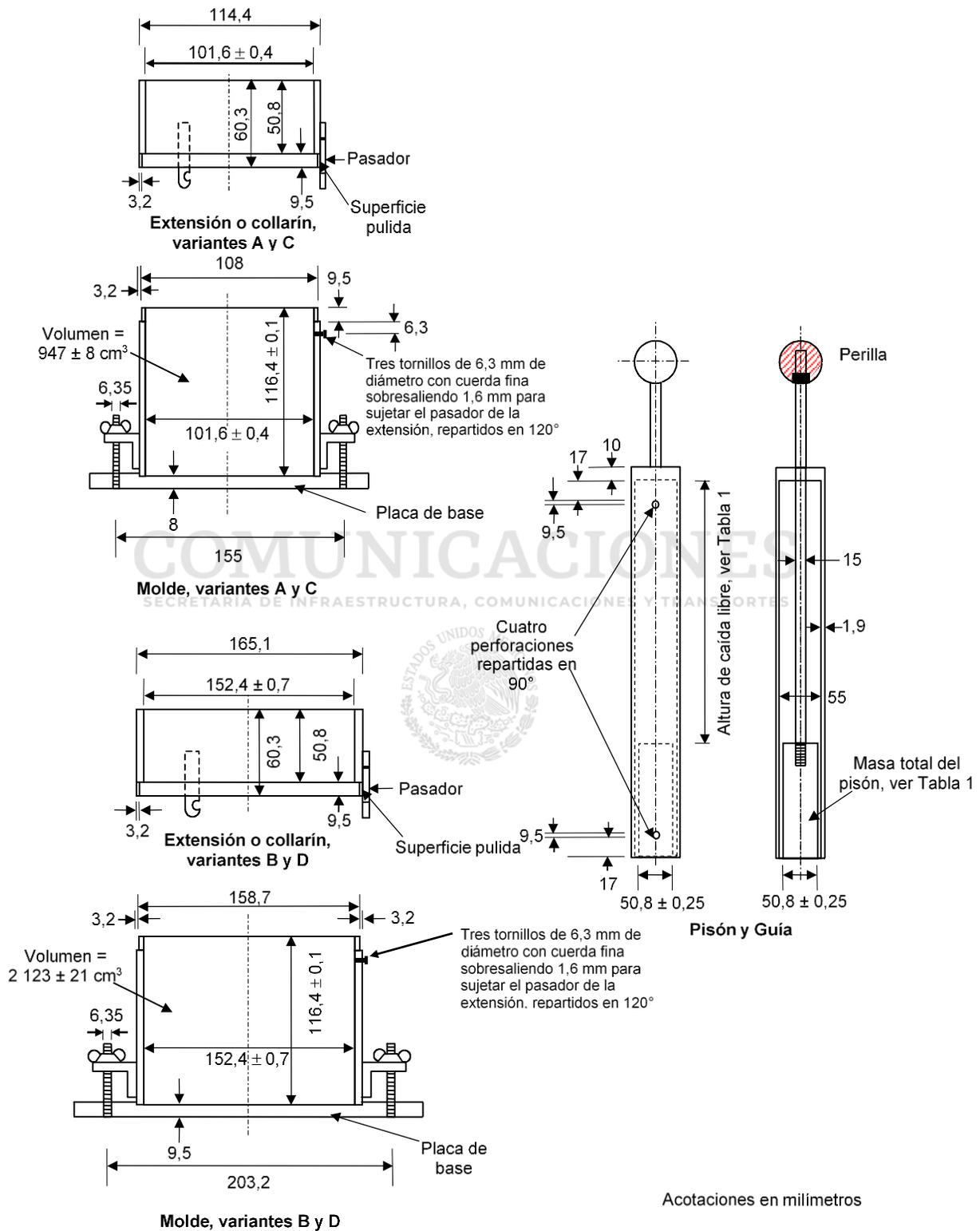


FIGURA 1.- Moldes cilíndricos y pisones para las pruebas de compactación

TABLA 1.- Características de los pisones

Tipo de prueba	Estándar	Modificada
Masa del pisón, kg	2,5 ± 0,01	4,54 ± 0,01
Diámetro del pisón, mm	50,8 ± 0,25	50,8 ± 0,25
Altura de caída del pisón, cm	30,5 ± 0,1	45,7 ± 0,1

D.3. REGLA

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

D.4. BALANZAS

Una con capacidad mínima de 15 kg y aproximación de 5 g; otra con capacidad mínima de 2 kg y aproximación de 0,1 g.

