



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERIA.

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Trabajo de investigación.

ENSAYOS DE PROCTOR ESTÁNDAR,
MODIFICADO Y ENSAYO DE CBR

PRESENTADO POR:

- Ubillus Peña, Enrique
- Cutimanco Ramos, Samuel
- DE La Cruz Cuya, Angie Rossmérie
- Luciano Palacios, Christian Hugo
- Delgado Sanchez, Alamiro
- Paitan Gonzalo, Jesus

ASIGNATURA:

Taller X: Mecánica de suelos granulometría y clasificación de suelos

PROFESOR: ING. Fernando Uchuypoma Montes

LIMA – PERÚ



2018



1. INTRODUCCION

En cada una de las obras de construcción es de gran importancia tener bien definidas las propiedades que tiene el suelo, ya que este es la base sobre la cual se ejecutará el proyecto. En muchos casos, dichas propiedades no cumplen con los parámetros que buscamos; sin embargo, se pueden llevar a cabo algunas alteraciones de estas para obtener las propiedades adecuadas. Una opción que nos permite obtener características del suelo que nos sirvan para nuestra construcción, es la sustitución de terreno por uno que posea propiedades ideales; sin embargo este es un procedimiento de alto costo, por lo que en muchos casos se deben buscar otras soluciones de adecuación del suelo que tenemos.

La compactación es un procedimiento que nos permite optimizar el funcionamiento del suelo existente en el lugar de obra. Este procedimiento modifica propiedades como la resistencia al esfuerzo cortante, densifica el suelo y reduce los asentamientos y la permeabilidad. Para ello se realizan ensayos de laboratorio como: Proctor Estándar y Modificado, así como el ensayo de Capacidad de Soporte de California (CBR).

El propósito de un ensayo de Proctor Modificado en laboratorio es determinar la curva de compactación para una determinada energía de compactación. Esta curva considera en abscisas el contenido de humedad y en ordenadas la humedad seca, a partir de ella se podrá obtener la humedad llamada óptima, que es la que corresponde a la densidad máxima.

Con estos resultados se podrá determinar la cantidad de agua de amasado a usar, cuando se compacta el suelo en terreno para obtener la máxima densidad seca para una determinada energía de compactación. Para cumplir este propósito, un ensayo de laboratorio debe considerar un tipo de compactación similar a la desarrollada en terreno con los equipos de compactación a especificar.

El CBR (California Bearing Ratio), es uno de los ensayos más usados, en el cual se determina un índice que indica y expresa las características de resistencia y deformación de un suelo, estableciéndose en éste, una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y la que corresponde a un material de referencia. El CBR mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada para poder evaluar la calidad del terreno que será usado como subrasante, subbase y base de pavimentos.



2. ABSTRACT

In each of the construction works, it is very important to have well defined properties of the ground, since this is the basis on which the project will be executed. In many cases, these properties do not meet the parameters we seek; however, some alterations of these can be carried out to obtain the appropriate properties. An option that allows us to obtain soil characteristics that serve us for our construction, is the substitution of land for one that possesses ideal properties; However, this is a high-cost procedure, so in many cases you should look for other solutions of soil adaptation that we have.

The compaction is a procedure that allows us to optimize the operation of the existing soil at the construction site. This procedure modifies properties such as resistance to shear stress, densifies the soil and reduces settlements and permeability. To this end, laboratory tests are carried out, such as: Standard and Modified Proctor, as well as the California Support Capacity Test (CBR).

The purpose of a laboratory modified Proctor test is to determine the compaction curve for a given compaction energy. This curve considers the moisture content on the abscissa and the dry humidity on the ordinate, from which the so-called optimum humidity can be obtained, which corresponds to the maximum density.

With these results, the amount of mixing water to be used can be determined when the soil is compacted in the soil to obtain the maximum dry density for a certain compaction energy. To fulfill this purpose, a laboratory test should consider a type of compaction similar to that developed in the field with the compaction equipment to be specified.

The CBR (California Bearing Ratio), is one of the most used tests, in which an index is determined that indicates and expresses the characteristics of resistance and deformation of a soil, establishing itself in this one, a relation between the resistance to the penetration of a floor and the one that corresponds to a reference material. The CBR measures the resistance to the cut of a floor under conditions of humidity and controlled density to be able to evaluate the quality of the land that will be used as subgrade, subbase and base of pavements.



3. TITULO

ENSAYOS DE PROCTOR ESTÁNDAR, MODIFICADO Y ENSAYO DE CBR



4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cómo podemos determinar un mejor grado de compactación dependiendo del óptimo contenido de humedad y las densidades secas de los suelos mediante los ensayos de proctor estándar y modificado y CBR, de un obra vial ubicada en la avenida molina?

Ya que para nuestra carrera es importante y elemental conocer como el suelo se comportara para cada obra y es por eso que siendo el estudio de suelos unas de las primeras partidas de obra debemos conocer la norma técnica peruana y desarrollar correctamente los ensayos respectivos para así poder asegurar la permanencia de las obras.

5. OBJETIVOS:

5.1. OBJETIVO GENERAL:

- Estudiar el suelo y observar la reacción que tiene este al momento de efectuar esfuerzos de compactación en cada una de las muestras. El índice que se obtiene, se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.

5.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Establecer parámetros de óptimo contenido de humedad densidad seca máxima índice de CBR y la expansión del terreno para así poder diseñar el pavimento.

6. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

En la actualidad estos ensayos son utilizados para fines de obras viales y para ciertos casos para obras hidráulicas como presas, este estudio realizado no ayudara a identificar y a reconocer los parámetros requeridos para cada informe de obra como el óptimo contenido de humedad, densidad seca máxima, índice de CBR y la expansión ya que estos parámetro nos ayudaran para realizar la compactación del suelo y asegurar la permanencia de las obras, teniendo en cuenta la norma técnica peruana(NTP), norma técnica americana (ASTM), Y LA MTC.

- NTP 339.141:1999 SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando un energía modificada (2700 KN-m/m³ (56000pie.lbf/pie³).
- NTP 339.142:1999 SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía estándar (600 KN-m/m³)12400 pielbf/pie³).



- NTP 339.143:1999 SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena.
- NTP 339.145:1999 SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
- ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ((2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).
- ASTM D 698: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 pie-lbf/pie³ (600 kN-m/m³))
- MTC E 115-2000
- MTC E 116-2000

7. MARCO TEORICO

1. Mecánica de Suelos:

La Mecánica de Suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas (estas son la arcilla, el limo que están en la superficie), producto de la desintegración química y mecánica de las rocas (en este proceso participan la temperatura, la presión).

2. Compactación.

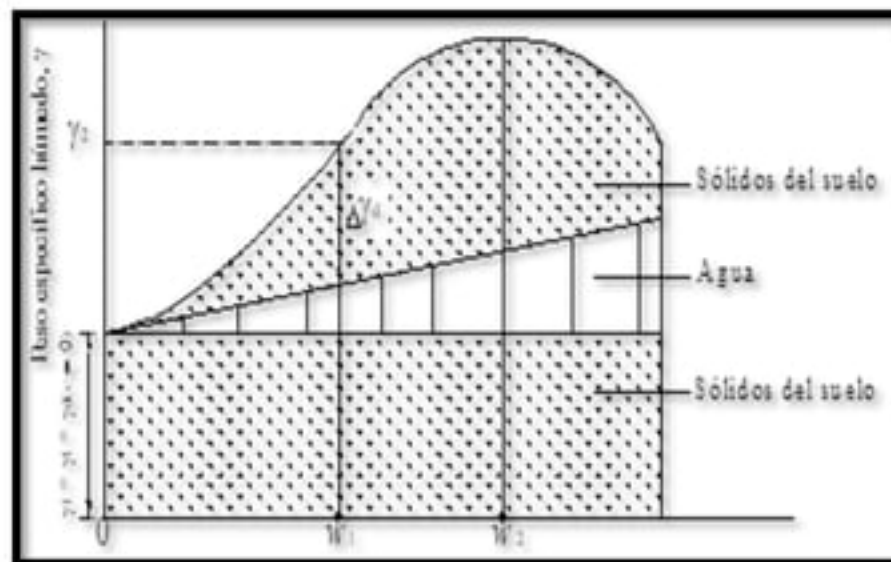
La compactación de los suelos consiste en el mejoramiento de las propiedades ingenieriles del suelo por medio de energía mecánica. Esto se logra comprimiendo el suelo en un volumen más pequeño y así aumentando su peso específico seco (densificación).

