

Recomendación para determinar curvas de compactación Proctor estándar utilizando el equipo giratorio

Natalia PÉREZ^{a,1}, Paul GARNICA^b y Luis Alberto BAUTISTA^c

^aInvestigadora, IMT, México

^bEncargado de la Coordinación de Infraestructura, IMT, México

^cEstudiante de licenciatura, Instituto Tecnológico de Oaxaca, México

Resumen. En este artículo los autores muestran la determinación de curvas de compactación Proctor estándar utilizando el compactador giratorio. En el estudio se utilizaron ocho suelos. Los suelos se clasificaron como CH, MH, ML, SM y SC. En el equipo giratorio se mantuvieron constantes las variables de número de giros (200), velocidad de giro (30 giros/minuto) y ángulo de giro (1.25 grados). La presión vertical se varió hasta encontrar la curva de compactación Proctor estándar. Asimismo, la cantidad de suelo al que se agrega agua fue de 1000 g. Los resultados indicaron que los suelos tipo CH, al parecer se pueden compactar con una presión vertical de 200 kPa y los suelos tipo limo con una presión vertical entre 350 y 400 kPa.

Palabras Clave. Compactador giratorio, curvas de compactación Proctor estándar, contenido de agua óptimo, peso volumétrico seco máximo, características de compactación.

1. Introducción

El desarrollo de equipos de laboratorio para medición de propiedades mecánica ha sufrido un desarrollo rápido en los últimos años. En este sentido, el equipo para evaluar la curva de compactación ya sea Proctor estándar o modificada se ha mantenido sin cambios. Sin embargo, investigadores como Browne [1], Ping et al. [4], Camacho et al. (2007), etc. han propuesto el compactador giratorio como un método más adecuado para compactar suelos. De hecho, Browne [1] evaluó curvas de compactación de cuatro suelos obtenidas con el compactador giratorio y las comparó con las curvas de compactación obtenidas con el método tradicional de impactos (Proctor estándar y modificada). Browne [1] mostró espacios de compactación en los que graficó tanto las curvas tradicionales y las del giratorio. Cabe resaltar sin embargo que las curvas obtenidas con el equipo giratorio no coincidieron completamente con las tradicionales. En esta investigación se llevó a cabo un estudio para determinar las curvas de compactación con equipo giratorio. Los resultados se muestran en los siguientes incisos.

¹ Corresponding Author, Natalia PÉREZ, researcher at Mexican Transportation Institute, Queretaro, Mexico; E-mail: nperez@imt.mx.

2. Suelos en estudio y procedimientos de prueba

2.1. Muestreo y preparación de los suelos

En el estudio se utilizaron ocho suelos muestreados de forma alterada. Después de cribar los materiales por la malla No. 4, se secaron al aire, se cuartearon y se almacenaron para posteriormente determinar sus propiedades.

2.2. Determinación de propiedades índice y de compactación

Para determinar propiedades índice y de compactación se utilizaron procedimientos ASTM. Estos fueron: ASTM D 1140, ASTM D 854, ASTM C 136, ASTM D 4318 y ASTM D 698.

2.3. Procedimiento para determinar la curva de compactación en equipo giratorio

Para determinar la curva de compactación en equipo giratorio se procedió como sigue:

- Se pesaron seis muestras de 1000 g de suelo secado al aire.
- Se les agregó diferentes cantidades de agua, de tal manera que ésta se encontrara distribuida abajo y por encima del contenido de agua óptimo. El óptimo ya se conocía puesto que ya se habían determinado las curvas de compactación con el procedimiento tradicional (Proctor estándar).
- Se almacenaron las muestras por un periodo de 12 a 16 horas.
- Después del periodo de almacenamiento, se colocó la muestra en el molde del compactador giratorio (molde de 10 cm de diámetro) en una capa.
- Se colocó la tapa del compactador giratorio.
- Se programaron las variables de compactación: Las variables constantes fueron: ángulo de giro de 1.25 grados, velocidad de 30 giros/minuto, 200 giros y un valor de presión vertical generalmente iniciando con 200 kPa.
- Se compactó la muestra con las variables programadas.
- Después de la compactación, se extrajo la muestra, se tomaron tres alturas, tres diámetros y su peso.
- Se disgregó para determinar el contenido de agua.
- Se compactaron las muestras restantes con las mismas variables.
- Con los datos obtenidos se calculó el contenido de agua y el peso volumétrico seco.
- La curva de compactación obtenida y la obtenida con el método tradicional se dibujaron en una misma gráfica. Si las curvas no coincidían, se incrementaba la presión vertical y se llevaba a cabo nuevamente la compactación. Esto se repetía el número de veces que fuera necesario hasta que ambas curvas coincidieran.

