

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE CIVIL**



**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**“Caracterización de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Material de Subrasante  
de la vía Santo Domingo - Los Bancos, desde la abscisa ubicada Latitud: 00° 13’  
35.73’’ S y Longitud: 79° 07’ 27.44’’ O, hasta Latitud: 00° 13’ 01.56’’ S y Longitud:  
79° 07’ 08.03’’ O”.**

**AUTORES:**

**XAVIER SEBASTIÁN BOLAÑOS CHAVARRÍA**

**SEBASTIÁN DAVID RUIZ VALAREZO**

**DIRECTOR:**

**MGTR. ING. JUAN CARLOS MONTERO PARDO**

**QUITO DM, NOVIEMBRE DEL 2023**

# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN. ....	5
1.1.	JUSTIFICACIÓN. ....	5
1.2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	5
1.3.	OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS. ....	6
1.4.	ALCANCE. ....	7
2.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. ....	8
2.1.	DESCRIPCIÓN COMPACTACIÓN CON PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557). ....	8
2.1.1.	DEFINICIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN CON PROCTOR MODIFICADO. ....	8
2.1.2.	EQUIPOS A UTILIZAR PARA ENSAYO DE COMPACTACIÓN CON PROCTOR MODIFICADO. ....	9
2.1.3.	PROCEDIMIENTOS PARA EL TRATAMIENTO DE MUESTRAS. ....	12
2.1.4.	EXPLICACIÓN DETALLADA DEL PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN CON PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557). ....	12
2.2.	DESCRIPCIÓN RATIO DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR).....	19
2.2.1.	DEFINICIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN DEL CBR. ....	20
2.2.3.	PROCEDIMIENTOS PARA PREPARACIÓN DE MUESTRAS DE ENSAYO EN LABORATORIO ....	25
2.2.4.	EXPLICACIÓN DETALLADA DEL PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO CBR (ASTM D 1833). ....	25
2.3.	DESCRIPCIÓN CLASIFICACIÓN SUCS. ....	31
2.3.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS GRUPOS Y SUBGRUPOS DE SUELOS.....	31
2.4.	DESCRIPCIÓN CLASIFICACIÓN AASHTO. ....	35
2.4.1.	DESCRIPCIÓN LOS GRUPOS Y SUBGRUPOS DE SUELOS. ....	36
2.4.2.	GRAVEDAD ESPECÍFICA ....	38
3.	TRABAJOS IN SITU. ....	39
3.1.	TOMA DE MUESTRAS PARA ENSAYO DE COMPACTACIÓN Y CBR. ....	41
3.2.	TOMA DE MUESTRAS PARA CLASIFICACIÓN SUCS Y AASHTO. ....	41
4.	ENSAYOS DE LABORATORIO. ....	42
4.1.	EJECUCIÓN ENSAYO ASTM D 1557: COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO. ....	42
4.2.	EJECUCIÓN DEL ENSAYO ASTM D 1883: DETERMINACIÓN DEL CBR.....	42

4.3.	EJECUCIÓN DEL ENSAYO ASTM D4318: DETERMINACIÓN LIMITE LÍQUIDO, LÍMITE DE PLASTICIDAD E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS. ....	42
4.4.	EJECUCIÓN DEL ENSAYO ASTM D422: MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. ....	45
4.5.	CLASIFICACIÓN SUCS Y AASHTO.....	46
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS. ....	46
5.1.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS. ....	46
5.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS. ....	84
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
6.1.	CONCLUSIONES. ....	86
6.2.	RECOMENDACIONES. ....	87
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	88

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 2.1	MOLDE CILÍNDRICO DE 4 PULGADAS.....	10
ILUSTRACIÓN 2.2	MOLDE CILÍNDRICO DE 6 PULGADAS.....	10
ILUSTRACIÓN 2.3	PATRÓN DE COMPACTACIÓN EN MOLDE DE 4 PULGADAS.....	14
ILUSTRACIÓN 2.4	PATRÓN DE COMPACTACIÓN DE MOLDE DE 6 PULGADAS.....	14
ILUSTRACIÓN 2.5	EJEMPLO GRÁFICO DE LA CURVA DE COMPACTACIÓN.....	18
ILUSTRACIÓN 2.6	MOLDE CON COLLARÍN DE EXTENSIÓN Y DISCO ESPACIADOR. ....	22
ILUSTRACIÓN 2.7	APARATO UTILIZADO PARA MEDIR LA EXPANSIÓN.....	23
ILUSTRACIÓN 2.8	PESAS DE SOBRECARGA Y PISTÓN DE PENETRACIÓN. ....	24
ILUSTRACIÓN 2.9	CORRECCIÓN DE CURVAS CARGA-PENETRACIÓN. ....	30
ILUSTRACIÓN 2.10	MÉTODO PARA AJUSTAR LA CURVATURA CÓNCAVA HACIA ARRIBA .....	30
ILUSTRACIÓN 2.11	CARTA DE PLASTICIDAD PARA CLASIFICACIÓN SUCS .....	33
ILUSTRACIÓN 2.12	DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICAR SUELOS FINOS (QUE PASA MÁS DEL 50% EL TAMIZ NO. 200) .....	34
ILUSTRACIÓN 2.13	DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICAR SUELOS DE GRANO FINO ORGÁNICOS	