Los fundamentos de la compactación de suelos cohesivos son relativamente nuevos, R. Proctor en 1933 desarrollo los principios de la compactación en una serie de artículos. Proctor estableció que la compactación está en función de cuatro variables:

- Densidad del material, ρ_d .
- Contenido de humedad, w .
- Esfuerzo de compactación.
- Tipo de suelo (gradación, presencia de minerales de arcilla, etc.)

El grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso específico seco. Cuando se agrega agua al suelo durante la compactación, esta actúa como un agente suavizante en las partículas del suelo (lubrica las partículas), lo que

facilita que las partículas del suelo se deslizen una sobre cada otra y pasen a una configuración más densa, es decir que el peso específico seco después de la compactación al principio aumenta con el aumento del contenido de humedad.



3. Compactación en Laboratorio.

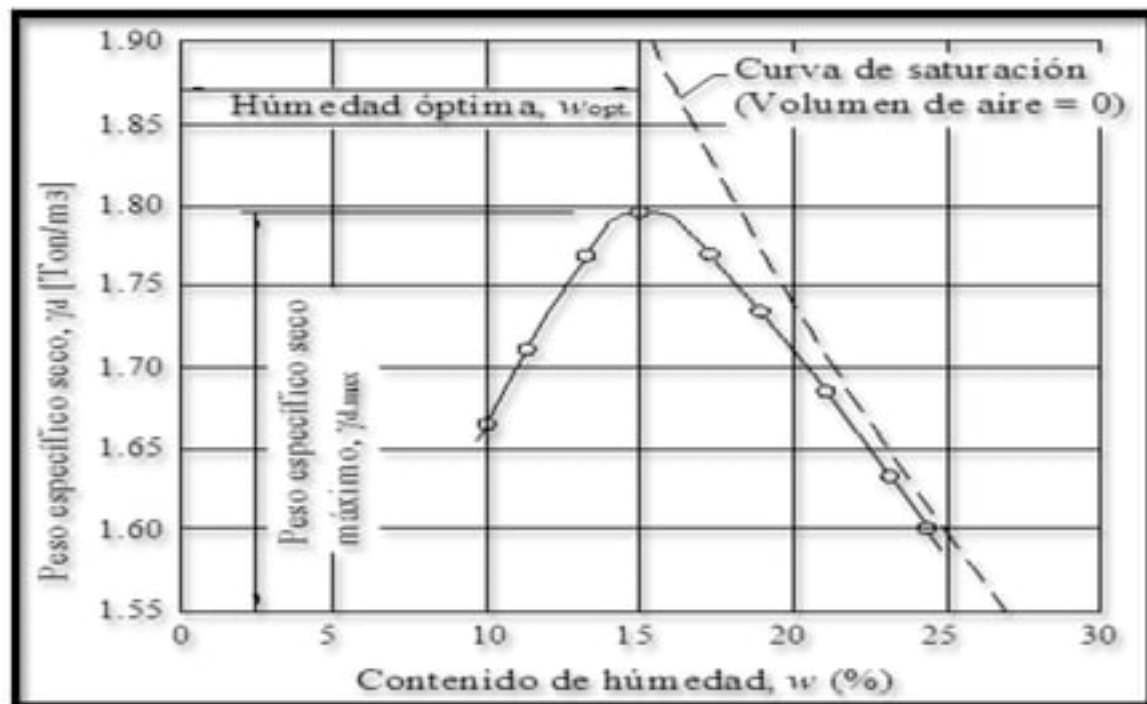
Los ensayos de compactación en campo son generalmente demasiado lentos y costos como para poder repetirlos varias veces, cada vez que se desee estudiar cualquiera de sus detalles, debido a esto es que los ensayos de compactación se realizan principalmente en laboratorio.

El propósito de la compactación en laboratorio es al igual que en la compactación en campo determinar el peso específico o densidad seca máxima para un contenido de humedad óptimo, esto se realiza mediante pruebas que consisten en hallar la curva de compactación del suelo.

4. Curva de Compactación.

Los procesos de compactación comenzaron a desarrollarse en campo como técnicas de construcción. Fue hasta que se trato de estudiar de un modo más riguroso los efectos de tales técnicas y de establecer procedimientos de control de calidad y verificación de resultados en campo cuando nacieron las pruebas de compactación en laboratorio, al principio solo con base en la original desarrollada por Proctor, y después con base en toda una serie de pruebas, con variantes más o menos cercanas a la primera, que se desarrollaron con la intención de ir logrando en laboratorio mayor acercamiento a los procesos de campo, que paralelamente se ampliaron con toda una serie de equipos nuevos producidos por una tecnología cada vez mas conocedora y exigente.

CURVA DE COMPACTACION TIPICA



- 5. Compactación en campo.** La compactación en campo se la realiza con diferentes tipos de compactadoras, de tal manera que reproduzcan los valores de la compactación realizada en laboratorio. Para poder lograr esto es necesario tratar de reproducir todas las condiciones que se tendrán en campo al realizar una prueba de laboratorio. El tipo de compactadora que se utilizara juega un papel importante en esto pues cada tipo de compactadora tiene un proceso distinto de compactar el terreno, pueden ser por procesos vibratorios, manipuleo, presión estática o presión dinámica.

