

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CURSO

MECÁNICA DE SUELOS

LABORATORIO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, LOCAL ASOCIACIÓN CENTRO SOCIAL CONCEPCIÓN
“AYACUCHO”, EN LA URB. EL ALAMO – CALLAO - LIMA”

(PROCTOR ESTÁNDAR)

AUTORES:

AGUILAR ESPINOZA, YONATHAN SMITH

BENAVIDES ACUÑA, MAX LEODAN

BERRU USHIÑAHUA, JHOSVIN JOSE

ESCOBAR MALCA, HEVER

MUÑOS SIHUA, LUÍS ARTURO

JAUREGUI FLORENTINO, JHONATAN GABRIEL

ZUBIAGA SAMOCHUALPA, ISABEL

ASESOR:

ING. JORGE ESCALANTE CONTRERAS

LIMA-PERÚ

2016-II

RESUMEN

Se inicia con el cuarteo de la muestra de la cual se extrae 2kg de muestra para el proceso de tamizado por los tamices de 3/8'', 3/4'' y N° 4, con el objetivo de determinar la el método a utilizar para el ensayo de proctor estándar. Para ello, antes de empezar se halla el peso y las medidas del molde, que servirán para hallar el volumen del molde. Luego, uno vez hecho esto y determinar como método el A se procede a tamizar la muestra cuarteada por el tamiz N° 4 hasta obtener 3kg de la muestra. Posteriormente, para el primer ensayo a esta muestra se le añade de 2% a 4% de agua para para obtener la mezcla que se añadirá al molde. Luego de esto se procede a añadir y golpear las muestras con 25 golpes por capa de acuerdo al pistón especificado por la ASTM D698 para el método A.

Luego del proceso de compactado de se retira el anillo de la parte superior del molde y se enraza el exceso de muestra para luego pesar la muestra de suelo compactado junto con el molde. Después de esto se saca una muestra representativa de la muestra compactada para luego pesarla y obtener su peso húmedo, después esta muestra es llevado al horno para su secado y de esta manera obtener el peso seco de la muestra. Esto en cuanto al primer ensayo, pero para los demás ensayo los procedimientos también son los mismos. Lo único importante a considerar seria que la muestra compactada del primer ensayo es devuelto y deshilachado para seguir utilizándose además de esto también los porcentajes añadidos después del primer ensayo solo es de 2%.

Finalmente luego de obtener todos los resultados correspondientes se procede a realizar los cálculos para obtener la curva de compactación, relacionando el contenido de humedad y la densidad seca.

ÍNDICE

Resumen	2
CAPITTULO I	5
1.1.Introducción	6
1.2.Antecedentes	7
CAPITULO II	8
2.1. Generalidades	9
2.2. Objetivos	9
2.2.1. Objetivos generales	9
2.2.2. Objetivo específicos	9
2.3.Ubicación	9
2.4. Descripción	9
2.4.1. Información previa	9
2.4.1.1. Del proyecto	9
2.4.2. Datos generales	10
2.5. Exploración de campo	10
2.5.1. Trabajos de campo	10
CAPITULO III	12
3.1.Definiciones	13
3.2. Tipos de ensayo	13
3.3. Ensayo de Proctor estándar	13
CAPITULO IV	14
4.1. Desarrollo del Laboratorio	15
4.1.1. Materiales Empleados	15
4.2. Procedimiento	16
4.2.1. De la muestra	16
4.2.2. Del molde	17
4.2.2.1. Procedimiento A	17
4.2.2.2. Procedimiento B	18
4.2.2.3. Procedimiento c	18
4.3. Procedimiento del ensayo	19
4.4. Importancia del ensayo de Proctor Estándar	23
CAPITULO V	25
5.1.Cálculos	26
5.1.1. Para el primer ensayo	26
5.2. Resultados y gráficos	27
CAPITULO VI	28
6.1. Conclusiones	29
6.2. Recomendaciones	29
6.3. Referencias bibliográficas	30
6.4. Anexos	31
6.4.1. Teóricos	31
6.4.2. Del laboratorio	32

CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El ensayo de proctor se realiza para determinar la humedad óptima a la cual un suelo alcanzara su máxima compacidad. La humedad es importante pues aumentando o disminuyendo su contenido en el suelo se pueden alcanzar mayores o menores densidades del mismo, la razón de esto es que el agua llena los espacios del suelo ocupados por aire (recordando que el suelo está compuesto de agua, aire y material sólido), permitiendo una mejor acomodación de las partículas, lo que a su vez aumenta su compacidad. Sin embargo, por otro lado el exceso de agua podría provocar un efecto totalmente contrario, es decir, separando sus partículas ocasionando así la disminución de su compacidad.