D.5. HORNO

Eléctrico o de gas, con capacidad suficiente para contener el material de prueba, con termostato capaz de mantener una temperatura de 105°C y aproximación de ± 5°C.

D.6. BASE CÚBICA

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

D.7. PROBETAS

Una con capacidad de 500 cm³ y graduaciones a cada 10 cm³; otra con capacidad de 1 000 cm³ y graduaciones a cada 10 cm³; y otra con capacidad de 100 cm³ y graduaciones a cada 10 cm³.

D.8. MALLAS ¾" Y N°4

Fabricadas con alambres de bronce o de acero inoxidable, tejidos en forma de cuadrícula, con abertura nominal de 19 y 4,75 mm respectivamente, que cumplan con las tolerancias indicadas en la Tabla 1 del Manual M-MMP-1-06, *Granulometría de Materiales Compactables para Terracerías*. 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.

D.9. CÁPSULAS

Metálicas, preferiblemente con tapa, con capacidad suficiente para contener la muestra de prueba.

D.10. CHAROLAS

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

D.11. CUCHARÓN

De acero galvanizado, de forma rectangular.

D.12. ESPÁTULAS

Para limpiar la parte inferior del pisón durante la ejecución de la prueba de compactación.

D.13. ACEITE

Para lubricar las paredes de los moldes.

E. VARIANTES DE LAS PRUEBAS

Cada prueba, según su tipo, se realizará compactando el material con el pisón y en el número de capas que se indican en la Tabla 2, con una de las cuatro variantes que se refieren a continuación y cuyas características se muestran en la Tabla 3 de este Manual.

TABLA 2.- Pisones y número de capas para las pruebas

Tipo de prueba	Estándar	Modificada
Masa del pisón, kg	2,5 ± 0,01	4,54 ± 0,01
Número de capas del material	3	5

- E.1.** Variante A, que se aplica a materiales que pasan la malla N°4 (4,75 mm) y se compactan en el molde de 101,6 mm de diámetro interior.
- E.2.** Variante B, que se aplica a materiales que pasan la malla N°4 (4,75 mm) y se compactan en el molde de 152,4 mm de diámetro interior.
- E.3.** Variante C, que se aplica a materiales que pasan la malla ¾ in (19 mm) y se compactan en el molde de 101,6 mm de diámetro interior.
- E.4.** Variante D, que se aplica a materiales que pasan la malla ¾ in (19 mm) y se compactan en molde 152,4 mm de diámetro interior.

TABLA 3.- Características de las variantes de las pruebas de compactación

Variantes	A	B	C	D
Tamaño máximo del material, mm	4,75 (N°4)		19,0 (¾ in)	
Tamaño de la muestra de prueba, kg	4	7,5	4	7,5
Diámetro interior del molde, mm	101,6 ± 0,4	152,4 ± 0,7	101,6 ± 0,4	152,4 ± 0,7
Número de golpes por capa	25	56	25	56

La variante por usarse se indicará en la especificación para el material que está siendo probado. Si ninguna variante está especificada se utilizará la variante A.

F. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La preparación de la muestra de materiales para terracerías, obtenida según se establece en el Manual M-MMP-1-01, *Muestreo de Materiales para Terracerías*, se hace de la siguiente manera:

- F.1.** De acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-1-03, *Secado, Disgregado y Cuarteo de Muestras*, se separa por cuarteos una porción representativa de aproximadamente 4 kg para las variantes A y C, y de aproximadamente 7,5 kg, para las variantes B y D.

F.2. Se efectúa el cribado en forma manual; en el caso de las variantes A y B, el material se criba a través de la malla N°4 (4,75 mm), mientras que para las variantes C y D el material se criba a través de la malla de 19 mm (¾ in); en ambos casos se registra la masa del material que pasa la malla, (W_P), y la masa del material retenido en la malla, (W_R), respectivamente en g.