ILUSTRACIÓN 3.1	UBICACIÓN DE CALICATAS A TRAVÉS DE UNA IMAGEN SATELITAL .....	40
ILUSTRACIÓN 3.2	PERFIL LONGITUDINAL DEL TRAMO DE VÍA A ANALIZAR.....	41
ILUSTRACIÓN 4.1	DISPOSITIVO DE LÍMITE LÍQUIDO .....	43
ILUSTRACIÓN 5.1	PERFIL ESTRATIGÁFICO DEL TRAMO DE VÍA ANALIZADO .....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1	TIEMPOS DE REPOSO REQUERIDOS PARA ESPECÍMENES HUMEDECIDOS .....	13
TABLA 2.2	MASA MÍNIMA DE MATERIAL HÚMEDO SELECCIONADA PARA SER REPRESENTATIVA DE LA MUESTRA COMPLETA .....	15
TABLA 2.3	VALORES REFERENCIALES DE CBR, USOS Y SUELOS .....	20
TABLA 2.4	CAPACIDAD DE CARGA MÍNIMA.....	21
TABLA 2.5	FORMATO PARA TOMAR LECTURAS DE CARGA SEGÚN LA PENETRACIÓN. ....	28
TABLA 2.6	PREFIJOS Y SUFIJOS UTILIZADOS PARA LA CLASIFICACIÓN SUCS .....	32
TABLA 2.7	TABLA DE CLASIFICACIÓN SUCS .....	33
TABLA 2.8	CLASIFICACIÓN DE SUELOS MÉTODO AASHTO M-145 .....	36
TABLA 3.1	IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS PARA OBTENCIÓN DE MUESTRAS. ....	40
TABLA 5.1	RESUMEN DE RESULTADOS CARACTERIZACIÓN DE SUELOS SUCS .....	84
TABLA 5.2	RESUMEN DE RESULTADOS CARACTERIZACIÓN DE SUELOS AASHTO .....	85
TABLA 5.3	RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS – PROCTOR Y CBR.....	86

## ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 2.1	DENSIDAD HÚMEDA DE SUBMUESTRA (PUNTO DE COMPACTACIÓN). ....	16
ECUACIÓN 2.2	DENSIDAD SECA DEL PUNTO DE COMPACTACIÓN .....	16
ECUACIÓN 2.3	DENSIDAD SECA DEL PUNTO DE COMPACTACIÓN .....	17

## **1. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1. Justificación.**

La falta de atención en la vía Santo Domingo – Los Bancos ha sido relevante durante los últimos 10 años, provocando problemas y amenazas en la carretera para la comunidad que transita por esta arteria vial, la cual necesita una conexión segura y eficiente entre la provincia de Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas. Esta carretera exhibe deficiencias de naturaleza estructural, las cuales podrían derivar de posibles incongruencias en su diseño inicial, carencias en la ejecución de la construcción, negligencias en las labores de mantenimiento, o incluso la presencia de datos erróneos en las muestras empleadas durante el análisis del terreno. Con base en la información proporcionada, el objetivo principal de este proyecto es llevar a cabo una evaluación integral de las propiedades físicas y mecánicas del suelo presente en la carretera en cuestión. Esta caracterización del suelo se considera fundamental para establecer una base sólida que pueda utilizarse en el diseño apropiado del pavimento en el futuro.

### **1.2. Planteamiento del problema.**

La adecuada selección de materiales, junto con el correcto diseño de secciones para la construcción de la carpeta asfáltica son elementos críticos en la calidad y durabilidad de una vía. Uno de los factores fundamentales que influyen en esta elección es la caracterización precisa del suelo, ya que esta información no solo define la calidad de la subrasante, sino que también impacta significativamente en el diseño la subbase de la vía.

Para expresar de mejor manera la importancia de la caracterización del suelo citamos a Zapata (2018) “El conocimiento del suelo que interviene en cualquier obra civil es de suma importancia para poder estimar el comportamiento futuro que tendrá, tanto durante como después del proceso constructivo, y así evitar cualquier posible imprevisto” (p.2). Lamentablemente, en muchos proyectos de pavimentación, la caracterización del suelo ha sido insuficiente o incorrecta, lo que ha dado lugar a diseños defectuosos que se suelen manifestar con el deterioro temprano de la vía. Es posible que, dentro de la planificación de la vía tratada en este trabajo, la evaluación del suelo, a menudo realizada a través de pruebas como el CBR (California Bearing Ratio) y la clasificación según el método SUCS

(Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), haya arrojado valores erróneos, lo que ha llevado a una sobrestimación de la capacidad de soporte real del suelo.