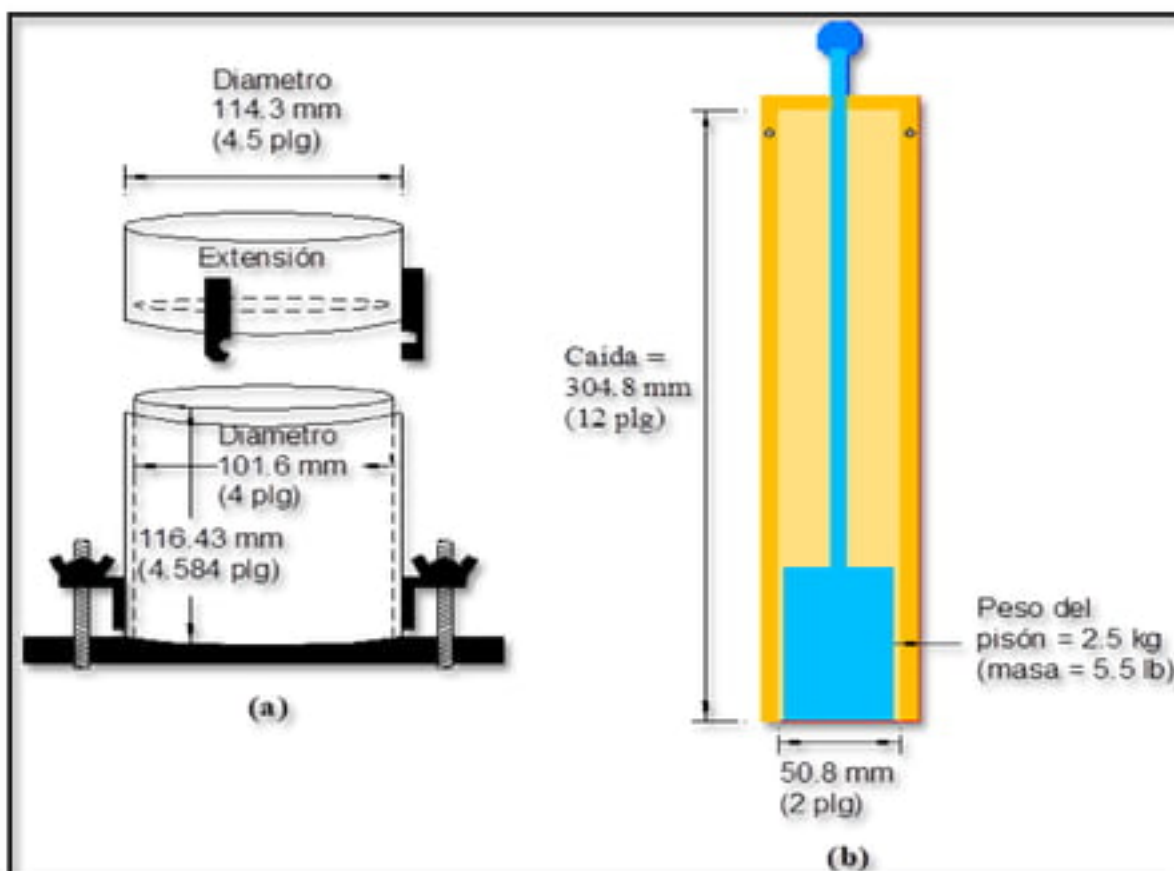
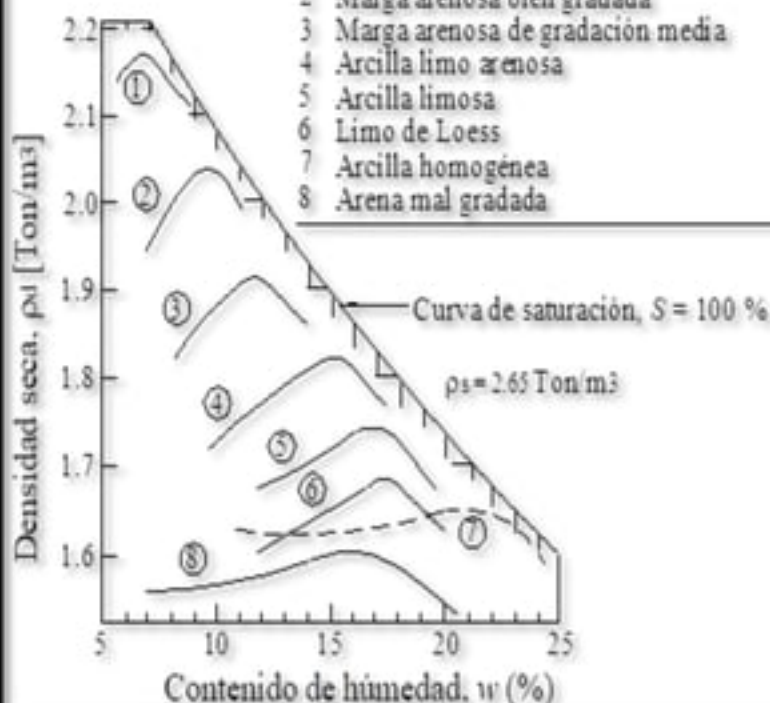
6. Prueba Proctor estándar

Esta prueba de compactación Proctor estándar, está elaborada en base a ASTM D-698 (ASTM, 1982) y AASHTO T-99 (AASHTO, 1982).

En esta prueba el suelo es compactado en un molde que tenga un volumen de 943.3 cm³ (1/30 ft³). El diámetro del molde es de 101.6 mm (4 plg) y 116.43 mm (4.584 plg) de altura, provisto de una extensión desmontable de igual diámetro y 50 mm (2 in) de altura.

Datos de textura y plasticidad del suelo

Nº	Descripción	Arena	Limo	Arcilla	LL	PI
1	Arena marga bien gradada	88	10	2	16	N.P.
2	Marga arenosa bien gradada	72	15	13	16	N.P.
3	Marga arenosa de gradación media	73	9	18	22	4
4	Arcilla limo arenosa	32	33	35	28	9
5	Arcilla limosa	5	64	31	36	15
6	Limo de Loess	5	85	10	26	2
7	Arcilla homogénea	6	22	72	67	40
8	Arena mal gradada	94	-	-	N.P.	-





Equipo para la prueba Proctor estándar (a) molde, (b) pisón, (Das, 1998).

Durante la prueba de laboratorio, el molde puede fijarse a una base metálica con tornillos de mariposa.

El suelo se mezcla con cantidades de agua que varían y después es compactado en tres capas iguales por un pisón (que aplica 25 golpes a cada capa. El pisón pesa 2.5 kg (5.5 lb) y tiene una caída de 304.8 mm (12 plg).

7. Prueba o Ensayo de Proctor Modificado.

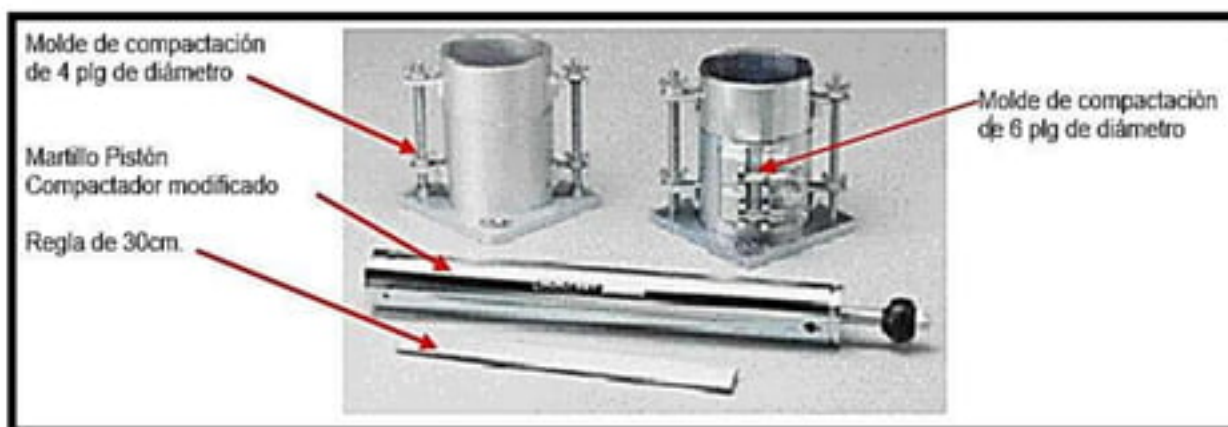
Esta nueva versión revisada se la llama normalmente como la prueba Proctor modificado (ASTM D-1557 y AASHTO T-180). A continuación se describirán todas sus especificaciones y procedimiento de compactación.

La prueba Proctor modificado es la más utilizada para la compactación en laboratorio, teniendo tres variantes en el método, que varían en función del porcentaje de tamaño de partículas presentes en la muestra de suelo. Debido a esto es que se explicara en forma más detallada el procedimiento de compactación, además de todas sus especificaciones basándose en la ASTM D1557-00.