Es por eso que el ensayo de Proctor es muy importante en la construcción, ya que las estructuras necesitan una base donde apoyarse, un suelo mal compactado podría significar el colapso de una estructura bien diseñada, en algunos casos, como por ejemplo en caminos de poco tráfico, en zonas rurales, el suelo constituye la carpeta de rodado, por lo que la importancia de la compactación se hace evidente.

Por ello, en este trabajo se realizara un Ensayo de Proctor Estándar, según las **NORMAS ASTM D698 – 91 Y ASTM D1557 – 91.**

1.2. ANTECEDENTES

Actualmente existen muchos métodos para reproducir, al menos teóricamente, en el [laboratorio](#) unas condiciones dadas de compactación de [campo](#). Históricamente, el primer método, en el sentido de la técnica actual, es el debido a R. R. [Proctor](#), y es conocida hoy en día como "Prueba [Proctor Estándar](#)". La prueba consiste en compactar el suelo en cuestión en tres capas dentro de un molde de dimensiones y forma determinadas por medio de golpes de un pisón, que se deja caer libremente desde una altura especificada.

Con este [procedimiento](#) de compactación Proctor estudió la influencia que ejercía en el proceso el contenido inicial del agua en el suelo, encontrando que tal valor era de vital importancia en la compactación lograda. En efecto observó que a contenidos de humedad crecientes, a partir de valores bajos, se obtenían más altos pesos específicos secos y, por lo tanto, mejores compactaciones del suelo, pero que esa tendencia no se mantenía indefinidamente, sino que al pasar la humedad de un cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminuían, resultando peores compactaciones.

[Proctor](#) puso de manifiesto que, para un suelo dado y usando el [procedimiento](#) descrito, existe una humedad inicial llamada "óptima", que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este [procedimiento](#) de compactación.

CAPITULO II

2.1. GENERALIDADES

El Estudio de Suelos con fines de Prácticas se obtuvo del LOCAL ASOCIACIÓN CENTRO SOCIAL CONCEPCION “AYACUCHO”, solicitado por la unidad didáctica de Mecánica de Suelos, se ubica en la Urb. Álamo, Av. La Bertello Cdra. 12, Callao - Lima, se realizó mediante un programa de exploración y de trabajos de campo para que por medio de la auscultación directa del subsuelo con obtención de muestras se correlacione con los resultados de laboratorio determinando las características del suelo de apoyo para las estructuras proyectadas y así evaluar las soluciones más factible de cimentación.

2.2. OBJETIVOS

2.2.1. Generales

- Determinar el contenido de humedad óptima para la muestra de suelo compactada en el laboratorio.
- Determinar la máxima densidad seca de la muestra de suelo compactada en el laboratorio.

2.2.2 Específicos

- Obtener la curva de compactación de la muestra de suelo compactado en el laboratorio relacionando la densidad seca con el contenido de humedad.
- Realizar el ensayo cumpliendo el método de la AASHTO T-99 y ASTM D 698, considerando los pasos que se deben seguir y los materiales que se deben utilizar.
- Realizar adecuadamente la granulometría para seleccionar los métodos para el ensayo de proctor estándar.

2.3. UBICACIÓN

La zona de estudio se encuentra en la Av. Bertello Cdra. 12, Callao – Lima

2.4. DESCRIPCIÓN

2.4.1. INFORMACIÓN PREVIA

2.4.1.1. DEL PROYECTO

La obtención de las muestras para las practicas, fue obtenía a través de calicata, encontrándose ubicado en aéreas del LOCAL ASOCIACIÓN CENTRO SOCIAL CONCEPCION “AYACUCHO”, en la Urb. EL ALAMO, Av. Bertello, Cdra. 12, Distrito de

Callao y Provincia de Lima, Perú.

2.4.2. DATOS GENERALES

- **Uso del terreno**

En la actualidad el terreno está ocupado por 4 salones destinados a ser aulas, 2 almacenes, 2 SSHH, 1 losa deportiva y un escenario para eventos, en la parte frontal y posterior cabe recalcar que su perímetro esta circulado con un paredón y en la parte céntrica que es donde se desarrolló la práctica, tiene ocupación como losa estacionamiento.

2.5. EXPLORACIÓN DEL CAMPO

2.5.1. TRABAJOS DE CAMPO

Con la finalidad de caracterizar el terreno de fundación de la zona de estudio se realizó un programa de exploraciones de campo, las cuales citamos a continuación:

- Excavación manual a cielo abierto denominadas calicatas con obtención de muestras de los diferentes tipos de suelo, Norma ASTM D420
- Inspección e Identificación visual y manual de suelos, Norma ASTM D248.