Es importante destacar que los suelos pueden variar significativamente en distancias relativamente cortas, lo que aumenta la complejidad del problema. Por lo tanto, en este proyecto, se plantea llevar a cabo ensayos exhaustivos, en línea con las normativas vigentes, utilizando muestras cuidadosamente recopiladas. El objetivo principal es proporcionar resultados precisos y confiables que servirán como base sólida para la planificación y ejecución de una rehabilitación integral de la calzada en la vía Santo Domingo - Los Bancos. Esta iniciativa busca garantizar la seguridad y durabilidad de la infraestructura vial, así como optimizar los recursos invertidos en su mantenimiento a largo plazo.

### **1.3. Objetivos generales y específicos.**

#### **OBJETIVO GENERAL:**

Caracterizar las Propiedades Físicas y Mecánicas del Material de Subrasante de la vía Santo Domingo - Los Bancos, desde la abscisa ubicada Latitud: 00° 13' 35.73'' S y Longitud: 79° 07' 27.44'' O, hasta Latitud: 00° 13' 01.56'' S y Longitud: 79° 07' 08.03'' O.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Determinar 4 puntos de recolección de muestras con una distancia aproximada de 500 metros cada una, garantizando que estas sean alteradas y que la obtención de la muestra sea accesible.
- Determinar las propiedades mecánicas de material de subrasante mediante ensayos de compactación y CBR, de acuerdo con las normas ASTM D1557 y ASTM D1883.
- Determinar las propiedades físicas del material de subrasante mediante ensayos de: granulometría, gravedad específica, humedad y límites de Atterberg, de acuerdo con la norma ASTM D2487.

#### **1.4. Alcance.**

El presente estudio tiene como objetivo principal la caracterización del material de subrasante en el tramo de la vía Troncal de la Costa E25, específicamente en la sección correspondiente al sector Rio Toachi, ubicado entre Santo Domingo de los Tsáchilas y San Miguel de los Bancos. Para alcanzar este propósito, se llevarán a cabo los siguientes procedimientos y ensayos:

**Determinación de Propiedades Mecánicas mediante el Ensayo CBR (California Bearing Ratio):** Se empleará el método CBR de acuerdo con la norma ASTM D1833 para evaluar las propiedades mecánicas del suelo de subrasante. Para este fin, se realizarán ensayos de Compactación utilizando el Proctor modificado, conforme a la norma ASTM D1557. Estos ensayos permitirán la obtención de parámetros cruciales como la densidad seca máxima y la humedad óptima del suelo.

**Determinación de Propiedades Físicas y Clasificación del Suelo:** Se procederá a la caracterización de las propiedades físicas del suelo, así como a su clasificación de acuerdo con los estándares SUCS (Unified Soil Classification System) y AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Para llevar a cabo la clasificación, se efectuarán ensayos de Granulometría conforme a la norma ASTM D422, Límites de Atterberg según la norma ASTM D4318 y Gravedad Específica de acuerdo con la norma ASTM D854.

Es importante destacar que el propósito fundamental de este estudio se limita a la caracterización detallada de las propiedades físicas y mecánicas del material de subrasante en la mencionada vía. No se incluye en el alcance de este proyecto el diseño o la planificación de la infraestructura vial en cuestión. Además, se subraya que la toma de muestras de suelo se realizará con una periodicidad de 500 metros a lo largo de la vía, con un enfoque en la selección de ubicaciones óptimas que sean accesibles y seguras para el personal encargado de la toma de muestras.

## **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

### **2.1.Descripción Compactación con Proctor modificado (ASTM D1557).**

El ensayo de Compactación con Proctor modificado, según la norma ASTM D1557 (2012), abarca métodos utilizados para determinar la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelos, lo que se conoce como la curva de compactación. Este proceso se realiza utilizando un molde de 4 o 6 pulgadas de diámetro (101.6 o 152.4 mm) equipado con un Martillo Compactador que ejerce una fuerza de 10.00 libras (44.48 Newtons). El Martillo Compactador se suelta desde una altura de 18.00 pulgadas (457.2 mm), generando un esfuerzo de compactación de 56,000 Libras-Pie por Pie cúbico (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>).

Es importante destacar que estos métodos de ensayo se aplican específicamente a los suelos que tienen un máximo del 30% de sus partículas retenidas en el tamiz de No. 3/4 (19.0 mm) y que no han sido compactados previamente en laboratorio, evitando así la reutilización de suelos compactados.