3. Resultados y análisis

3.1. Propiedades índice

Las propiedades índice y la clasificación de los suelos de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades de los suelos en estudio.

Suelo	Límites de consistencia		Pasa malla 200 (%)	G _s	Clas. SUCS
	LL (%)	IP (%)			
Banco Misha	44	33	87.0	2.74	ML
Suelo de Guadalajara	64	34	63.7	2.40	MH
La Galera	59	33	89.6	2.68	MH
Arcilla IMT	66	25	86.0	2.61	CH
Arcilla La Venta	91	59	96.0	2.53	CH
Arcilla Lago La Venta	69	24	87.0	2.56	CH
Suelo de Los Cues	NP	NP	37.0	2.52	SM
Suelo de Veracruz	23	15	31.0	2.85	SC

3.2. Ejemplo de evaluación de curva de compactación en equipo giratorio

Como se mencionó anteriormente, tres de las variables de compactación en el equipo giratorio se mantuvieron constantes y se fue variando la presión vertical hasta encontrar la curva de compactación que igualara la curva Proctor estándar. La Figura 1 muestra el ejemplo de uno de los suelos estudiados.

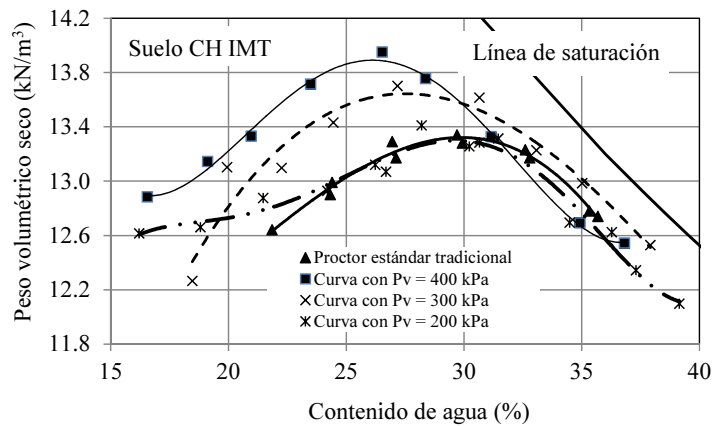


Figura 1. Curvas de compactación para el suelo CH IMT.

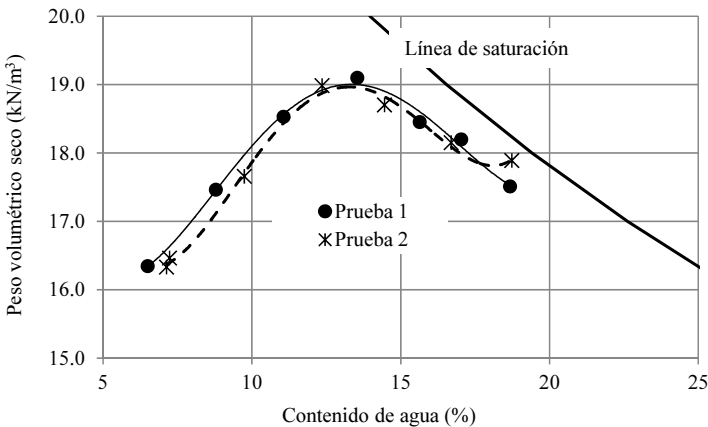


Figura 2. Repetitividad de resultados.

3.3. Repetitividad de las curvas obtenidas en el compactador giratorio

Una de los aspectos más importantes en la evaluación de cualquier propiedad de los suelos es la repetitividad de los resultados. Para evaluarla, la curva de compactación con equipo giratorio se determinó por dos veces. La Figura 2 es un ejemplo de dos curvas obtenidas con la misma presión vertical.