De La Calicata

Se realizó solo una calicata y su excavación se efectuó en forma manual de 1.20 metro de ancho aproximadamente y una profundidad de 1.50 metros aproximadamente, midiendo la potencia de cada estrato y describiendo sus características para determinar su perfil estratigráfico, ubicado de forma conveniente en el área que se realiza las prácticas, localizando la siguiente profundidad (ANEXO 1):

CALICATA	PROFUNDIDAD	NIV. FREAT.
Nº	(m)	(m)
C-03	1.50	---

Los materiales que se utilizaron para la excavación de dicha calicata fueron:

- Pico y pala
- Barreta
- Wincha metálica
- Penetrómetro de bolsillo
- Bolsas plásticas
- Papel bond recortado
- Cinta de embalaje
- Saco
- Plumones

CAPITULO III

3.1.DEFINICIONES:

La compactación es un proceso de estabilización mecánica del suelo que mejora sus propiedades como son:

- ✓ Aumento de densidad
- ✓ Disminución de la relación de vacíos
- ✓ Disminución de la deformabilidad
- ✓ Disminución de permeabilidad
- ✓ Aumento de resistencia al corte

La compactación depende de varios factores como por ejemplo:

- ✓ Tipo de suelo
- ✓ Distribución granulométrica
- ✓ Forma de partículas
- ✓ Energía de compactación
- ✓ Contenido de humedad

3.2. TIPOS DE ENSAYO:

Estos ensayos son: Proctor modificado y Proctor Estándar.

3.2.1.- Ensayo Proctor Estándar.- Se coloca un suelo a un contenido de agua seleccionada en tres capas de un molde de dimensiones particulares, con cada capa compactada con 25 y 56 golpes de un pisón de 24.4 N (5.5-lbf.) que cae desde una distancia de 306 mm. (12pulg.), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente 600 kN m/m³ (12400 pie-lbf /pie³). Se determina el peso unitario seco resultante. El procedimiento se repite con un número suficiente de contenido de agua para establecer una relación del peso unitario seco y el contenido de agua del suelo. Este dato, cuando se plotea, representa una relación curvilínea conocida como curva de compactación. Los valores del óptimo contenido de agua el máximo peso unitario seco estándar se determina con la curva de compactación.

CAPITULO IV

4.1. DESARROLLO DEL LABORATORIO

4.1.1. MATERIALES EMPLEADOS:

- ✓ **Molde de 4 pulgadas y 6 pulgadas (ver anexo, F1 y F2)**
- ✓ **Pisón o martillo.-** caída libre de 12 ± 0.005 pulgadas (304.8 ± 1.3 mm) de la superficie del material. La masa del pisón será 5.5 ± 0.02 lb-m (2.5 ± 0.01 kg)
- ✓ **Extractor de muestras (opcional).-** puede ser cualquier material adaptado con el propósito de extraer la muestra compactada en el molde.
- ✓ **Balanza de precisión 0.1g**
- ✓ **Regla (opcional).-** de preferencia metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas (254 mm). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de ± 0.005 pulg (± 0.1 mm). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que $1/8$ pulg (3 mm).
- ✓ **Tamices o Mallas.-** De $3/4$ pulg (19,0 mm), $3/8$ pulg (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm).
- ✓ **Herramientas de Mezcla.-** Diversas herramientas tales como cucharas, mezclador, paleta, espátula, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.
- ✓ **Ensamblaje del Molde.-** Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad que se indican en (ver imagen 000). Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo “partido” deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección. El tipo “ahusado” debe tener un diámetro interno tipo tapa que sea uniforme y no mida más de 0.200 pulg/pie (16,7 mm/m) de la altura del molde. Cada molde tiene un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y contruidos de modo que puedan adherir



de forma segura y fácil de desmoldar. El ensamblaje collar de extensión debe tener una altura que sobrepase la parte más alta del molde por lo menos 2,0 pulg (50,8mm) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos 0,75 pulg. (19,0mm), por debajo de ésta.

- ✓ **El collar de extensión** debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana
- ✓ **Probeta de 25 ml. (capacidad opcional)**

4.2. PROCEDIMIENTO

Un suelo con un contenido de Humedad determinado es colocado en 3 capas dentro de un molde de ciertas dimensiones, cada una de las capas es compactada en 25 ó 56 golpes con un pisón de 5,5 lbf (24,4 N) desde una altura de caída de 12 pulgadas (305 mm), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente de 12 400 pie-lbf/pie³ (600 kN-m/m³). Se determina el Peso Unitario Seco resultante. El procedimiento se repite con un número suficiente de contenidos de agua para establecer una relación entre el Peso Unitario Seco y el contenido de agua del suelo. Estos datos, cuando son ploteados, representan una relación curva-lineal conocida como curva de Compactación. Los valores de Optimo Contenido de Agua y Máximo Peso Unitario Seco Modificado son determinados de la Curva de Compactación.