#### **2.1.1. Definición y conceptualización del ensayo de Compactación con Proctor modificado.**

El ensayo de Compactación con Proctor modificado, según la norma ASTM D1557 (2012), es fundamental en ingeniería civil y geotécnica. Se utiliza principalmente en la compactación de suelos en proyectos como terraplenes, plataformas de cimentación y bases de carreteras, ayudando a mejorar propiedades como resistencia y permeabilidad. Los ensayos de laboratorio son la base para determinar el porcentaje de compactación y el contenido de agua necesarios para lograr las propiedades deseadas. Según la normativa, se ofrecen tres métodos alternativos (Método A, B y C) basados en la especificación del material y su gradación. Cada método se elige según las necesidades del proyecto y el material en cuestión.

#### **Método A:**

- **Molde:** Utiliza un molde con un diámetro de 4 pulgadas (101.6 mm).
- **Material:** El material debe pasar a través del tamiz No. 4 (4.75 mm).
- **Capas:** Se compacta en cinco capas.

- **Golpes por capa:** Cada capa se golpea 25 veces.
- **Uso:** Se recomienda para materiales donde el 25% o menos en masa está retenido en el tamiz No. 4 (4.75 mm). Sin embargo, si el 5 al 25% en masa del material está retenido en el tamiz No. 4, aún se puede usar el Método A, pero se requerirán correcciones de sobretamaño según la Normativa.

#### **Método B:**

- **Molde:** Utiliza un molde con un diámetro de 4 pulgadas (101.6 mm).
- **Material:** El material debe pasar a través del tamiz de 3/8 de pulgada (9.5 mm).
- **Capas:** Se compacta en cinco capas.
- **Golpes por capa:** Cada capa se golpea 25 veces.
- **Uso:** Puede ser utilizado si el 25% o menos en masa del material está retenido en el tamiz No. 3/8 (9.5 mm). Sin embargo, si el 5 al 25% en masa del material está retenido en el tamiz No. 3/8, se puede usar el Método B, pero se requerirán correcciones de sobretamaño.

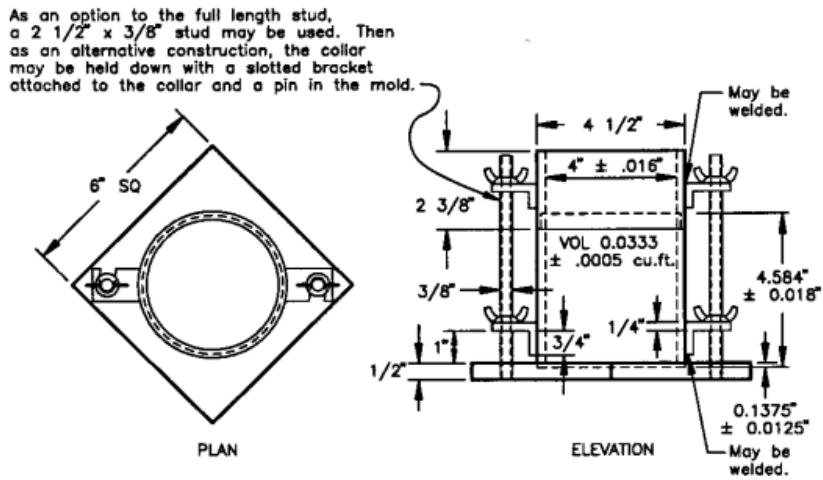
#### **Método C:**

- **Molde:** Utiliza un molde con un diámetro de 6 pulgadas (152.4 mm).
- **Material:** El material debe pasar a través del tamiz de 3/4 de pulgada (19.0 mm).
- **Capas:** Se compacta en cinco capas.
- **Golpes por capa:** Cada capa se golpea 56 veces.
- **Uso:** Puede ser utilizado si el 30% o menos en masa del material está retenido en el tamiz de 3/4 de pulgada. El molde de diámetro de 6 pulgadas no se usa con los Métodos A o B.

#### **2.1.2. Equipos a utilizar para ensayo de Compactación con Proctor modificado.**

**Molde de 4 pulgadas:** Este molde debe tener un diámetro interior promedio de  $4.000 \pm 0.016$  pulgadas ( $101.6 \pm 0.4$  mm), una altura de  $4.584 \pm 0.018$  pulgadas ( $116.4 \pm 0.5$  mm) y un volumen de  $0.0333 \pm 0.0005$  pies cúbicos ( $943.0 \pm 14.0$  cm<sup>3</sup>). La siguiente figura ilustra un molde ensamblado que cumple con los requisitos mínimos.