F.3. Se determinan los porcentajes del material que pasa la malla, (P_P), y del material retenido en la malla, (P_R), de la siguiente manera:

F.3.1. Se determina el contenido de agua del material que pasa la malla, (ω_P), de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·1·04, *Contenido de Agua* y se obtiene la masa seca del material que pasa la malla, (W_{SP}), con la siguiente expresión:

$$W_{SP} = \frac{W_P}{1 + \frac{\omega_P}{100}}$$

Donde:

W_{SP} = Masa seca del material que pasa la malla, (g)

W_P = Masa del material que pasa la malla, (g)

ω_P = Contenido de agua del material que pasa la malla, (%)

F.3.2. Se determina el contenido de agua del material retenido en la malla, (ω_R), de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·1·04, *Contenido de Agua* y se obtiene la masa seca del material retenido en la malla, (W_{SR}), con la siguiente expresión:

$$W_{SR} = \frac{W_R}{1 + \frac{\omega_R}{100}}$$

Donde:

W_{SR} = Masa seca del material retenido en la malla, (g)

W_R = Masa del material retenido en la malla, (g)

ω_R = Contenido de agua del material retenido en la malla, (%)

F.3.3. Se obtiene el porcentaje del material retenido en la malla, (P_R), con la siguiente expresión:

$$P_R = \frac{W_{SR}}{W_{SR} + W_{SP}}$$

Donde:

P_R = Porcentaje del material retenido en la malla, (%)

W_{SR} = Masa seca del material retenido en la malla, (g)

W_{SP} = Masa seca del material que pasa la malla, (g)

F.3.4. Se obtiene el porcentaje del material que pasa la malla, (P_P), con la siguiente expresión:

$$P_P = 100 - P_R$$

Donde:

P_P = Porcentaje del material que pasa la malla, (%)

P_R = Porcentaje del material retenido en la malla, (%)

- F.4.** Si el porcentaje del material retenido en la malla, (P_R), es mayor de 5% y menor de 40% para las variantes A y B, o mayor de 5% y menor de 30% para las variantes C y D, se realizará la corrección a la masa volumétrica seca máxima y al contenido óptimo de agua de la muestra de prueba de acuerdo con lo indicado en la Cláusula I. de este Manual. Aquellos materiales con porcentaje de material retenido en la malla, (P_R), mayor al 40% para las variantes A y B o mayor al 30% para las variantes C y D, quedan fuera del alcance del procedimiento de prueba contenido en este Manual.
- F.5.** Se coloca el material que pasa la malla respectiva a cada variante en una charola y se homogeneiza perfectamente.
- F.6.** Se prepararán muestras de prueba diferentes para cada determinación, según el tipo de material.

G. PROCEDIMIENTO DE LAS PRUEBAS

- G.1.** A la muestra de prueba preparada en la Fracción F.6. de este Manual, se le agrega la cantidad de agua necesaria para que una vez homogeneizada, tenga un contenido de agua inferior en 4 a 8 % respecto al óptimo estimado.
- G.2.** En el caso de que se hayan formado grumos durante la incorporación del agua, se mezcla el material hasta disgregarlo totalmente. Se mezcla cuidadosamente la muestra de prueba para homogeneizarla y se divide en tres fracciones aproximadamente iguales, en el caso de la prueba estándar y en cinco fracciones para la prueba modificada.
- G.3.** Se coloca una de las fracciones de material en el molde de prueba seleccionado de acuerdo con la variante de que se trate, con su respectiva extensión, el cual se apoya sobre el bloque de concreto para compactar el material con el pisón que corresponda; para el caso de las variantes A y C, aplicando los primeros 4 golpes como indica el patrón de golpeo mostrado en la Figura 2 (a) y siguiendo el patrón de golpeo de la Figura 2 (b) hasta completar los 25 golpes requeridos para estas variantes; en el caso de las variantes B y D, el material se compacta aplicando los primeros 9 golpes como indica el patrón de golpeo mostrado en la Figura 3a y siguiendo el patrón de golpeo de la Figura 3b hasta completar los 56 golpes requeridos para estas variantes. Para el caso de la prueba estándar se utiliza el pisón de 2,5 kg, con una altura de caída libre de 30,5 cm y para el caso de la prueba modificada, la masa del pisón y la caída libre serán de 4,54 kg y 45,7 cm, respectivamente. Se escarifica ligeramente la superficie de la capa compactada y se repite el procedimiento descrito para las capas subsecuentes. Es indispensable que la base de la masa del pisón se limpie las veces necesarias para que el material que se adhiere por el choque con el material no afecte la prueba alterando la masa del pisón durante la compactación.