4.2.1. De la muestra:

La muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 35 lbm (16 kg) y para el Método C es aproximadamente 65 lbm (29 kg) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener una muestra húmeda de al menos 50 lbm (23 kg) y 100 lbm (45 kg) respectivamente.

Determinar el porcentaje de material retenido en la malla N° 4 (4,75 mm), 3/8pulg (9,5 mm) ó 3/4pulg (190 mm) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino.

Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz o tamices de las cuales la información es deseada.

4.2.2. Del molde

- Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B o C) a ser usado.
- Determinar y anotar su masa con aproximación al gramo. Ensamblar el molde, base y collar de extensión.
- Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde.
- Ajustar si es necesario.
- Chequear que el ensamblado del pisón este en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas o gastado.
- Realizar cualquier ajuste o reparación necesaria.
- Si los ajustes o reparaciones son hechos, el martillo deberá volver a ser calibrado.

4.2.2.1. Procedimiento A

- ✓ Molde.- 4 pulg. de diámetro (101,6mm)
- ✓ Material.- Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm).
- ✓ Capas.- Tres
- ✓ Golpes por capa.- 25
- ✓ Uso.- Cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm).
- ✓ Otros Usos.- Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B o C.

4.2.2.2. Procedimiento B

- ✓ Molde.- 4 pulg. (101,6 mm) de diámetro.
- ✓ Materiales.- Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8 pulg (9,5 mm).
- ✓ Capas.- Tres
- ✓ Golpes por capa.- 25
- ✓ Usos.- Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75mm) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm).

- ✓ Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

4.2.2.3. Procedimiento C

- ✓ Molde.- 6 pulg. (152,4mm) de diámetro.
- ✓ Materiales.- Se emplea el que pasa por el tamiz $\frac{3}{4}$ pulg (19,0 mm).
- ✓ Capas.- Tres
- ✓ Golpes por Capa.- 56
- ✓ Uso.- Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz $\frac{3}{8}$ pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ pulg (19,0 mm).
- ✓ El molde de 6 pulgadas (152,4 mm) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.
- ✓ Nota 2: Los resultados tienden a variar ligeramente cuando el material es ensayado con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.
- ✓ Si el espécimen de prueba contiene más de 5% en peso de fracción extradimensionada (fracción gruesa) y el material no será incluido en la prueba se deben hacer correcciones al Peso
- ✓ El peso unitario y contenido de agua del espécimen de ensayo o la densidad de campo usando el método de ensayo ASTM D-4718.
- ✓ Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método es usado para suelos que drenan libremente el máximo Peso Unitario Seco no estará bien definida y puede ser menor que la obtenida usando el Método de Prueba ASTM D-4253 (Maximum Index Density and Unit Weight of Soil Using a Vibratory Table).
- ✓ Los valores de las unidades en pulgadas-libras son reconocidos como estándar. Los valores dados en unidades del S.I. son proporcionados sólo como información.

- ✓ En la profesión de Ingeniería es práctica común, usar indistintamente unidades que representan Masa y Fuerza, a menos que se realicen cálculos dinámicos ($F = m \times a$). Esto implícitamente combina dos sistemas de diferentes Unidades, que son el Sistema Absoluto y el Sistema Gravimétrico. Científicamente, no se desea combinar el uso de dos sistemas diferentes en uno estándar. Este método de prueba se ha hecho usando unidades libra-pulgada (Sistema Gravimétrico) donde la libra (lbf) representa a la Unidad de Fuerza. El uso de libra-masa (lbm) es por conveniencia de unidades y no intentar establecer que su uso es científicamente correcto. Las conversiones son dadas en el Sistema Internacional (SI) de acuerdo al ensayo ASTM E-380 ("Practica para el uso de Unidades del Sistema Internacional SI"). El uso de balanzas que registran libra-masa (lbm) ó registran la densidad en lbm/pie³ no se debe considerar como si no concordase con esta norma.
- ✓ Esta norma no hace referencia a todos los riesgos relacionadas con este uso, si los hubiera. Es responsabilidad del usuario establecer la seguridad apropiada y prácticas o pruebas confiables y así determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su uso.