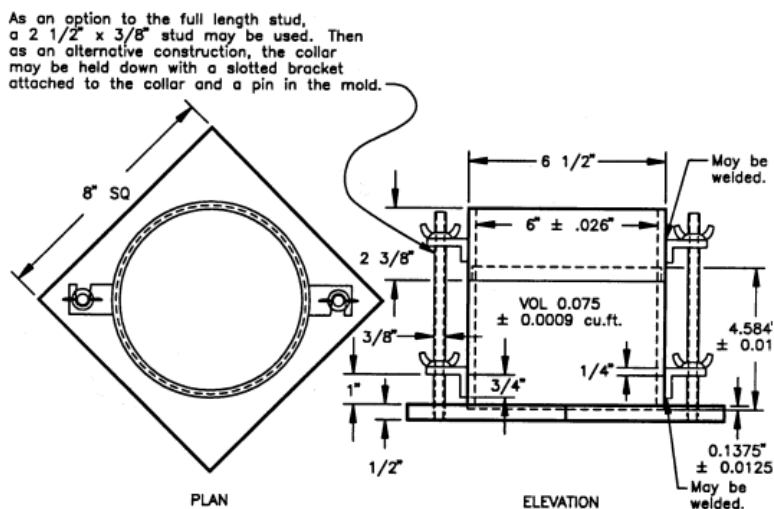
**Ilustración 2.1** Molde Cilíndrico de 4 pulgadas



Nota. Molde Cilíndrico de 4 pulgadas que cumple con Normativa. Tomado de (ASTM D1557, 2012).

**Molde de 6 pulgadas:** Este molde debe tener un diámetro interior promedio de  $6.000 \pm 0.026$  pulgadas ( $152.4 \pm 0.7$  mm), una altura de  $4.584 \pm 0.018$  pulgadas ( $116.4 \pm 0.5$  mm) y un volumen de  $0.0750 \pm 0.0009$  pies cúbicos ( $2124 \pm 25$  cm<sup>3</sup>). La siguiente figura muestra un molde ensamblado que cumple con los requisitos mínimos.

**Ilustración 2.2** Molde Cilíndrico de 6 pulgadas



Nota. Molde Cilíndrico de 6 pulgadas que cumple normativa. Tomado de (ASTM D1557, 2012).

**Martillo Compactador:** El Martillo Compactador es una parte fundamental del ensayo de compactación. Puede ser operado manual o mecánicamente, y su función principal es compactar la muestra de suelo en el molde. El Martillo Compactador debe caer libremente

desde una altura específica de  $18.00 \pm 0.05$  pulgadas ( $457.2 \pm 1.3$  mm) desde la superficie de la muestra. El peso del Martillo Compactador debe ser de  $10.00 \pm 0.02$  lbf ( $44.48 \pm 0.09$  N, o una masa de  $4.5364 \pm 0.009$  kg). La cara de impacto del Martillo Compactador debe ser plana y circular, con un diámetro de  $2.000 \pm 0.005$  pulgadas ( $50.80 \pm 0.13$  mm) cuando es nuevo. El Martillo Compactador debe ser reemplazado si la cara de impacto se desgasta o deforma al punto en que el diámetro exceda  $2.000 \pm 0.01$  pulgadas ( $50.80 \pm 0.25$  mm).

**Extractor de Muestra:** Se refiere a un gato, estructura u otro dispositivo diseñado para el propósito de extraer las muestras compactadas del molde. Este extractor puede ser útil para garantizar una extracción adecuada de las muestras del molde después de la compactación.

**Balanza:** Se necesita una balanza de precisión para determinar el contenido de agua de las muestras compactadas. Debe ser de Clase GP5 y cumplir con los requisitos de la Especificación D4753. La precisión requerida es de 1 gramo (1-g). Sin embargo, si las muestras compactadas se determinan utilizando una porción representativa en lugar de la muestra completa y esta porción es menor a 1000 gramos, se requiere una balanza de Clase GP2 con una precisión de 0.1 gramo (0.1-g) para cumplir con los requisitos de los Métodos de Ensayo D2216 para determinar el contenido de agua al 0.1 %.

**Horno de Secado:** Un horno controlado termostáticamente es esencial para secar las muestras compactadas y determinar el contenido de agua. Debe ser capaz de mantener una temperatura uniforme de  $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$  ( $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ) en toda la cámara de secado. Normalmente, se requiere un horno de tipo ventilación forzada para cumplir con estos requisitos, y preferiblemente, el horno debe estar ventilado fuera de la edificación.

**Regla Recta:** Se necesita una regla de metal rígido de cualquier longitud conveniente, pero no menor de 10 pulgadas (250 mm). La longitud total de la regla debe ajustarse a una tolerancia de  $\pm 0.005$  pulgadas ( $\pm 0.1$  mm). Además, el borde de la regla debe ser biselado si su grosor es mayor a 1/8 de pulgada (3 mm).

**Tamices:** Se requieren tamices de diferentes tamaños, específicamente de No. 3/4 (19.0 mm), No. 3/8 (9.5 mm) y No. 4 (4.75 mm), que cumplan con los requisitos de la especificación E11. Estos tamices se utilizan para preparar las muestras de suelo antes de realizar el ensayo.

**Herramientas de Mezclado:** Diversas herramientas son necesarias para mezclar las submuestras de suelo con incrementos de agua de manera uniforme. Estas herramientas pueden incluir morteros, cucharas, espátulas, paletas, un dispositivo rociador para agregar agua de manera uniforme y, preferiblemente (aunque opcional), un dispositivo mecánico adecuado para lograr una mezcla completa de las submuestras de suelo con los incrementos de agua.