La prueba Proctor modificado al igual que la Proctor estándar se utiliza para determinar el peso específico seco máximo y el contenido de humedad óptimo. Este ensayo se aplica solamente a suelos con menos del 30 % en peso de partículas retenidas en el tamiz de 19 mm. Para conducir la prueba Proctor modificado, se utiliza el mismo molde con un volumen de 2092 cm^3 como en el caso de la prueba Proctor estándar. Sin embargo, el suelo es compactado en cinco capas por un pisón que pesa $4.54 \pm 0.01 \text{ kg}$, la caída del pisón es $457.2 \pm 1.6 \text{ mm}$, la cara de golpe del pisón tiene un diámetro de $50.8 \pm 0.25 \text{ mm}$.

El pisón debe ser reemplazado cuando el diámetro de la cara de golpe es desgastado o expandido en 12 mm. El número de golpes del pisón para cada capa se conserva en 56 no como en el caso de la prueba Proctor estándar.

El pisón debe estar equipado con un tubo que le permita desplazarse en la caída con facilidad, el tubo debe tener al menos cuatro agujeros en cada extremo espaciados 90° entre sí, el diámetro mínimo de estos agujeros es de 9.5 mm .



Debido a que aumenta la energía de compactación, los resultados de la prueba Proctor modificado aumentan en el peso específico seco máximo del suelo. El aumento en el peso específico seco máximo es acompañado por una disminución del contenido de humedad óptimo.

Las tres variantes en el método de compactación Proctor modificado, varían en algunas especificaciones que se resumen en la tabla que se presenta a continuación.

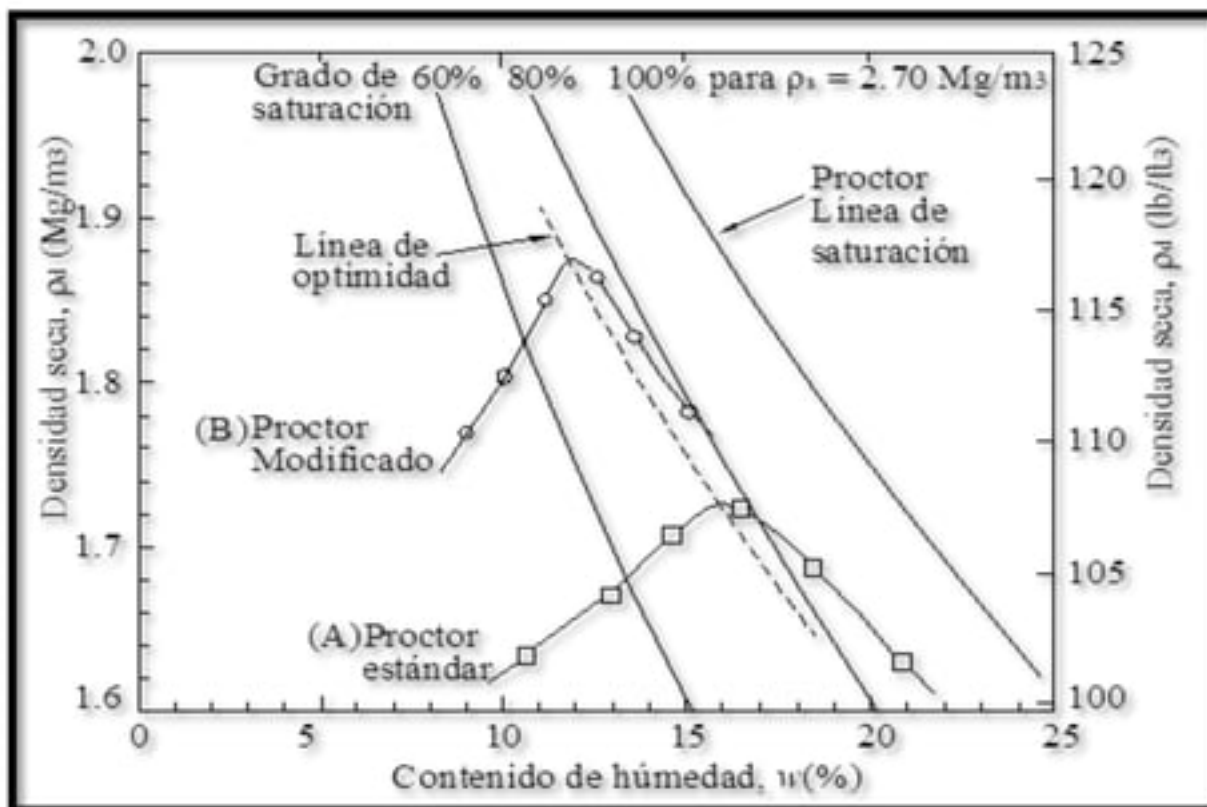
TABLA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA PRUEBA DE COMPACTACIÓN PROCTOR SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES ASTM.

Características		Método		
		A	B	C
Molde:	- Volumen [cm ³]	944	944	2124
	- Diámetro [mm]	101.6	101.6	152.4
Pisón	- Masa [kg]	4.54	4.54	4.54
	- Altura de caída [mm]	457	457	457
Número de capas de compactación		5	5	5
Número de golpes por capa		25	25	56
Energía de compactación [kN×m/m ³]		2700	2700	2700
Suelo a usarse	- Pasa el tamiz	Nº 4	3/8 plg	¾ plg
Criterio de selección:	- Porcentaje retenido en el tamiz Nº 4	< 20 %	> 20 %	> 20 %
	- Porcentaje retenido en el tamiz 3/8 plg.		< 20 %	< 20 %
	- Porcentaje retenido en el tamiz 3/4 plg.			< 30 %

El método de compactación se elige en función del porcentaje de tamaño de partículas presentes en la muestra de suelo. Para la selección del método de compactación el suelo debe ser tamizado a través de los tamices $\frac{3}{4}$ pulgadas, $\frac{3}{8}$ pulgadas y N°4.

- a) **Método A** utiliza como material de compactación el suelo que pasa por el tamiz N° 4. Es aplicado a suelos con un porcentaje menor al 20 % de material retenido en el tamiz N° 4.
- b) **Método B** utiliza como material de compactación el suelo que pasa por el tamiz $\frac{3}{8}$ plg. Es aplicado a muestras de suelo con un valor mayor al 20 % de material retenido en el tamiz N° 4 y con un valor menor al 20 % de material retenido en el tamiz $\frac{3}{8}$ plg.
- c) **Método C** utiliza como material de compactación el suelo que pasa por el tamiz $\frac{3}{4}$ plg. Es aplicado a muestras de suelo con un valor mayor al 20 % de material retenido en el tamiz $\frac{3}{8}$ plg y con un valor menor al 30 % del material retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ plg.

CURVAS DE COMPACTACION PARA LOS ENSAYOS DE PROCTOR ESTANDART Y MODIFICADO



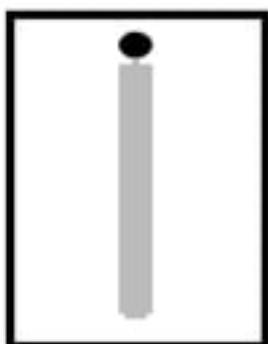
I. MATERIALES

MOLDE DE COMPACTACIÓN:



Los moldes deberán ser cilíndricos de paredes sólidas fabricados con metal y con las dimensiones y capacidades mostradas más adelante. Deberán tener un conjunto de collar ajustable aproximadamente de 60 mm (2 3/8") de altura, que permita la preparación de muestras compactadas de mezclas de suelo con agua de la altura y volumen deseado. El conjunto de molde y collar deberán estar contruidos de tal manera que puedan ajustarse libremente a una placa hecha del mismo material

MARTILLO DE COMPACTACIÓN:



Un martillo metálico que tenga una cara plana circular de 50.8 ± 0.127 mm (2 ± 0.005 ") de diámetro, una tolerancia por el uso de 0.13 mm (0.005") que pese 2.495 ± 0.009 kg (5.50 ± 0.02 lb.). El martillo deberá estar provisto de una guía apropiada que controle la altura de la caída del golpe desde una altura libre de 304.8 ± 1.524 mm (12.0 ± 0.06 " ó 1/16") por encima de la altura del suelo.