3.4. Curvas de compactación Proctor estándar y las del compactador giratorio

En las Figuras 3 a 9 se muestran las curvas de compactación Proctor estándar con método tradicional y las del compactador giratorio.

Las curvas de compactación con equipo giratorio se obtuvieron con las variables resumidas en la Tabla 2.

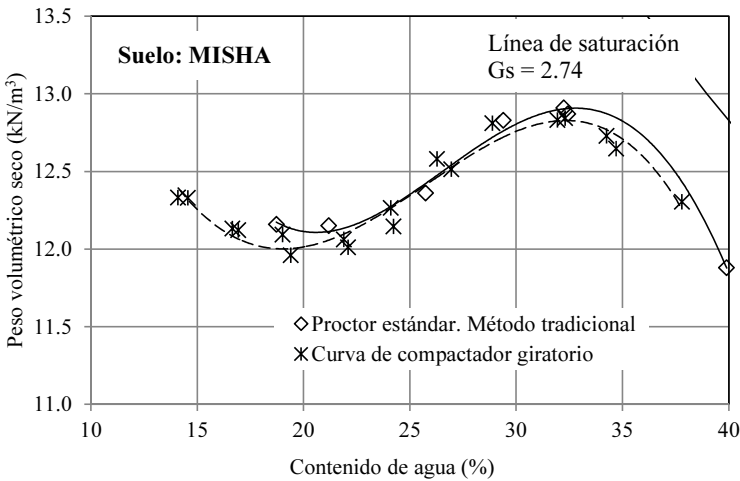


Figura 3. Curvas de compactación del suelo de MISHA.

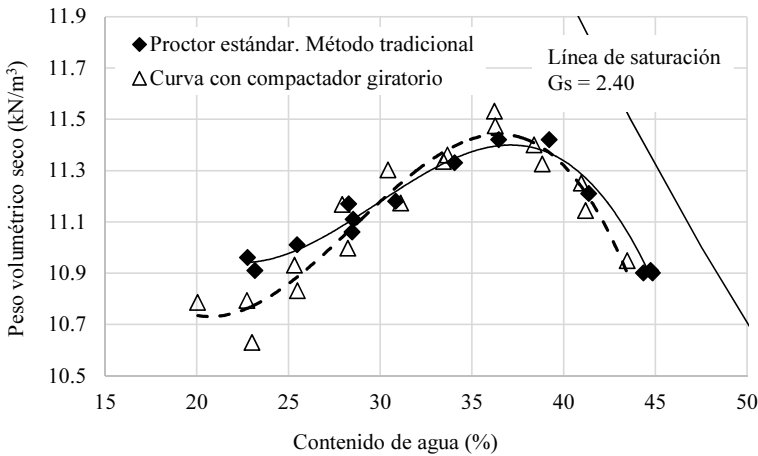


Figura 4. Curvas de compactación del suelo del suelo de Guadalajara.

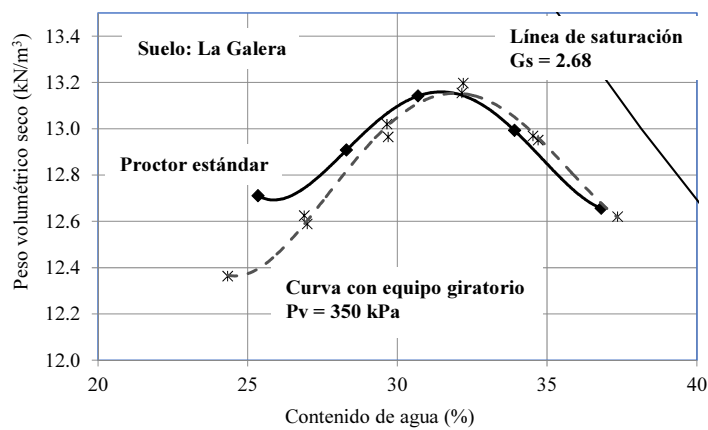


Figura 5. Curvas de compactación del suelo del suelo La Galera.