### **2.1.3. Procedimientos para el tratamiento de muestras.**

Según la norma ASTM D1557, el tratamiento de muestras para el ensayo de Compactación con Proctor Modificado implica considerar la masa mínima necesaria, que varía según el método (alrededor de 16 kg para los Métodos A y B, y aproximadamente 29 kg para el Método C). Esto se traduce en una masa húmeda mínima de 23 kg o 45 kg, dependiendo del método. Si no se conocen datos de gradación, se estima el porcentaje de material retenido en el tamiz adecuado (No. 4, 3/8 de pulgada o 3/4 de pulgada) y se selecciona el método en consecuencia. Si la estimación está cerca del límite, se realizan pruebas adicionales. Se recomienda, además, asegurar suficiente material de muestra para realizar el ensayo de manera efectiva.

### **2.1.4. Explicación detallada del procedimiento del ensayo de Compactación con Proctor modificado (ASTM D 1557).**

El ensayo de Compactación con Proctor Modificado implica consideraciones clave sobre el suelo y la preparación de las muestras. No se debe reutilizar suelo previamente compactado en el laboratorio. En ensayos de referencia, todos los laboratorios deben usar el mismo método de preparación, preferiblemente húmeda.

#### **Método de Preparación Húmeda:**

El método de preparación húmeda es el preferido para el ensayo de Compactación con Proctor Modificado y sigue estos pasos:

- La muestra se procesa a través del tamiz adecuado (No. 4, No. 3/8 o No. 3/4) sin secar previamente.
- Se preparan submuestras con diferentes contenidos de agua para estimar el contenido óptimo. Se selecciona una submuestra inicial con contenido cercano al óptimo y se ajusta el agua. Luego, se eligen contenidos de agua para submuestras adicionales.

- Las submuestras se mezclan y se selecciona una cantidad representativa para compactación.
- Se ajusta el contenido de agua agregando o eliminando agua durante el mezclado.
- Cada submuestra reposa durante un período específico antes de la compactación, basado en la clasificación del suelo según las prácticas estándar D2487 o D2488 de la Norma ASTM o datos de muestras similares, según los requisitos del ensayo.

**Tabla 2.1** *Tiempos de Reposo Requeridos para Especímenes Humedecidos*

Clasificación	Minimo Tiempo de Reposo, h
GW, GP, SW, SP	No requiere
GM, SM	3
Otros	16

Nota. Tiempos de Reposo Requeridos para Especímenes Humedecidos. Tomado de (ASTM D1557, 2012).

### **Método de Preparación Seca**

El método de preparación seca se emplea cuando la muestra está excesivamente húmeda para ser desmenuzada y requiere reducir su contenido de agua. Se sigue un proceso de secado al aire o utilizando un aparato de secado, asegurando que la temperatura no exceda los 140°F (60°C). Los pasos son los siguientes:

Los pasos para la preparación seca son los siguientes:

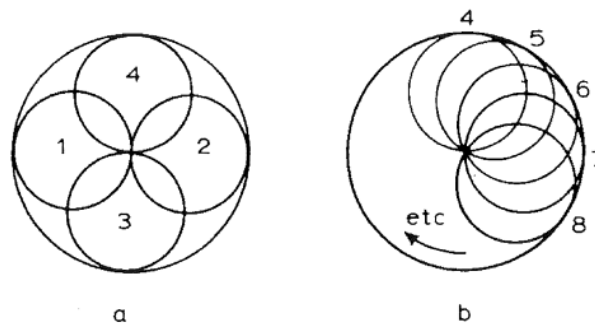
- a) La muestra se seca hasta que sea desmenuzable, rompiendo cualquier acumulación de material húmedo.
- b) La muestra se procesa a través del tamiz adecuado según los requisitos del Método (A, B o C) y las condiciones del suelo.
- c) Se determina y registra el contenido de agua de la fracción ensayada, junto con otras masas relevantes.
- d) Se seleccionan al menos cuatro (preferiblemente cinco) submuestras de la fracción de ensayo utilizando un cuarteador mecánico o proceso de cuarteo. Se puede agregar agua según sea necesario para uniformizarlas.

## Compactación

El proceso de compactación se lleva a cabo después de un período de curación, si es necesario, y se realiza de la siguiente manera:

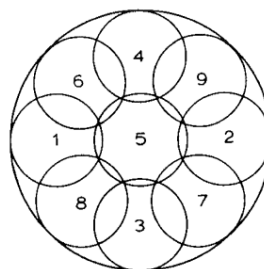
- Se determina y registra la masa del molde.
- Se ensambla el molde, se alinea y se asegura a una base rígida.
- Opcionalmente, se determina el contenido de agua de cada submuestra antes de la compactación.
- El suelo se compacta en cinco capas. Antes de la compactación, se coloca suelo suelto en el molde y se extiende en una capa uniforme. Se apisona ligeramente hasta que no esté suelto, usando un Martillo Compactador manual o cilindro de 2 pulgadas (50 mm) de diámetro, y se compactan las cuatro primeras capas.

