

**LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES**

**PARTE: 1. SUELOS Y MATERIALES PARA TERRACERÍAS**

**TÍTULO: 10. Grado de Compactación**

**A. CONTENIDO**

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar el grado de compactación 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*, N·CMT·1·03, *Materiales para Subrasante* y N·CMT·1·04, *Materiales Tratados con Cal para Terracerías*.

**B. OBJETIVO**

Determinar el grado de compactación de un material de terracería en su estado natural o compactado en la obra, es decir, la relación porcentual de su masa volumétrica seca natural o compactada respecto a su masa volumétrica seca máxima determinada en el laboratorio.

**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
Materiales Tratados con Cal para Terracerías .....	N·CMT·1·04
Criterios Estadísticos de Muestreo .....	M·CAL·1·02
Muestreo de Materiales para Terracerías .....	M·MMP·1·01
Masas Volumétricas y Coeficientes de Variación Volumétrica .....	M·MMP·1·08
Compactación AASHTO .....	M·MMP·1·09
Muestreo de Materiales Tratados con Cal .....	M·MMP·4·02·012

**D. EQUIPO Y MATERIALES**

El equipo y los materiales para determinar el grado de compactación son los necesarios para obtener en el lugar la masa volumétrica seca del material en su estado natural o compactado, así como su masa volumétrica seca máxima en el laboratorio, según se indica en los Manuales M·MMP·1·08, *Masas Volumétricas y Coeficientes de Variación Volumétrica* y M·MMP·1·09, *Compactación AASHTO*, respectivamente y estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes.

**E. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL GRADO DE COMPACTACIÓN**

**E.1. OBTENCIÓN DE LA MASA VOLUMÉTRICA SECA MÁXIMA EN EL LABORATORIO**

Se determina la masa volumétrica seca máxima del material ( $\gamma_d máx$ ), mediante la prueba AASHTO Estándar de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·1·09, *Compactación AASHTO*, en muestras tomadas conforme a los Manuales M·MMP·1·01, *Muestreo de Materiales para Terracerías* y M·MMP·4·02·012, *Muestreo de Materiales Tratados con Cal*, según sea el caso.

## E.2. OBTENCIÓN DE LA MASA VOLUMÉTRICA SECA EN EL LUGAR

- E.2.1.** Se selecciona el sitio para la determinación de la masa volumétrica seca del material en estado natural o compactado ( $\gamma_d$ ), conforme a lo establecido en el Manual M-CAL-1-02, *Criterios Estadísticos de Muestreo*.
- E.2.2.** Se obtiene la masa volumétrica seca en estado natural o estado compactado ( $\gamma_d$ ), mediante alguno de los siguientes procedimientos considerando lo siguiente:
- E.2.2.1.** Método de trompa y arena al que se refiere la Cláusula J. del Manual M-MMP-1-08, *Masas Volumétricas y Coeficientes de Variación Volumétrica*, aplicable a materiales compactables en estado natural o estado compactado, que contengan partículas de mayor tamaño que la malla con abertura de 19 mm ( $\frac{3}{4}$  in) o incluso fragmentos de roca. En los casos en que haya partículas que por su tamaño tengan que ser devueltas a la cala, como se indica en el Párrafo E.2.2.3. de este Manual, es más práctico utilizar este método, ya que ello no implica remover el aparato instalado como ocurriría con el método de cono y arena.
  - E.2.2.2.** Método de cono y arena al que se refiere la Cláusula K. del Manual M-MMP-1-08, *Masas Volumétricas y Coeficientes de Variación Volumétrica*, aplicable a materiales en estado natural o estado compactado, que no contengan fragmentos de roca.
  - E.2.2.3.** Para obtener la masa volumétrica seca en estado natural o estado compactado ( $\gamma_d$ ), cuando el material contenga partículas mayores que el tamaño máximo con que se realiza la prueba AASHTO Estándar en el laboratorio, una vez extraído el material de la cala ejecutada con tal propósito, dichas partículas se separan mediante cribado y se devuelven a la cala después de iniciarse el vaciado de la arena, de manera que no se considere el peso y el volumen de ellas, ni se tomen en cuenta para la determinación del contenido de agua. Esas partículas se colocan cuidadosamente en la excavación, interrumpiendo el vaciado de la arena, de tal manera que al depositarlas no se altere el acomodo de ésta; la arena se vacía de modo que cubra a cada una de las partículas individualmente en tal forma que, al completarse el vaciado de la arena, ésta las envuelva totalmente sin dejar huecos.

## E.3. CÁLCULO DEL GRADO DE COMPACTACIÓN

Una vez obtenidas las masas volumétricas secas máximas en el laboratorio ( $\gamma_{d \text{ máx}}$ ) y natural o compactada ( $\gamma_d$ ), se calcula y reporta el grado de compactación del material, como se indica a continuación:

$$G_c = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d \text{ máx}}} \times 100$$

Donde:

$G_c$  = Grado de compactación, (%)

$\gamma_d$  = Masa volumétrica seca del material en estado natural o estado compactado, (kg/m<sup>3</sup>)

$\gamma_{d \text{ máx}}$  = Masa volumétrica seca máxima del material determinada mediante la prueba AASHTO estándar, (kg/m<sup>3</sup>)

## F. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

Para evitar errores en la determinación del grado de compactación, es indispensable que la obtención de las masas volumétricas en el lugar se realice considerando las precauciones que se indican en las Fracciones J.5. y K.5. del Manual M-MMP-1-08, *Masas Volumétricas y Coeficientes de Variación Volumétrica*. Además, se tomará en cuenta lo siguiente:

- F.1.** Durante la ejecución de las pruebas en el lugar, las pérdidas del contenido de agua son determinantes en los resultados y valoración del grado de compactación.
- F.2.** Durante la determinación de las masas volumétricas en el lugar, se cuidará que la prueba se realice de manera continua, sin pausas o tiempos excesivos, evitando al máximo las pérdidas por evaporación del contenido de agua del material analizado.
- F.3.** Durante el proceso constructivo, la determinación del grado de compactación se realizará una vez terminado el ciclo de compactación con los equipos de construcción a fin de conocer dicha característica en el momento y no en un tiempo posterior, cuando las condiciones del contenido de agua se hayan modificado en la capa analizada.



# SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



## SCT

SECRETARÍA DE  
COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES

### SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

Dirección General de Servicios Técnicos

Av. Coyoacán 1895

Col. Acacias

Ciudad de México, 03240

[www.gob.mx/sct](http://www.gob.mx/sct)



### INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Blvd. Manuel Ávila Camacho 5

Toreo Parque Central, Torre A, piso 4,

Col. Lomas de Sotelo

Naucalpan

Estado de México, 53390

[www.gob.mx/imt](http://www.gob.mx/imt)

[normas@imt.mx](mailto:normas@imt.mx)