4.3. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

No vuelva a usar el suelo que ha sido compactado previamente en Laboratorio. Utilice el método de preparación húmedo

Método de Preparación Húmeda (Preferido).- Sin secado previo de la muestra, pásela a través del tamiz N° 4 (4,75 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó ¾ pulg (19,0 mm), dependiendo del Método a ser usado (A, B ó C). Determine el contenido de agua del suelo procesado.

Prepare mínimo cuatro (preferiblemente cinco) muestras con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo deberá ser preparado primero, por adiciones de agua y mezcla (ver ***). Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los muestras de tal forma que resulten por lo menos dos muestras húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo son necesarios dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del

óptimo para definir exactamente la curva de compactación. Algunos suelos con muy alto óptimo contenido de agua o una curva de compactación relativamente plana requieren grandes incrementos de contenido de agua para obtener una bien definida para obtener un peso Unitario Seco Máximo bien definido. Los incrementos de contenido de agua no deberán excederán de 4%.

() Con la práctica es posible juzgar visualmente un punto cercano al óptimo contenido de agua.*

Generalmente, el suelo en un óptimo contenido de agua puede ser comprimido y quedar así cuando la presión manual cesa, pero se quebrará en dos secciones cuando es doblada. En contenidos de agua del lado seco del óptimo, los suelos tienden a desintegrarse; del lado húmedo del óptimo, se mantienen unidos en una masa cohesiva pegajosa. El óptimo contenido de humedad frecuentemente es ligeramente menor que el límite plástico.

Usar aproximadamente 5 lbm (2,3 kg) del suelo tamizado en cada muestra que se compacta empleando el Métodos A ó B; ó 13 lbm (5,9 kg) cuando se emplee el Método C. Para obtener los contenidos de agua de la muestra, añada o remueva las cantidades requeridas de agua de la siguiente manera: Añada poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 140 °F (60 °C). Mezclar el suelo continuamente durante el proceso de secado para mantener la distribución del agua en todas partes y luego colóquelo aparte en un contenedor con tapa y ubíquelo de acuerdo con la Tabla N°1 antes de la compactación

Método de Preparación Seca.- Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado puede ser al aire o por el uso de un aparato de secado tal que la temperatura de la muestra no exceda de 140 °F (60 °C). Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar moler las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: N° 4 (4,75 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó ¾ pulg (19,0 mm). Durante la preparación del material granular que pasa la malla 3/4pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz 3/8 pulg de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.

Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) muestras.

- ✓ **Usar aproximadamente 5 lbm (2,3 kg) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el Método A, B ó 13 libras (5,9 kg) cuando se emplee el Método C.** Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos anteriormente. Seguir la preparación del espécimen por el procedimiento especificado.
- ✓ **Compactación.-** Después del curado si se requiere, cada espécimen se compactará de la siguiente manera:
- ✓ **Determinar y anotar la masa del molde ó molde y el plato de base.**
- ✓ **Ensamble y asegure el molde y el collar al plato base.** El molde se apoyará sobre un cimiento uniforme y rígido, como la proporcionada por un cilindro o cubo de concreto con una masa no menor de 200 lbm (91 kg). Asegurar el plato base a un cimiento rígido. El método de enlace ó unión al cimiento rígido debe permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.
- ✓ **Compactar el espécimen en tres capas.** Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 2 pulg (5 mm) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las dos primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactados o extendido cerca de la superficie compactada será recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo ú otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá ¼ pulg (6 mm) de la parte superior del molde. Si la tercera capa se extiende en más de ¼ pulg (6 mm) de la parte superior del molde, el espécimen será descartado. El espécimen será descartado cuando el último golpe del pisón para la tercera capa resulta por debajo de la parte superior del molde de compactación.

- ✓ **Compactar cada capa con 25 golpes para el molde de 4 pulgadas (101,6 mm) o 56 golpes para el molde de 6 pulgadas (152,4 mm).**

*(**) Cuando las muestras de compactación se humedecen más que el contenido de agua óptimo, pueden producirse superficies compactadas irregulares y se requerirá del juicio del operador para la altura promedio del espécimen.*

Al operar el pisón manual del pisón, se debe tener cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el sube. Mantener la guía firmemente y dentro de 5_ de la vertical. Aplicar los golpes en una relación uniforme de aproximadamente 25 golpes/minuto y de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del muestra

- ✓ Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde. El cuchillo debe usarse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.
- ✓ Cuidadosamente enrasar la muestra compactada, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o despejado de la muestra, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde. Repetir las operaciones mencionadas en la parte inferior de la muestra cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato se remueve. Para estas situaciones, dejar el plato base fijo al molde. Cuando se deja unido el plato base.
- ✓ Determine y registre la masa de la muestra y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.
- ✓ Remueva el material del molde. Obtener la muestra para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza toda la muestra, quíbrelo para facilitar el secado. De otra manera se

puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500gr del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad.