HORNO:



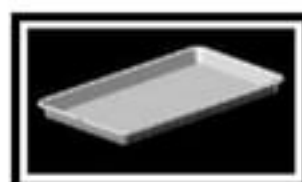
Horno de rotación 110 grados centígrados \pm 5 grados centígrados .Sirve para secar el material.

BALANZA:



Sirve para pesar el material y diferentes tipos de recipientes.

BANDEJAS:



Recipiente que se utiliza para depositar el material a analizar.

TAMICES:

Serie de tamices de malla cuadrada para realizar la clasificación No 4

PROBETA GRADUADA:

Material de que se utiliza para medir la cantidad de agua para saturar el suelo.

CAPSULAS:

Recipientes que sirve para poner muestra de suelo y llevar al horno para hallar contenido de humedad.

II. CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**Referencia**

ASTM D-1883, AASHTO T-193, J. E. Bowles (Experimento N° 19), MTC E 132-2000

1. OBJETIVO

- Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.
- Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.

2. APARATOS

- Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral 2.7.



- El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0.05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44.5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.
- 2.2 Molde, de metal, cilíndrico, de $152,4\text{ mm} \pm 0,66\text{ mm}$ ($6 \pm 0,026"$) de diámetro interior y de $177,8 \pm 0,46\text{ mm}$ ($7 \pm 0,018"$) de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50.8 mm (2.0") de altura y una placa de base perforada de 9.53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm ($28\ 1/16"$) las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro. La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.
- Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150.8 mm ($5\ 15/16"$) de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127\text{ mm}$ ($2,416 \pm 0,005"$) de espesor, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).
- Aparato medidor de expansión compuesto por:

Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149.2 mm ($5\ 7/8"$) de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm ($1/16"$) de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura.

Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0.025 mm (0.001").

Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02\text{ kg}$ y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02\text{ kg}$. Las pesas anular y ranurada deberán tener $5\ 7/8"$ a $5\ 15/16"$ (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de $2\ 1/8"$ aproximado (53,98 mm) de diámetro.





ensayo citados, Proctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.

Agua absorbida. El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta; la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.

Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.

Presión de penetración. Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva,

Expansión. La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión, numeral 3.2. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5").

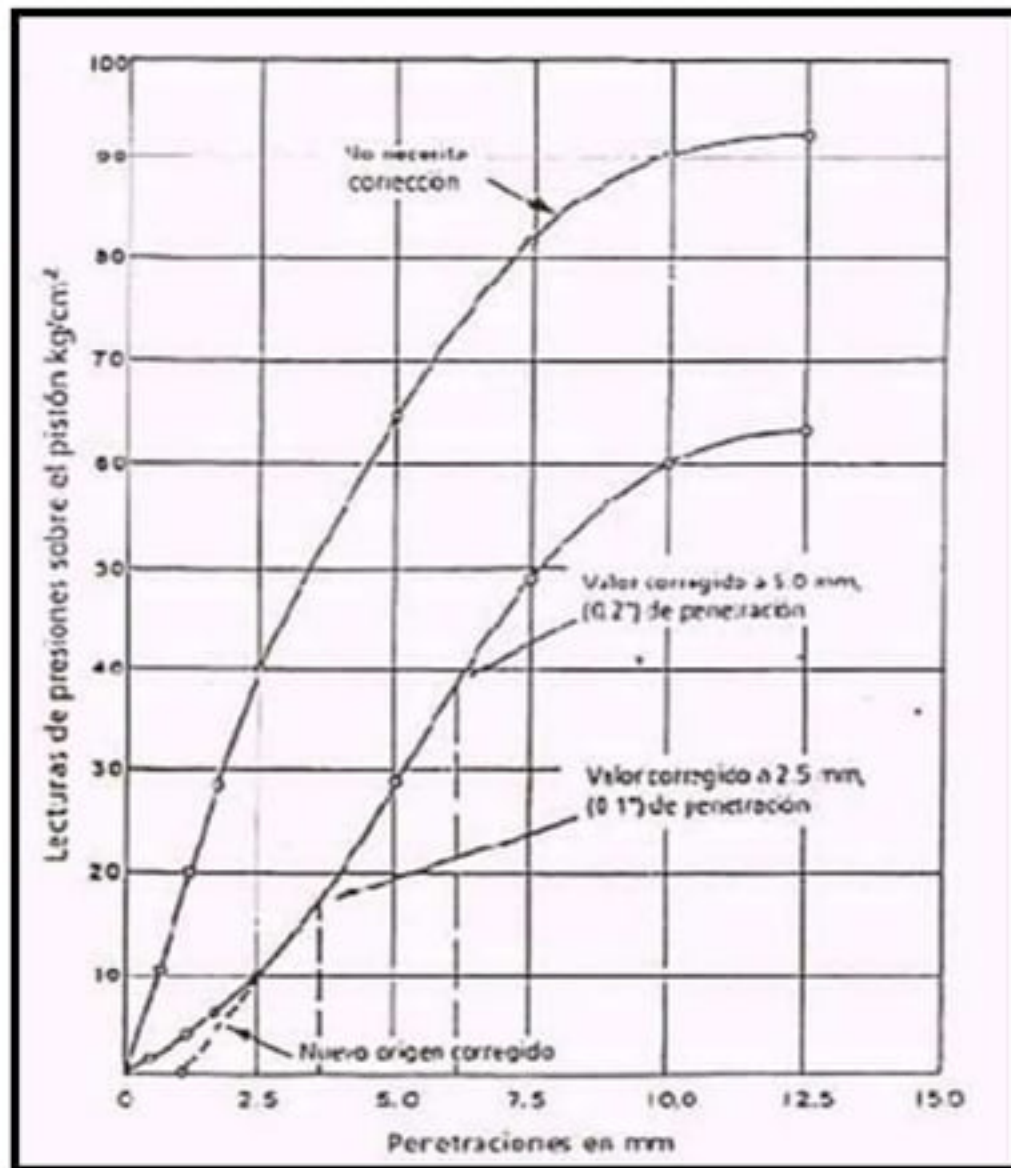
Es decir:

$$\% \text{ expansión} = \frac{L2 - L1}{127} * 100$$

- L1 = Lectura inicial en mm.
- L2 = Lectura final en mm.

Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón. Las características de la muestra patrón son las siguientes:

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m ²	kgf/cm ²	lb/plg ²
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500



- Para calcular el índice CBR se procede como sigue:
- Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto (o corregido), que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.
 - De la curva corregida tómense los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm y 5,08 mm y calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (1000 lb/plg²) y 10,3 MPa (1500 lb/plg²) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración. Cuando

la relación a 5,08mm (0,2") de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, úsese la relación de soporte para 5,08 mm (0,2") de penetración.

8. PROCEDIMIENTO:

PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS:

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO:

1. Tenemos la muestra alterada previamente secado al aire.



Foto N°1

2. Continuamente vemos que tienen finos y un porcentaje mínimo de gravas por lo tanto trabajaremos con el método A del ensayo proctor modificado para ello hay que trabajar con el material que pasa la malla N°4 (4.75 mm).



Foto N°2

3. Una vez obtenido la muestra pasante por la malla N°4, pesamos la muestra 3 kg en una balanza de sensibilidad e 1gr para poder compactar, y así tener 4 bandejas de 3 kg.