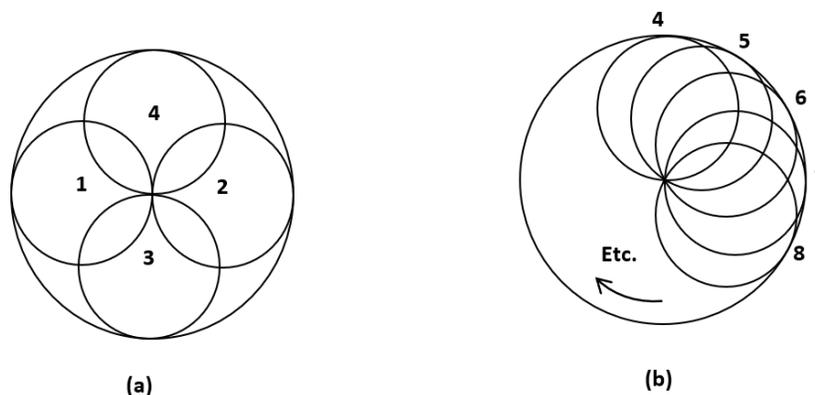


FIGURA 2.- Patrón de compactación para las variantes A y C

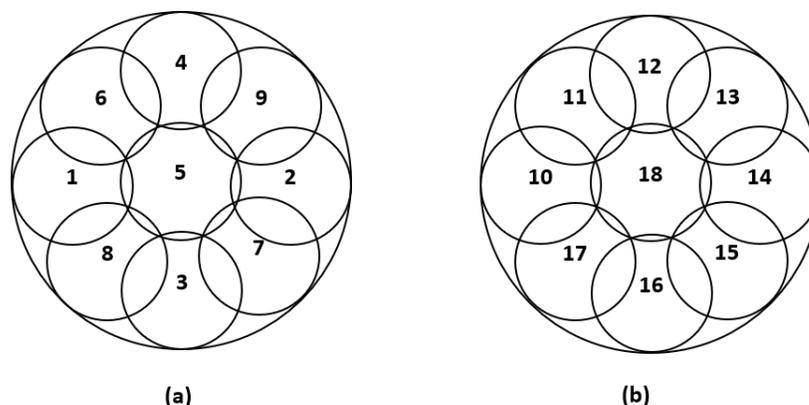


FIGURA 3.- Patrón de compactación para las variantes B y D

- G.4.** Terminada la compactación de todas las capas, se retira la extensión del molde y se verifica que el material no sobresalga del cilindro en un espesor promedio de 10 mm como máximo; de lo contrario la prueba se repetirá utilizando de preferencia una nueva muestra de prueba con masa ligeramente menor que la inicial. En el caso de que no exceda dicho espesor, se enrasa cuidadosamente el espécimen con la regla metálica.
- G.5.** A continuación, se determina la masa del cilindro con el material de prueba y se registra como W_i , en g, anotándola en una hoja de registro, como la mostrada en la Figura 4 de este Manual.
- G.6.** Se saca el espécimen del cilindro, se corta longitudinalmente y de su parte central se obtiene una porción representativa para determinar su contenido de agua ω , de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·1-04, *Contenido de Agua*; se registran los datos correspondientes a esta determinación en la misma hoja de registro como la mostrada en la Figura 4 de este Manual.
- G.7.** Se incorpora material nuevo y se agrega aproximadamente 2% de agua con respecto a la masa inicial de la muestra de prueba y se repiten los pasos descritos en las Fracciones G.2. a G.6. de este Manual.
- G.8.** Con la misma muestra de prueba se repite lo indicado en la Fracción G.7. de este Manual, incrementando sucesivamente su contenido de agua, hasta que dicho contenido sea tal que el último espécimen elaborado presente una disminución apreciable en su masa con respecto al anterior. Para definir convenientemente la variación de la masa volumétrica de los especímenes elaborados respecto a sus contenidos de agua, se requiere compactar cuatro o cinco especímenes, de tal manera que en la segunda determinación la masa del cilindro con el espécimen húmedo, sea mayor que en la primera y que en la penúltima determinación sea mayor que en la última.