- ✓ Después de la compactación del último espécimen, comparar los pesos unitarios húmedos

para asegurar que el patrón deseado de obtención de datos en cada lado del óptimo contenido de humedad sea alcanzado en la curva de compactación para cada Peso Unitario Seco y Plotear el Peso Unitario Húmedo y contenido de agua de cada espécimen compactado puede ser una ayuda para realizar esta evaluación. Si el patrón deseado no es obtenido, serán necesarios compactar muestras adicionales. Generalmente, un valor de contenido de agua mayor que el contenido de agua definido por el máximo Peso Unitario Húmedo es suficiente para asegurar los datos del lado más húmedo que el óptimo contenido de agua para el máximo Peso Unitario seco.

*(***)La curva de saturación al 100% es una ayuda en el bosquejo de la curva de compactación. Para suelos que contienen más de 10% de finos a contenidos de agua que superan el óptimo, las dos curvas generalmente llegan a ser aproximadamente paralelas con el lado húmedo de la curva de compactación entre 92% á 95% de saturación. Teóricamente, la curva de compactación no puede trazarse a la derecha de la curva de 100% de saturación. Si esto ocurre, hay un error en la gravedad específica, en las mediciones, en los cálculos, en procedimientos de ensayo o en el ploteo.*

4 . 4 . IMPORTANCIA DEL ENSAYO DE PROCTOR ESTÁNDAR

El suelo utilizado como relleno en Ingeniería (terraplenes, rellenos de cimentación, bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias de Ingeniería tales como: resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad o permeabilidad. También los suelos de cimentaciones son a menudo compactados para mejorar sus propiedades de Ingeniería. Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.

Durante el diseño de los relleno de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de muestras de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad (w_o) y el Peso Unitario Seco ($\gamma_{m\acute{a}x}$) mediante un ensayo de compactación. Las muestras de compactación a un

contenido de agua seleccionado (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) o al óptimo (w_o) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ($\gamma_{m\acute{a}x}$). La selección del contenido de agua (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o), y el Peso Unitario Seco ($\gamma_{m\acute{a}x}$) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

CAPITULO V

5.1. CÁLCULOS

5.1.1. PARA EL PRIMER ENSAYO

5. Datos:

- Peso del suelo + molde = 3835.3 gr
- Peso del molde = 2023 gr
- Peso del suelo húmedo + tara = 215.6 gr
- Peso del suelo seco + tara = 208.2 gr

$$\frac{\pi (10.16 \text{ cm})^2 \times (10.73 \text{ cm})}{4}$$

Volumen del molde =

$$\text{cm}^3$$

Peso de la tara = 115.6 gr

Diámetro del molde = 4'' (10.16 cm)

Altura del molde = 10.73 cm

6. Formulas y cálculos:

Peso del suelo húmedo compactado = (Peso del suelo + molde) - Peso del molde
Peso del suelo húmedo compactado = 3835.3 gr - 2023gr = 1812.3 gr

Peso del agua = (Peso del suelo húmedo + tara) - (Peso del suelo seco + tara)

Peso del agua = 215.6 gr - 208.2 gr = 7.4 gr

Peso del suelo seco = (Peso del suelo seco + tara) - Peso de la tara

Peso del suelo seco = 208.2 gr - 115.6 gr = 92.6 gr

Contenido de agua = $\frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$

Contenido de agua = $\frac{7.4 \text{ gr}}{92.6 \text{ gr}} \times 100 = 7.99$

Densidad de suelo húmedo = $\frac{\text{Peso del suelo húmedo compactado}}{\text{Volumen del molde}}$

Densidad de suelo húmedo = $\frac{1812.3 \text{ gr}}{869.92 \text{ cm}^3} = 2.08 \text{ gr/cm}^3$

Densidad del suelo seco = $\frac{\text{Densidad del suelo húmedo}}{\text{Contenido de agua} + 100} \times 100$

Densidad del suelo seco = $\frac{2.08 \text{ gr/cm}^3}{7.99 + 100} \times 100 = 1.929 \text{ gr/cm}^3$

7. NOTA:

Se repite los mismos cálculos para las tres ensayos restantes

5.2. RESULTADOS, GRÁFICOS

$$\frac{\text{Peso del suelo húmedo compactado}}{\text{Volumen del molde}} \times 100 = 1.99$$