Foto N°4

4. Tener un molde para el método A de 101.6 mm (4 pulg) de diámetro, debido a eso sacamos su volumen de dicho molde que tiene 4 pulg de diámetro y 116 mm que tendrá un volumen de 944 cm³, y un martillo de 19 libras.



Foto N°5: molde

**Foto N°6: altura del
molde**



Foto N°7

5. Luego de obtener el volumen procedemos a pesar el molde, que estará pesando 4185 gr.



Foto N°8

6. Procedemos a colocar porciones de agua a la muestra con una probeta que tiene tamaños en mililitros con la cual echaremos un porcentaje determinado hasta encontrar un contenido de humedad óptimo en que ese suelo llegue a densificar al máximo.



Foto N°9

7. Una vez mezclada la muestra con el agua tenemos que dividirlo en 5 porciones para así por cada porción nos pertenecerá a una capa en total se dará 5 capas y por cada capa se dan 25 golpes y así por cada capa una vez concluida con las 5 capas quitamos el collarín y procedemos a enraizar.



Foto N°10: 5 porciones divididas



Foto N°11: 1era capa colocada



Foto N°12: 25 golpes por capa



Foto N°13: quintando el collarín



Foto N°14: enrazando

8. Luego procedemos a pesar el molde más suelo compactado.



Foto N°15

9. Procedemos a sacar la muestra compactada del molde.



Foto N°16

10. De la muestra compactada sacada del molde de la parte media o del centro sacamos una porción en una tara, antes de ello pesamos la tara y luego pesamos la tara mas muestra húmeda.



Foto N°17



Foto N°18

11. Una vez realizado de cada recipiente con su respectivo porcentaje de agua y golpes y obtenido sus pesos y también de los pesos de las taras más peso húmedo. Las taras con suelo húmedo lo metemos al horno por 24 horas y al día siguiente tener un resultado de tara más muestra seca y así sacar su contenido de humedad.



Foto N°19: secado en el horno

ENSAYO PROCTOR ESTANDAR:

1. Tenemos la muestra alterada previamente secado al aire.



Foto N°1

2. Igual al procedimiento anterior continuamente vemos que tienen finos y un porcentaje mínimo de gravas por lo tanto trabajaremos con el método A del ensayo proctor estándar para ello hay que trabajar con el material que pasa la malla N°4 (4.75 mm).

**Foto N°2**

3. Usar 3 kg del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el método A.

**Foto N°3**

4. Tener un molde para el método A de 101.6 mm (4 pulg) de diámetro, debido a eso sacamos su volumen de dicho molde que tiene 4 pulg de diámetro y 116 mm que tendrá un volumen de 944 cm³, y un martillo de 19 libras.

**Foto N°4: molde****Foto N°5: altura del molde**



Foto N°6: pison o martillo

5. Luego de obtener el volumen procedemos a pesar el molde, que estará pesando 4185 gr.



Foto N°7

6. Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes lleguen a un contenido de humedad óptimo en que ese suelo llegue a densificar al máximo en nuestra curva de compactación.



Foto N°8: probeta



Foto N°9: mezclando

7. Procedemos a compactar para eso dividimos el espécimen en 3 porciones para así tener cada porción para cada capa en total son 3 capas y por cada capa 25 golpes, una vez concluida con las 3 capas quitamos el collarín y enrazamos.



Foto N°10: 3 porciones



Foto N°11: compactamos



Foto N°12: enrazamos

8. Luego procedemos a pesar el molde más suelo compactado.



Foto N°13

9. Procedemos a sacar la muestra compactada del molde.



Foto N°14

10. De la muestra compactada sacada del molde de la parte media o del centro sacamos una porción en una tara, antes de ello pesamos la tara y luego pesamos la tara mas muestra húmeda.



11. Concluyendo con los 4 especímenes las taras con las muestras húmedas lo metemos al horno por 24 horas y ya tener al día siguiente un resultado de la muestra seca.



Foto N°17: secado en el horno

Ensayo Cbr:

1. Para nuestro ensayo CBR necesitábamos hacer el ensayo de proctor modificado para determinar el óptimo contenido de humedad y así poder instalar y proceder el CBR, tenemos la muestra y necesitamos la muestra pasante del tamiz $\frac{3}{4}$ "



Foto N°1: muestra



Foto N°2: tamiz $\frac{3}{4}$ "

2. Necesitamos 3 moldes de 6" de diámetro y 3 bandejas de 6kg de muestra para cada molde.



Foto N°3: 3 moldes



Foto N°4: 3 bandejas con 5kg de muestra

Foto N°5: pesando la muestra



3. Tenemos un molde con la cual debemos sacar su volumen, y aparte un espaciador que va ir al interior de la muestra con un volumen de 919 cm^3 , procedemos a pesar el molde y hallar su volumen del molde restado con el volumen del espaciador.



Foto N°6 : altura del molde



Foto N°7: espaciador

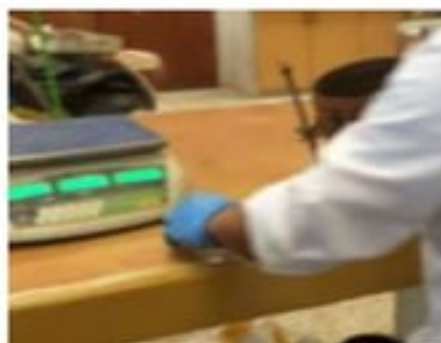


Foto N°8: peso del molde

4. Proporcionamos agua que sería el óptimo contenido de humedad con la densidad máxima y así proporcionamos agua en la probeta para echar a la muestra y mezclarlo y dividir en 5 porciones que sería 1 porción por cada capa.



Foto N°9: probeta



Foto N°10

- 5.
6. Procedemos a colocar un collarín sobre el molde para poder compactar en la cual serán 5 capas por cada molde y utilizamos el pisón para la energía y una porción de agua que ya seizó en el paso anterior y se efectuara dando 56(3er molde) , 25(2do molde), 10 golpes(1er molde).

**Foto N°11**

7. Terminada la compactación se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta, se desmonta el molde y se vuela a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base para luego pesarlo.

**Foto N°12: enrasando****Foto N°13: invirtiendo el molde**



Foto N°14: peso del molde

8. Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago para completar la sobre carga.



Foto N°15

9. Una vez compactado los tres moldes se toma lecturas para medir el hinchamiento colocando el tripode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, el día y la hora, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra se mantiene la probeta durante 96 horas (4 días) al final del periodo se vuelve a leer el picnómetro para medir el hinchamiento luego de finalizar el proceso se pesa los moldes quitando la sobrecarga, que nos dará un peso de molde mas muestra saturada.

**Foto N°16****Fotos N°17: Peso saturado**

10. Penetración llevamos los moldes ya saturados a la prensa y colocamos en el orificio central de la sobrecarga sobre la muestra el pistón de penetración. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde. Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato con una velocidad de penetración uniforme de 0.05'' por minuto.