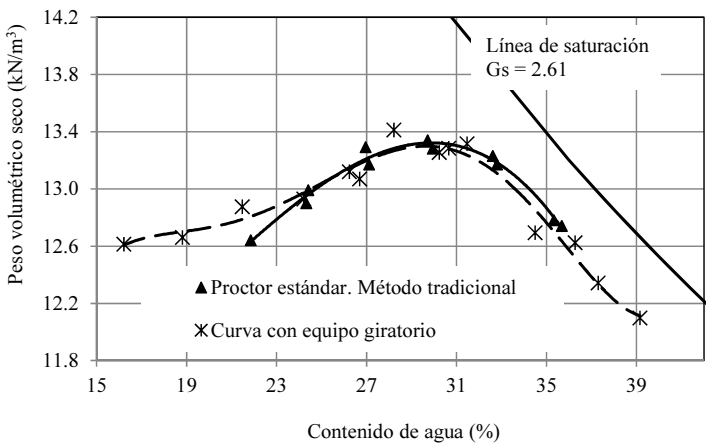


Figura 6. Curvas de compactación del suelo de la arcilla IMT.

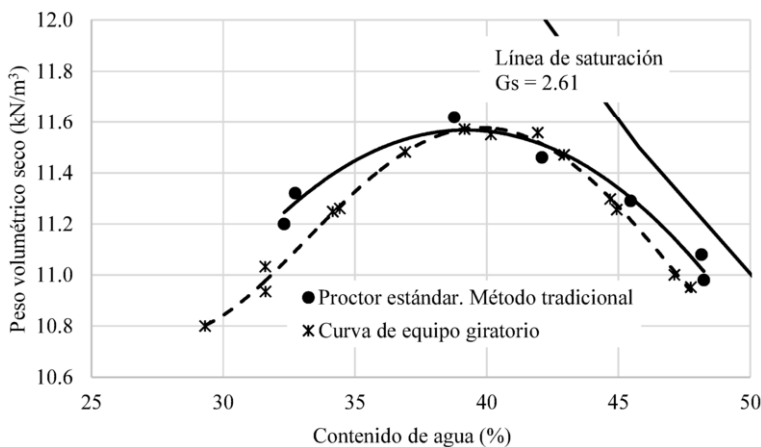


Figura 7. Curvas de compactación del suelo de la arcilla La Venta.

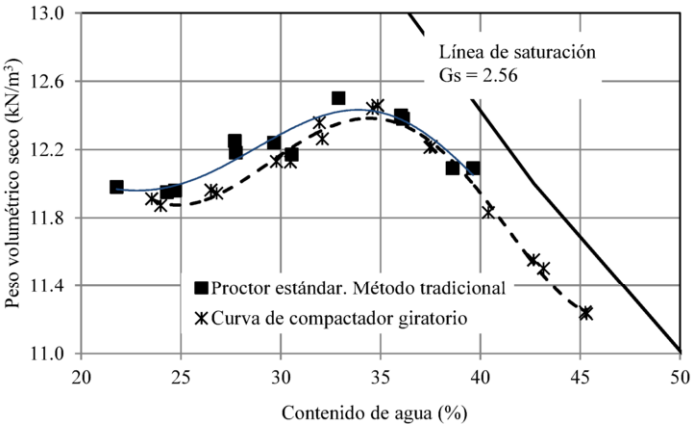


Figura 8. Curvas de compactación del suelo de la arcilla Lago La Venta.

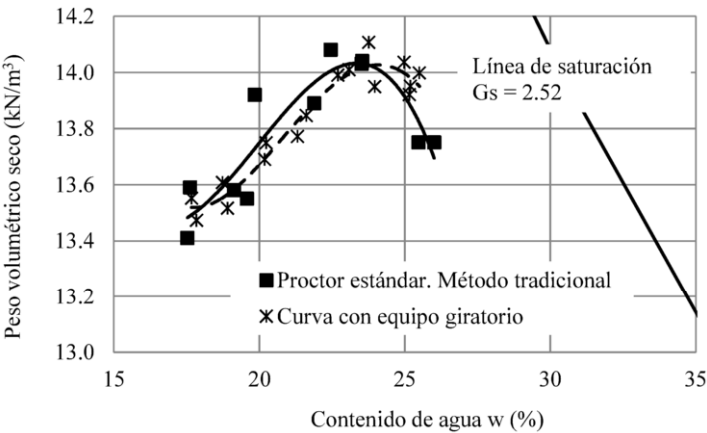


Figura 9. Curvas de compactación del suelo de Los Cues.