H. CÁLCULOS Y RESULTADOS

- H.1.** En la hoja de registro como la mostrada en la Figura 4 de este Manual, se anota la masa volumétrica del material húmedo de cada espécimen; para calcularla se emplea la siguiente expresión:

$$\gamma_m = \frac{W_i - W_t}{V} \times 1000$$

Donde:

- γ_m = Masa volumétrica del material húmedo, (kg/m³)
 W_i = Masa del cilindro con el material húmedo compactado, (g)
 W_t = Masa del cilindro, (g)
 V = Volumen del cilindro, (cm³)

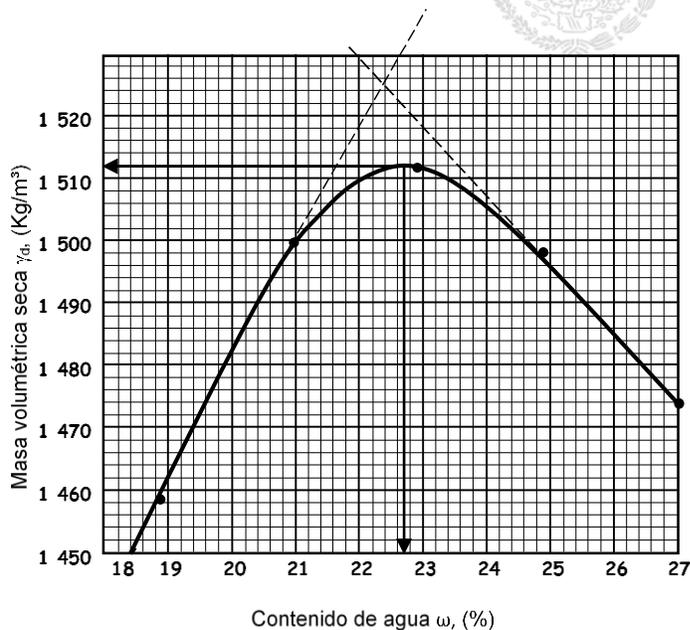
PRUEBA DE COMPACTACION DINAMICA

OBRA: Autopista: Querétaro - Irapuato	FECHA: 17 de Agosto de 2022.
LOCALIZACIÓN: Km 64+183	PRUEBA: 22-125
TRAMO:	OPERADOR: Ernesto Hernández
SUBTRAMO:	CALCULÓ: Gabina Marcial
ORIGEN:	
SONDEO No.: PCA-7	
MUESTRA No.: 5	
DESCRIPCIÓN: Arena arcillosa	

METODO: **Estándar** MOLDE: **R** MASA EN g: **2 750**
 VARIANTE: **D** No. DE CAPAS: **3** No. DE GOLPES POR CAPA: **56** Material que pasa la malla (P₇₅): **97 %** Material retenido (P₇₅): **3 %**

Especimen número		1	2	3	4	5
Contenido de agua	Cápsula número	2	6	3	9	1
	Masa cápsula + Suelo húmedo, (g)	193,8	204,2	198,1	172,4	187,9
	Masa cápsula + Suelo seco, (g)	169,0	177,0	171,0	143,8	156,8
	Masa del agua, (g)	24,8	27,2	27,1	28,6	31,1
	Masa cápsula, (g)	38,0	47,2	52,3	28,9	41,5
	Masa suelo seco W _s , (g)	131,0	129,8	118,7	114,9	115,3
Contenido de agua ω, (%)		18,9	21,0	22,9	24,9	27,0
Masa volumétrica	Masa del molde + Suelo húmedo W _t , (g)	6 449	6 619	6 711	6 741	6 743
	Masa del molde W _t , (g)	2 750	2 750	2 750	2 750	2 750
	Masa suelo húmedo W _m , (g)	3 699	3 869	3 961	3 991	3 993
	Volumen del molde V, (cm ³)	2 133	2 133	2 133	2 133	2 133
	Masa volumétrica húmeda γ _m , (kg/m ³)	1 734	1 814	1 857	1 871	1 872
	Masa volumétrica seca γ _d , (kg/m ³)	1 458	1 499	1 511	1 498	1 474

$$\text{Masa volumétrica seca} = \frac{\text{Masa volumétrica húmeda}}{100 + \text{contenido de agua} (\%)} \times 100$$