ENSAYO PROCTOR ESTÁNDAR

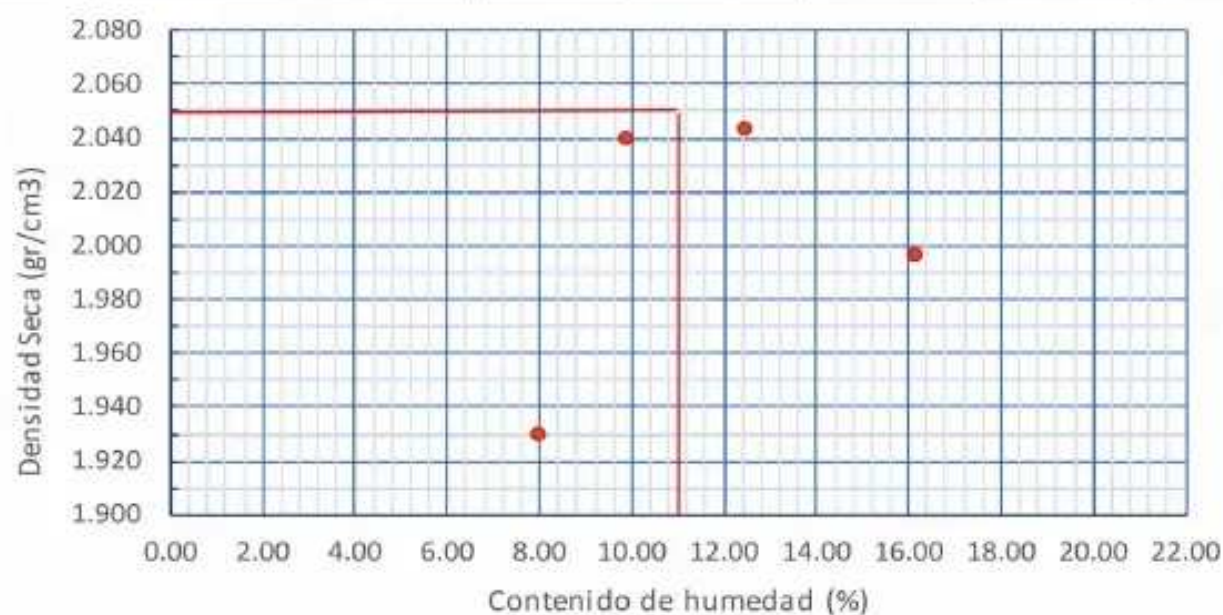
(NORMA AASHTO T-99, ASTM D 698)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

SOLICITA	:Ingeniero Escalante Contreras Jorge	Técnico	:GRUPO 4
PROYECTO	:Ampliación y mejoramiento del local Centro Social Concepción		
MATERIAL	:Gravas mal graduadas con arena	FECHA	:20/10/2016
UBICACIÓN	:Urb. El Alamo - Dist. Callao - Prov. Const. Callao - Dpto. Lima		

MÉTODO DE COMPACTACIÓN : AASHTO T99

VOLUMEN DEL MOLDE :		869.92	cm ³		
PRUEBA N°		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	3835.3	3972.6	4022.7	4040.5
Peso molde	gr	2023	2023	2023	2023
Peso suelo humedo compactado	gr	1812.3	1949.6	1999.7	2017.5
Peso suelo humedo + tara	gr	215.6	215.4	215.6	215.2
Peso del suelo seco + tara	gr	208.2	206.4	204.5	201.3
Tara	gr	115.6	115.4	115.6	115.3
Peso del agua	gr	7.4	9	11.1	13.9
Peso del suelo seco	gr	92.6	91	88.9	86
Contenido de agua	%	7.99	9.89	12.49	16.16
Densidad suelo humedo	gr/cm ³	2.08	2.24	2.30	2.32
Densidad suelo seco	gr/cm ³	1.929	2.039	2.044	1.996
		DENSIDAD MAXIMA - MDS (gr/cm³)			2.05
		HUMEDAD OPTIMA - OCH (%)			11



CAPITULO VI

6.1. CONCLUSIONES

8. El un contenido de humedad óptima para la muestra, mediante la compactación por el ensayo de Proctor estándar ASTM D 698 fue de 11%.
9. La máxima densidad seca para la muestra, mediante la compactación por el ensayo de Proctor estándar ASTM D 698 fue de 2.05 gr/cm³
10. Se logró obtener la curva de compactación relacionando los valores de contenido de humedad y densidad seca, obtenidas mediante cuatro ensayos en el laboratorio. Esto con la finalidad de definir de forma adecuada la orientación de la curva.
11. La mayor parte de los procedimientos se realizó cumpliendo las normas del método de la AASHTO T-99 y ASTM D 698, considerando los pasos que se deben seguir y los materiales que se deben utilizar.
12. Se obtuvo el método A para ensayo de Proctor estándar luego de realizar correctamente la granulometría para seleccionar los métodos.