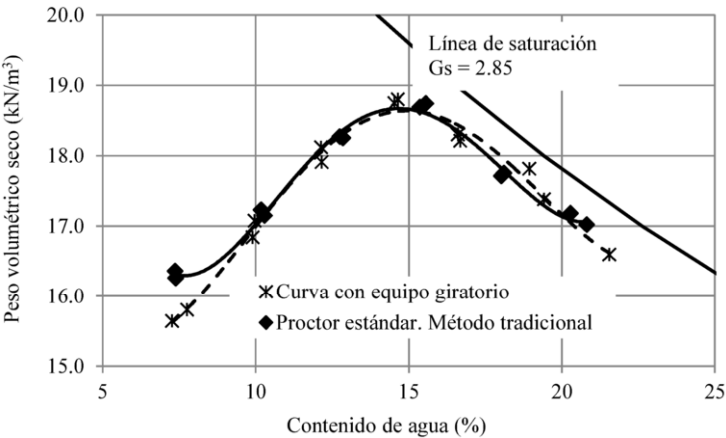


Figura 10. Curvas de compactación del suelo de Veracruz.

Tabla 2. Variables controladas para obtener las curvas de compactación.

Suelo	Presión vertical (kPa)	Ángulo de giro (grados)	Velocidad (giros/minuto)	No. giros	Cantidad de suelo inicial	Clas. SUCS
Banco Misha	400	1.25	30	200	1000	ML
Suelo de Guadalajara	350	1.25	30	200	1000	MH
La Galera	350	1.25	30	200	1000	MH
Arcilla IMT	200	1.25	30	200	1000	CH
Arcilla La Venta	200	1.25	30	200	1000	CH
Arcilla Lago La Venta	250	1.25	30	200	1000	CH
Suelo de Los Cues	550	1.25	30	200	1000	SM
Suelo de Veracruz	200	1.25	30	200	1000	SC

Los resultados preliminares de esta investigación indican que la curva de compactación Proctor estándar de los suelos tipo limo se podría obtener con una presión vertical de entre 350 y 400 kPa, y los suelos CH se podrían compactar con 200 kPa. Cabe señalar que para llegar a un protocolo definitivo se tendrán que obtener más curvas de compactación.

4. Conclusiones

En este artículo se mostró un procedimiento para obtener la curva de compactación Proctor estándar con equipo giratorio. Se muestran las curvas de compactación Proctor estándar con método tradicional y las obtenidas con equipo giratorio. Los resultados indican que al menos para limos (y manteniendo las otras variables como se indica), la curva Proctor estándar se puede obtener con una presión vertical entre 350 y 400 kPa; la curva de los suelos tipo CH, al parecer se puede obtener con una presión vertical de 200 kPa. En un futuro se propondrá un protocolo para obtener la curva de compactación Proctor estándar basado en una base de datos de curvas de compactación más robusta.

Referencias

- [1] Browne, M. J. (2006). Feasibility of using a gyratory compactor to determine compaction characteristics of soil. Tesis de maestría. Montana State University.
- [2] Camacho Tauta, J. F., O. J. Reyes Ortiz y D. F. Méndez González (2007). Ensayo de compactación giratoria como alternativa al ensayo de compactación Proctor. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* (17)2: 67-81. Bogotá.
- [3] Milberger, L., y W. Dunlap (1966). A gyratory compactor for molding large diameter triaxial specimens of granular materials. Research report 99-2 Texas Highway Department/ US Department of Commerce.
- [4] Ping, W. V., G. Xing, M. Leonard y Z. Yang (2003). Evaluation of laboratory compaction techniques for simulating field soil compaction (phase II). Report No. FL/DOT/RMC/BB-890 (F). Florida Department of Transportation.
- [5] Norma ASTM D 1140-00, Amount of Material in Soils Finer than no. 200 (75- μ m).
- [6] Norma ASTM D 4318-10, Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- [7] Norma ASTM D 698-07e1, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³)).
- [8] Norma ASTM D 854-10, Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.