OBSERVACIONES: **Masa Volumétrica Seca Máxima γ_{dmáx} = 1 512 kg/m³**
Contenido de Agua Óptimo ω_o = 22,7%

Masa Volumétrica Seca Máxima Corregida γ'_{dmáx} = n/a
Contenido de Agua Óptimo Corregido ω'_o = n/a

FIGURA 4.- Hoja de registro y curva de compactación para prueba dinámica

- H.2.** Se calcula y se registra en la hoja de registro como la mostrada en la Figura 4, la masa volumétrica seca de cada espécimen, empleando la siguiente expresión:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

Donde:

- γ_d = Masa volumétrica seca del espécimen, (kg/m³)
 γ_m = Masa volumétrica del material húmedo, (kg/m³)
 ω = Contenido de agua del espécimen, (%)

- H.3.** En una gráfica como la incluida en la hoja de registro que se muestra en la Figura 4 de este Manual, en la que en el eje de las ordenadas se indican las masas volumétricas secas γ_d y en el de las abscisas los contenidos de agua ω , se dibujan los puntos correspondientes a cada espécimen, los que se unen con una línea continua de forma aproximadamente parabólica denominada *curva de compactación*, la que determina la variación de la masa volumétrica seca del material para diferentes contenidos de agua y una misma energía de compactación, como la que se ilustra en la misma Figura. También, en lugar de la línea continua de forma parabólica, se puede trazar una línea de tendencia polinomial a los puntos correspondientes a cada espécimen.
- H.4.** Una vez trazada la curva de compactación, se determina y reporta la masa volumétrica máxima seca del material, $\gamma_{dm\acute{a}x}$, en kg/m³ y su contenido de agua óptimo, ω_o , en %, que se obtienen en forma gráfica de la curva de compactación (la ordenada en el punto más alto de dicha curva representa la masa volumétrica seca máxima $\gamma_{dm\acute{a}x}$ y la abscisa de ese punto, el contenido de agua óptimo, ω_o). En caso que el porcentaje del material retenido en la malla, (P_R), represente más del 5%, se realiza una corrección a los valores de masa volumétrica máxima, $\gamma_{dm\acute{a}x}$, y contenido de agua óptimo, ω_o , del material, como se indica en la Cláusula I. de este Manual.
- H.5.** En caso necesario, se determina la *curva de saturación teórica* del material, para lo cual se calculan los contenidos de agua para las masas volumétricas secas, γ_d , con los que el material compactado quedaría saturado, γ_{dsat} . Este cálculo se realiza para 4 masas volumétricas secas diferentes, utilizando la siguiente expresión:

$$\omega_{sat} = \left(\frac{\gamma_o}{\gamma_d} + \frac{1}{d_s} \right) \times 100$$

Donde:

- ω_{sat} = Contenido de agua para el cual el material, en las condiciones de compactación, estaría saturado, (%)
 γ_d = Masa volumétrica seca del material compactado, (kg/m³)
 d_s = Densidad relativa de sólidos del material, determinada según corresponda al tamaño de sus partículas, como se indica en el Manual M·MMP·1·05, *Densidades Relativas y Absorción*
 γ_o = Masa volumétrica del agua destilada a 4°C, (kg/m³), considerada en la práctica como 1 000 kg/m³

- H.6.** En la misma gráfica que contiene la curva de compactación, se dibujan y unen con una línea continua, los puntos correspondientes a las masas volumétricas secas del material y los contenidos de agua para los cuales estaría teóricamente saturado, calculados como se indica en la Fracción anterior, obteniéndose la curva de saturación teórica; se verifica que la curva de compactación no corte la curva de saturación teórica. En la Figura 5 de este Manual, se muestran las curvas de 100 % de saturación teórica típicas correspondientes a materiales cuyas

densidades relativas varían de 2,4 a 2,8. Es usual trazar también las curvas correspondientes a grados de saturación teórica de 90 y 95 %, las que si pueden ser cortadas por la curva de compactación. Para simplificar los cálculos que definen la curva de 100% de saturación teórica, dependiendo de la densidad de sólidos del material, los datos pueden tomarse de la Figura 5.