**Foto N°18: pistón****Foto N°19: pistón sobre el molde de la muestra**



Foto N°20: asiendo contacto



Foto N°21: lectura dial

11. Finalmente se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.



Foto N°22: peso de tara más muestra húmeda



Foto N° 23: secado en el horno



Foto grupal



Foto grupal

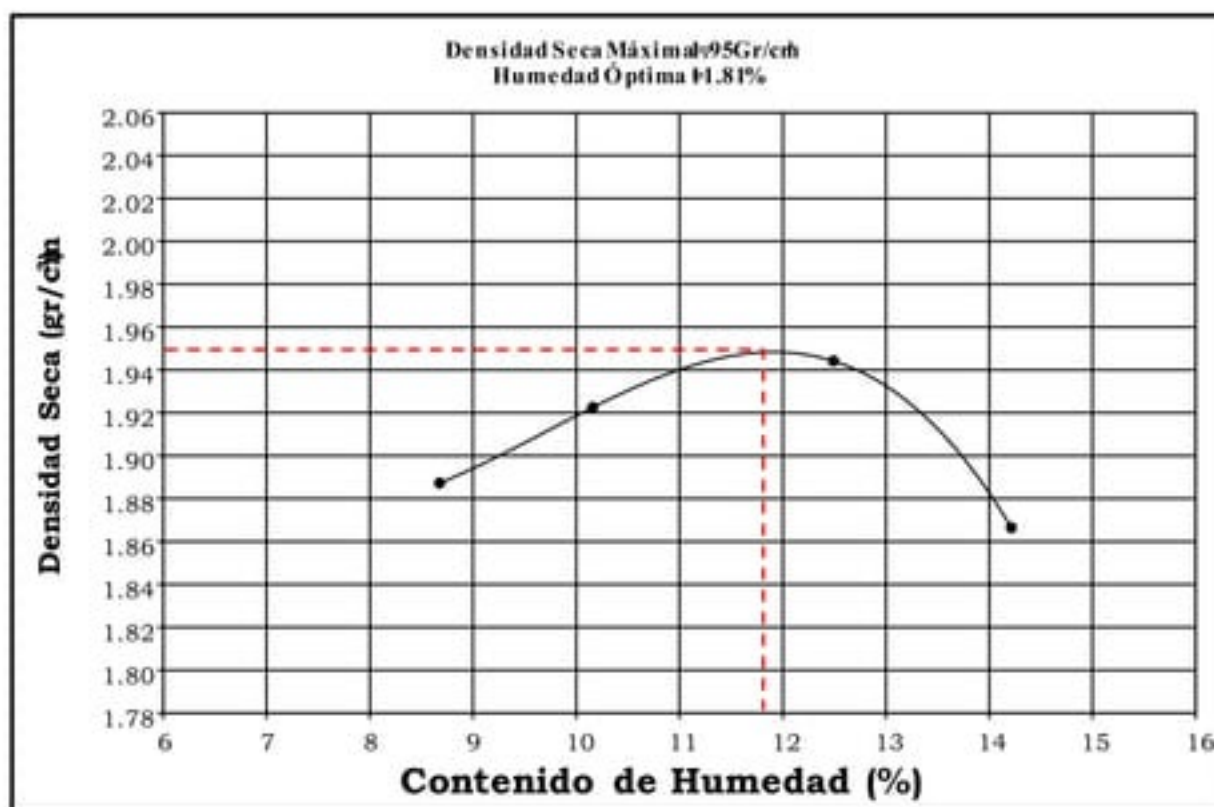


9. RESULTADOS:

**ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR ESTANDAR ASTM D 698
METODO "A"**

CALICATA :
PROFUNDIDAD :
FECHA : 11 de junio de 2018

PROCTOR ESTANDAR - MTC E-116 - 2000 "A"				
Nº Capa	3	3	3	3
Golpes por capa Nº	25	25	25	25
Peso molde + suelo húmedo (gr)	6122	6185	6250	6198
Peso de molde (gr)	4192	4192	4192	4192
Peso del suelo húmedo (gr)	1930	1993	2058	2006
Volumen del molde (cm ³)	941	941	941	941
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.051	2.118	2.187	2.132
Densidad seca (gr/cm ³)	1.89	1.92	1.94	1.87
Tarro Nº				
Tarro + Suelo húmedo (gr)	208.4	223.6	208.5	224.6
Tarro + Suelo seco (gr)	194.3	205.6	190.0	200.0
Peso del Agua (gr)	14.03	17.99	18.54	24.56
Peso del tarro (gr)	32.65	28.54	41.58	27.23
Peso del suelo seco (gr)	161.7	177.0	148.4	172.8
Humedad (%)	8.68	10.16	12.49	14.22



**ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557 METODO "A"**

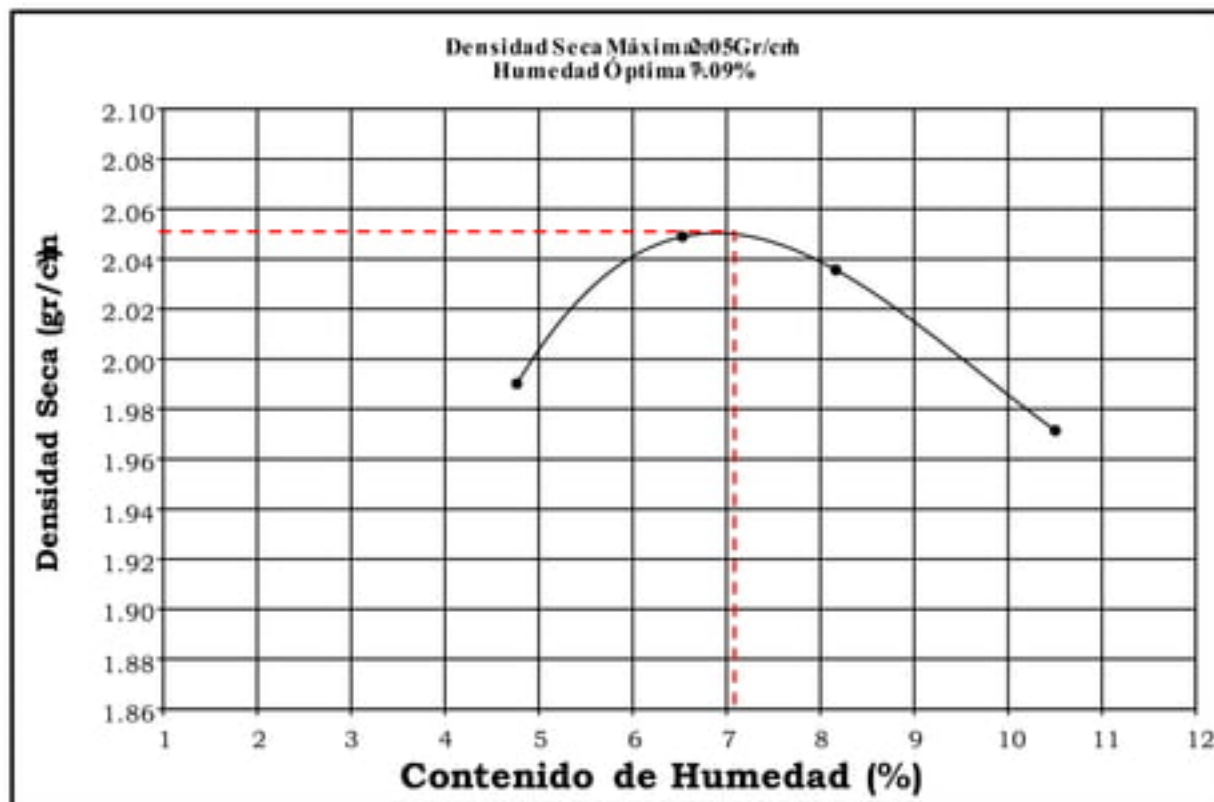
CALICATA : C - 1

PROFUNDIDAD :

FECHA : 11 de junio de 2018

PROCTOR MODIFICADO - MTC E-115 - 2000 "A"