6.2. RECOMENDACIONES

A fin de mejorar el grado de confiabilidad de los resultados obtenidos en el laboratorio se recomienda:

- Para determinar las medidas del molde solo se considera la parte de abajo, es decir sin el anillo. Este paso es importante para hallar correctamente el volumen del molde el cual sirve determinar la densidad húmeda de la muestra compactada.
- La cantidad de agua añadida se debe mezclar con el material hasta lograr la homogeneidad de toda la muestra.
- Llevar la secuencia lógica del número de golpes del pistón sobre la superficie del material.
- Asegurarse de que el martillo del pistón llegue hasta el máximo de la altura para garantizar la caída del potencial requerida según la norma que regula el método del Proctor estándar.

6.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Juárez Badillo y Rico Rodríguez, mecánica de suelos tomo 1, Limusa
- Mecánica De Suelos, Lambe
- ENSAYO DE PROCTOR ESTÁNDAR. Recuperado de:
<http://es.slideshare.net/hugogradiz/proctor-estandar>
- ENSAYO DE PROCTOR ESTÁNDAR. Recuperado de:
<http://www.academia.edu/16796530/Informe-de-proctor-estandar>

6.4. ANEXOS

6.4.1. Teóricos

TERMINOLOGIA

Definiciones.- Ver Terminología ASTM D-653 para definiciones generales.

Descripción de Términos Específicos a esta Norma:

Esfuerzo Estándar.- Es el término aplicado para el esfuerzo de compactación de 12 400 lb-pie/pie³ (600 kN-m/m³ aplicado por el equipo y procedimientos de este ensayo).

Peso Unitario Seco Máximo Estándar, $\gamma_{\text{máx}}$ (lb/pie³ ó kN/m³), el máximo valor definido por la curva de compactación del ensayo usando el esfuerzo estándar.

Optimo Contenido de Humedad Estándar, $w_o(\%)$.- Es el contenido de agua al cual el suelo puede ser compactado al máximo Peso Unitario Seco usando el esfuerzo de Compactación Estándar.

Fracción de tamaño mayor (Fracción Gruesa), $P_c(\%)$.- Es la porción de la muestra total que no se utiliza en la ejecución del ensayo de compactación; esta puede ser la parte de la muestra total retenida en la malla N° 4 (3,74 mm), 3/8pulg (9,5 mm) ó 3/4pulg (19,0 mm).

Fracción Ensayada ó de Prueba (Fracción Fina), $P_F(\%)$.- La parte de la muestra total usada en la ejecución de la prueba de compactación; esta puede ser la fracción pasante la malla N°4 (4,75 mm) en el Método A, menor a la malla 3/8pulg (9,5 mm) en el Método B, o menor que la malla 3/4pulg (19,0 mm) en el Método C.

6.4.2. De Laboratorio

1. En estas imágenes se puede apreciar el proceso de desmenuzando de las muestras extraídas de la calicata



2. Aquí podemos apreciar el cuarteo correspondiente de la muestra.



3. A continuación se observa el pesado de la mezcla (con humedad natural) para proceder con la realización del Ensayo de Proctor Estándar 89



S
g



con el proceso se realiza el tamizado por las mallas de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ " y N° 4.



Re
liz
m
s
el

pesado del porcentaje retenido en las mallas de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ " y N° 4. Para determinar el método a utilizar para el ensayo de proctor estándar.



6. Apreciamos, momento en el cual se añade el porcentaje correspondiente de agua (2%) con la ayuda de la probeta, en el primer ensayo se agregó hasta 4% de acuerdo a las normas del ASTM D 698.



7. Compactación de las tres capas de acuerdo a las normas del ASTM D 698 utilizando el pisón y el molde correspondiente para los 25 golpes por cada capa para el método A.



8. Pesado de la muestra compactada y el molde para determinar la densidad húmeda de la muestra compactada.



9. Se extrae una muestra representativa de la muestra compactada para luego pesarla.



10. Se seca la muestra representativa en el horno.



11. Se pesa la muestra seca para finalmente compararla con el peso de la muestra húmeda y determinar el peso del agua y luego el contenido de humedad.



12. Finalmente también es importante obtener el peso y las medidas del molde utilizado, ya que nos servirá para hallar el volumen del molde.



=

Peso sin considerar la base ni el anillo = 2023 gr.

Diámetro = 4'' (10.16 cm)

Altura total = 16.10 cm

Altura del molde sin considerar el anillo = 10.73 cm