H.7. Todos los cálculos correspondientes a la curva de compactación a que se refiere esta Cláusula, se reportan en el formato mostrado en la Figura 4 de este Manual.

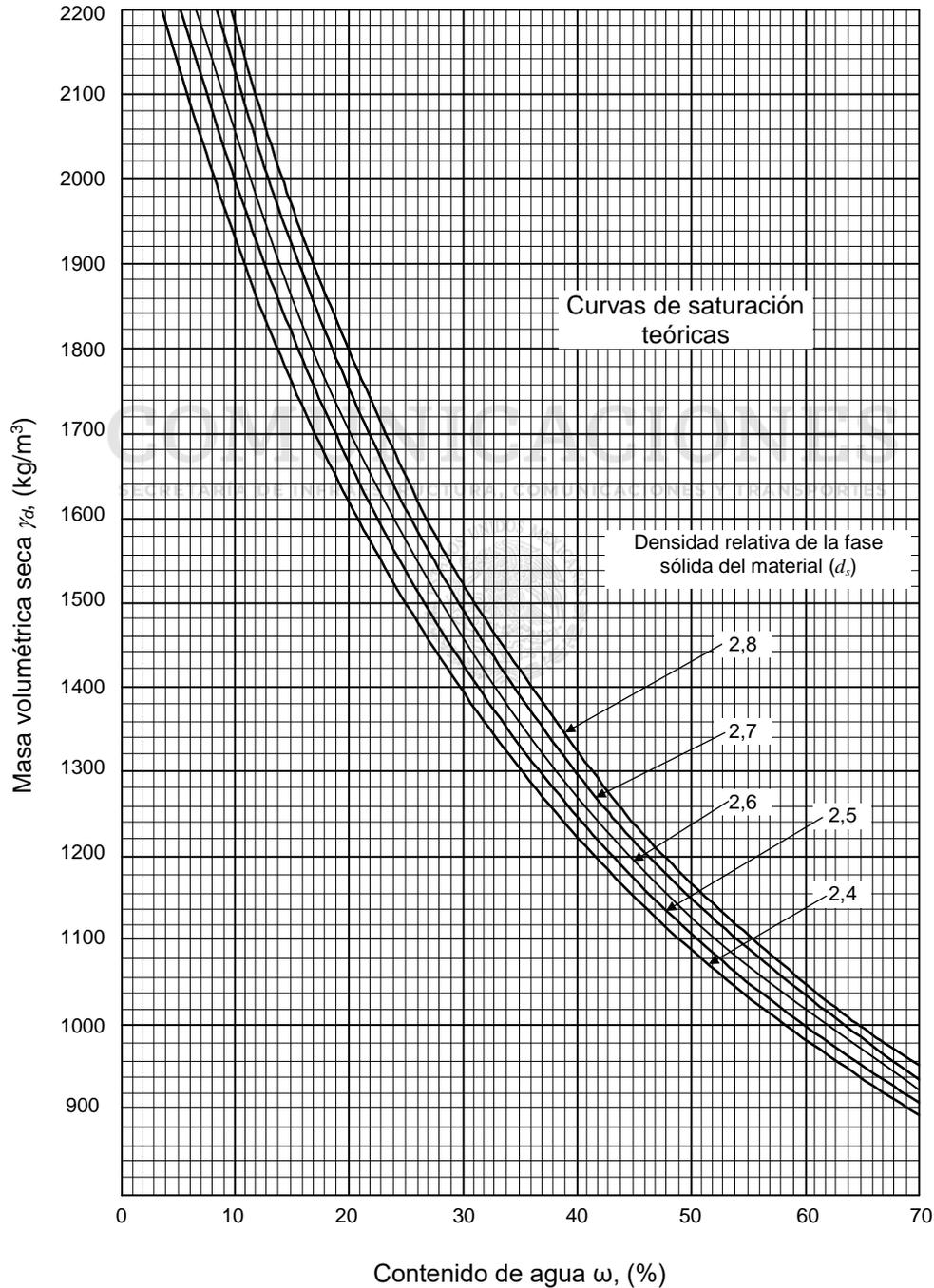


FIGURA 5.- Curvas típicas de saturación teórica

I. CORRECCIÓN DE LA MASA VOLUMÉTRICA SECA MÁXIMA Y EL CONTENIDO DE AGUA

Este procedimiento de corrección se realiza cuando en la malla N°4 (4,75 mm) o en la malla ¾ in (19 mm), según corresponda, se retiene más del 5% de la masa del material total.