Nº Capa	5	5	5	5
Golpes por capa Nº	25	25	25	25
Peso molde + suelo húmedo (gr)	6154	6246	6264	6242
Peso de molde (gr)	4192	4192	4192	4192
Peso del suelo húmedo (gr)	1962	2054	2072	2050
Volumen del molde (cm ³)	941	941	941	941
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.085	2.183	2.202	2.179
Densidad seca (gr/cm ³)	1.99	2.05	2.04	1.97
Tarro Nº				
Tarro + Suelo húmedo (gr)	202.4	216.6	201.7	219.7
Tarro + Suelo seco (gr)	194.3	205.6	190.0	200.0
Peso del Agua (gr)	8.04	11.02	11.68	19.65
Peso del tarro (gr)	25.69	36.87	46.98	12.98
Peso del suelo seco (gr)	168.6	168.7	143.0	187.0
Humedad (%)	4.77	6.53	8.17	10.51





ENSAYO DE CBR

ASTM D 1883

Molde N°	1		2		3	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	10		25		56	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde+suelo húmedo (gr)	12224	12512	11998	12512	11765	12575
Peso de molde (gr)	7650	7628	7226	7226	6788	6788
Peso del suelo húmedo (gr)	4574	4884	4772	5286	4977	5787
Volumen del molde (cm3)	2317	2317	2317	2317	2317	2317
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.974	2.108	2.060	2.281	2.148	2.498
Densidad seca (gr/cm3)	1.87	1.87	1.96	1.96	2.04	2.04
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	200.8	193.5	192.4	213.6	210.7	221.4
Tarro + Suelo seco (gr)	191.3	174.3	184.4	187.7	201.7	185.7
Peso del Agua (gr)	9.51	19.29	8.00	25.93	8.97	35.71
Peso del tarro (gr)	22.49	20.21	32.65	30.25	25.87	24.58
Peso del suelo seco (gr)	168.8	154.0	151.7	157.4	175.8	161.1
Humedad (%)	5.64	12.52	5.27	16.47	5.10	22.17
Expansión (%)	0.00		0.00		0.00	

PROCTOR MODIFICADO-MTC - 115 - 2000 "A"

N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	25		25		25	
Peso molde+suelo húmedo (gr)	6111		6195		6255	
Peso de molde (gr)	4192		4192		4192	
Peso del suelo húmedo (gr)	1919		2003		2063	
Volumen del molde (cm3)	941		941		941	
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.039		2.129		2.192	
Densidad seca (gr/cm3)	1.98		2.03		2.05	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	201.7		245.4		230.5	
Tarro + Suelo seco (gr)	196.8		237.6		219.9	
Peso del Agua (gr)	4.95		7.78		10.64	
Peso del tarro (gr)	32.65		85.24		69.54	
Peso del suelo seco (gr)	164.1		152.3		150.3	
Humedad (%)	3.02		5.11		7.08	

C.B.R.

PENETRACIÓN Pulg	MOLDE N° 1 (10 g/c)				MOLDE N° 2 (25 g/c)				MOLDE N° 3 (56 g/c)			
	CARGA				CARGA				CARGA			
	Dial (div)	Lb	Lb/pul²	%	Dial (div)	Lb	Lb/pul²	%	Dial (div)	Lb	Lb/pul²	%
0.000	0	0	0.00		0	0	0		0	0	0	
0.025	26	230	77.19		41	363	121.7163		68	602	201.8709	
0.050	53	469	157.34		82	725	243.4326		128	1132	379.9923	
0.075	75	664	222.65		116	1026	344.368		181	1601	537.3329	
0.100	95	840	282.03	28.2	146	1292	433.4287	43.3	225	1991	667.5552	66.8
0.200	142	1256	421.55		246	2176	730.2977		382	3379	1134.04	
0.300	176	1575	528.43		321	2840	952.9495		516	4565	1531.844	
0.400	216	1911	641.24		402	3556	1193.413		612	5414	1816.838	
0.500	249	2203	739.20		485	4291	1439.815		812	7184	2410.576	

ENSAYO DE C.B.R. ASTM D - 1883

Calicata : **C - 1**

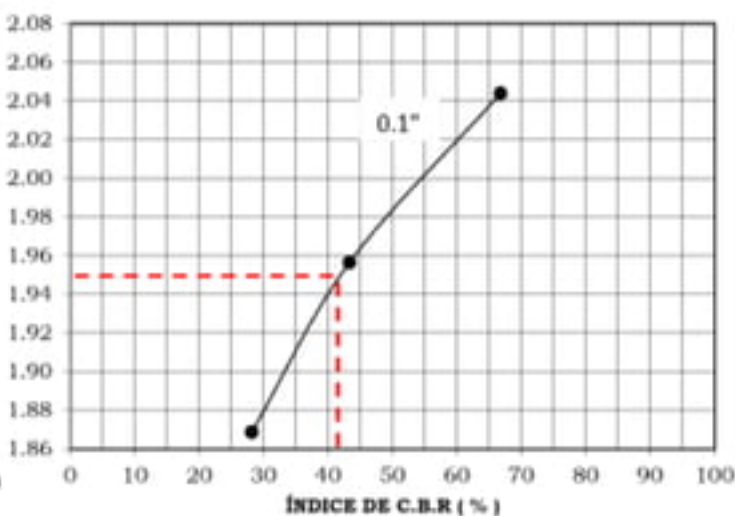
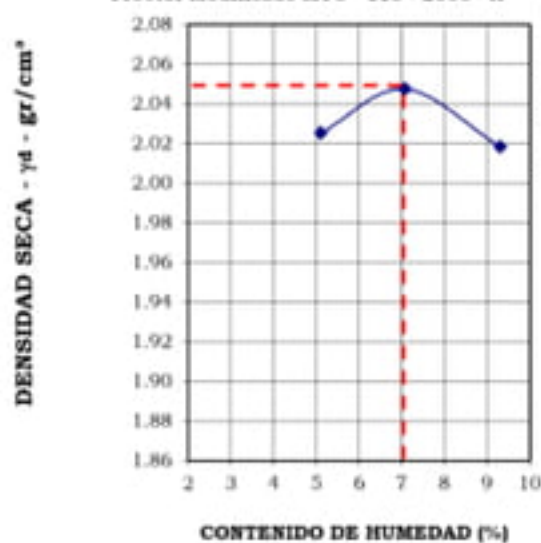
Muestra : **MAB-1**

Profundidad : **1.50 m.**

Densidad Seca Máxima	:	2.05	gr/cm ³
Humedad Óptima	:	7.09	%
C.B.R. 0.1" - 95 % D.S.M.	:	41.91	%
C.B.R. 0.1" - 100 % D.S.M.	:	66.80	%
Expansión	:	0.00	%



Proctor Modificado MTC - 115 - 2000 "A"





10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES :

1. Se concluye que para la realización de estos ensayos es necesario conocer las normas respectivas ya citadas anteriormente para así poder desarrollar adecuadamente todos los ensayos.
2. Debemos realizar los ensayos con precisión ya que de nuestro resultado dependerá el diseño de la base subbase subrogante y el material para el afirmado.
3. Antes de entrar al laboratorio es necesario contar con los epp respectivos para evitar posibles accidentes ya que para realizar los ensayos se trabaja con martillos y objetos de peso.
4. Se recomienda que antes de cada realización de los ensayos debemos saber identificar que método usar para cada ensayo ya que el método depende de la granulometría de la muestra.



11. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- <https://es.scribd.com/doc/267513939/NTP-339-141-1999-pdf>
- <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Habilitaciones%20Urbanas/15%20CE.020%20SUELOS%20Y%20TALUDES%20DS%20N%C2%B0%20017-2012.pdf>
- <https://es.scribd.com/document/267512763/NTP-339-143-1999-pdf>
- <https://es.scribd.com/document/335415163/NTP-339-145-CB>
- https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/EM-2000/seccion-01/mtc115.pdf
- https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/EM-2000/seccion-01/mtc116.pdf