Este procedimiento es aplicable a materiales para terracería en los que hasta el 40% del material se retiene en la malla N°4 (4,75 mm). El procedimiento también se considera válido para materiales que tienen hasta un 30% de partículas retenidas en la malla ¾ in (19 mm). La corrección de la masa volumétrica seca máxima se realiza de la siguiente manera:

- I.1.** Se determina la masa volumétrica seca máxima del material compactado en el laboratorio mediante el procedimiento descrito en la Cláusula H. de este Manual y se calcula la masa volumétrica seca máxima corregida del material compactado en el laboratorio mediante la siguiente expresión:

$$\gamma'_{d_{max}} = \frac{100}{\frac{P_P}{\gamma_{d_{max}}} + \frac{P_R}{d_d \gamma_0}}$$

Donde:

$\gamma'_{d_{max}}$ = Masa volumétrica seca máxima corregida del material compactado, (kg/m³)

P_P = Porcentaje del material que pasa la malla, determinado en la Fracción F.3. de este Manual, (%)

P_R = Porcentaje del material retenido en la malla, determinado en la Fracción F.3. de este Manual, (%).

$\gamma_{d_{max}}$ = Masa volumétrica seca máxima de la muestra de prueba determinada en la Fracción H.4. de este Manual, (kg/m³)

d_d = Densidad relativa del material seco de la fracción del material retenido en la malla, (adimensional), determinada como se indica en el Manual M·MMP·1·05, *Densidades Relativas y Absorción*.

γ_0 = Masa volumétrica del agua destilada a 4°C, (kg/m³), considerada en la práctica como 1 000 kg/m³

- I.2.** La corrección del contenido de agua óptimo se realiza mediante la siguiente expresión:

$$\omega'_o = \frac{\omega_o P_P + \omega_R P_R}{100}$$

Donde:

ω'_o = Contenido de agua óptimo corregido, (%)

ω_o = Contenido de agua óptimo de la muestra de prueba, determinado en la Fracción H.4. de este Manual, (%)

P_P = Porcentaje del material que pasa la malla, (%)

ω_R = Contenido de agua del material retenido en la malla, (%)

P_R = Porcentaje del material retenido en la malla, (%).

J. PRECAUCIONES

Para evitar errores durante la ejecución de las pruebas, se observarán las siguientes precauciones:

- J.1. Que las pruebas se realicen en un lugar cerrado, con ventilación indirecta, limpio y libre de corrientes de aire y de partículas que provoquen la contaminación de las muestras de material.
- J.2. Que la muestra utilizada para la prueba de compactación, se seque solamente lo necesario para poder disgregarla.
- J.3. Que durante la compactación, los golpes del pisón se apliquen de acuerdo con los patrones de golpeo indicados en la Fracción G.3. de este Manual, manteniendo la guía en posición vertical, cuidando que la caída del pisón sea libre y que la superficie del mismo se mantenga limpia.
- J.4. Que la curva de compactación se obtenga siempre con contenidos de agua crecientes y no secando la muestra durante la ejecución de la prueba.
- J.5. Que el contenido de agua del primer espécimen sea inferior al óptimo y que cada una de las ramas de la curva mencionada se defina como mínimo con dos puntos.

K. BIBLIOGRAFÍA

American Society for Testing and Materials (ASTM), *D698 – 12 (Reapproved 2021) Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft – lbf/ft³ (600 kN – m/m³))*, EUA 2021.

American Society for Testing and Materials (ASTM), *D1557 – 12 (Reapproved 2021) Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft – lbf/ft³ (2,700 kN – m/m³))*, EUA 2021.

American Society for Testing and Materials (ASTM), *D4718/D4718M – 15 Standard Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Over Particles*, EUA 2015.

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



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431

"El Colorado-Galindo", San Fandila,

Pedro Escobedo, 76703, Querétaro

<https://normas.imt.mx>

normas@imt.mx