**Ilustración 2.3** *Patrón de Compactación en Molde de 4 pulgadas*



Nota. Patrón de Compactación en Molde de 4 pulgadas según normativa. Tomado de (ASTM D1557, 2012).

**Ilustración 2.4** *Patrón de Compactación de Molde de 6 pulgadas*



Nota. Patrón de Compactación en Molde de 6 pulgadas según Normativa. Tomado de (ASTM D1557, 2012).

- e) Se recorta y descarta el suelo no compactado que se encuentre cerca de las paredes del molde o sobre la superficie de compactado, evitando que la quinta capa se extienda más de 1/4 de pulgada (6 mm) por encima del molde.
- f) Cada capa se compacta con un número específico de golpes según el método utilizado.
- g) Durante la operación del Martillo Compactador manual, se aplican golpes a una velocidad constante de 25 golpes por minuto, siguiendo patrones específicos según el tamaño del molde y el tipo de Martillo Compactador.
- h) Después de la compactación de la última capa, se retira el collarín y la placa base del molde, evitando que el suelo se adhiera.
- i) La muestra compactada se corta y nivela con la parte superior del molde, llenando agujeros si es necesario.
- j) Se determina la masa de la muestra y el molde con aproximación al gramo.
- k) Se obtiene una muestra para determinar el contenido de agua de moldeo, ya sea utilizando toda la muestra o una porción representativa, según los requisitos específicos.

**Tabla 2.2** *Masa mínima de Material Húmedo seleccionada para ser representativa de la Muestra Completa*

Tamaño Máximo de Partículas que pasa al 100%	Tamaño del Tamiz	Masa Mínima Recomendada para Toma de Humedades con variación Menor al 0.1%	Masa Mínima Recomendada para Toma de Humedades con variación Menor al 0.1%
2mm o menos	#10	20 g	20 g
4.75 mm	#4	100 g	20 g
9.5 mm	3/8 pulg	500 g	50 g
19.0 mm	3/4 pulg	2.5 kg	250 g
37.5 mm	1 1/2 pulg	10 kg	1 kg
75.0 mm	3 pulg	50 kg	5 kg

Nota. Masa mínima de Material Húmedo seleccionada para ser representativa de la Muestra Completa Según Normativa. Tomado de (ASTM D2216, 2019)

Después de la compactación de la última muestra, se realiza una comparación de los pesos unitarios húmedos obtenidos para asegurarse de que se haya logrado un conjunto de datos adecuado para construir la curva de compactación del peso unitario seco. Se puede utilizar un gráfico que relaciona el peso unitario seco con el contenido de agua de moldeo de cada muestra compactada como ayuda en esta evaluación. Si no se obtiene el conjunto de datos

deseado, será necesario compactar muestras adicionales. Por lo general, para dibujantes con experiencia en curvas de compactación, un punto de compactación húmeda alrededor del óptimo contenido de agua es suficiente para definir el máximo peso unitario seco.

## **Cálculos y Gráficos**

**Contenido de Humedad de Moldeo (w):** Calcular con el método de ensayo ASTM D2216

### **Densidad Húmeda:**

**Ecuación 2.1** *Densidad húmeda de Submuestra (Punto de Compactación).*

$$P_m = K * \frac{M_t - M_{md}}{V}$$

Dónde:

$P_m$  = Densidad Húmeda de Submuestra (Punto de Compactación).

$M_t$  = Masa de Suelo Húmedo en Molde y Molde.

$M_{md}$  = Masa del Molde de Compactación.

$V$  = Volumen del Molde de Compactación.

$K$  = Constante de Conversión dependiendo de las unidades de densidad y unidades de volumen, se utiliza 1 para g/cm<sup>3</sup>.

### **Densidad Seca:**

**Ecuación 2.2** *Densidad seca del punto de compactación*

$$P_d = \frac{P_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

Dónde:

$P_d$  = Densidad seca del punto de compactación

$W$  = Contenido de agua de moldeo del punto de compactación

### **Peso Unitario Seco en KN/m<sup>3</sup>:**

**Ecuación 2.3** *Densidad seca del punto de compactación*

$$\gamma_d = K_2 * P_d$$

Dónde:

$\gamma_d$  = Densidad seca del punto de compactación

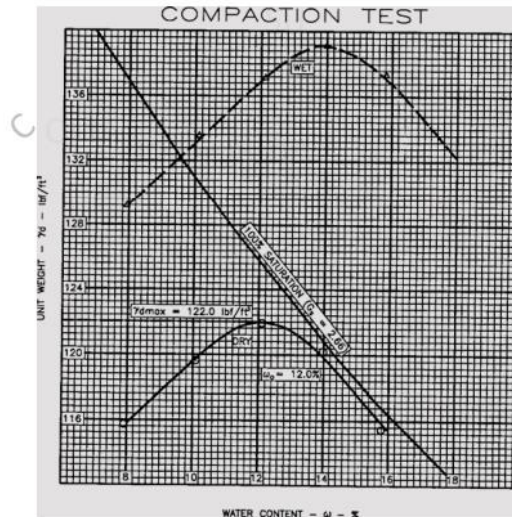
$K_2$  = Constante de conversión dependiendo de las unidades, utilice 9.8006 para densidad en g/cm<sup>3</sup>

### **Curva de Compactación:**

En el proceso de determinación de la curva de compactación del suelo, se siguen varios pasos importantes:

- a) **Graficar la Curva de Compactación:** Después de realizar los ensayos de compactación con diferentes contenidos de agua de moldeo, se grafican los resultados para obtener la curva de compactación. En este gráfico, se representan el peso unitario seco (densidad) en el eje vertical y el contenido de agua de moldeo en el eje horizontal. Cada punto en la curva representa un conjunto de condiciones de compactación específicas.

## Ilustración 2.5 Ejemplo Gráfico de la Curva de Compactación



NOTA 1—Los Pesos Unitarios Secos no se grafican generalmente. Ellos son graficados aquí solamente para fines informativos. Observe también que no todos los puntos de compactación están exactamente en la curva de compactación.

Nota. Ejemplo Gráfico de la Curva de Compactación según Normativa. Tomado de (ASTM D1557, 2012)

- b) **Determinar los Resultados de Compactación:** A partir de la curva de compactación, se determinan dos resultados clave:
- **Óptimo Contenido de Agua:** Este es el contenido de agua de moldeo que resulta en el máximo peso unitario seco del suelo. Se registra con una aproximación del 0.1%.
  - **Máximo Peso Unitario Seco:** Este es el peso unitario seco máximo que se puede lograr en el suelo bajo las condiciones de compactación específicas. Se registra con una aproximación de 0.1 lb/ft<sup>3</sup> o 0.02 kN/m<sup>3</sup>.
- c) **Corrección para Material de sobretamaño:** Si más del 5% en masa del material de sobretamaño fue removido de la muestra antes de la compactación, se realiza una corrección al óptimo contenido de agua y al máximo peso unitario seco utilizando la Práctica D4718. Esta corrección se aplica primero a la muestra de densidad de campo antes que a los resultados de compactación de laboratorio.

Es importante notar que la escala del gráfico se mantiene constante para permitir una percepción adecuada de los cambios en el contenido de agua de moldeo y el peso unitario seco. Sin embargo, para suelos con curvas de compactación relativamente planas, se utiliza una relación uno a uno entre los ejes.

## **2.2.Descripción Ratio de Soporte California (CBR).**

El CBR (California Bearing Ratio) es un ensayo que tiene sus inicios en la norma americana ASTM (American Standards for Testing and Materials) a mediados de la década de los 60s. Su objetivo es determinar la calidad del suelo relacionando su resistencia a una carga proporcionada por un pistón metálico, el cual debe penetrar un molde de suelo compactado a una velocidad constante, representando de esta forma el comportamiento del material debajo de la estructura de pavimento sometido a cargas vehiculares. El ensayo puede ser ejecutado tanto en laboratorio como in situ, con las asignaciones ASTM D1883 y ASTM 4429 respectivamente.

La aplicación de este ensayo se enfoca principalmente en evaluar materiales con tamaños máximos menores de 3/4 de pulgadas (19 mm), aunque su uso también está permitido para materiales con tamaños máximos mayores a los descritos anteriormente, a través de la modificación de la gradación del material

Basada en su experiencia con distintos tipos de materiales, la normativa observa que para obtener un resultado de CBR confiable y representativo en materiales con una significativa cantidad de partículas retenidas en el tamiz No. 4 (4.75 mm), en muchas ocasiones se deben realizar múltiples ensayos, ya que estos son mucho más variables en comparación con materiales más finos.

Gutiérrez en su libro "Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transporte" afirma lo siguiente:

Como es sabido, a este ensayo le antecede otro que permite determinar la máxima densidad para un contenido de humedad que se hace óptimo (OCH); el ensayo de Proctor permite extraer el máximo provecho de la estabilización del suelo, brindando menor relación de vacíos, máxima densidad, mayor resistencia, baja permeabilidad, mayor grado de compactación, entre otras características. (Gutiérrez, 2021)

El autor indica que la humedad que debe tener el suelo para realizar los moldes de CBR, es la humedad óptima del suelo, en donde el material contará con su máxima densidad, simulando el comportamiento que tendrá en campo, encontrando resultados precisos y

reales. Es importante recalcar que las propiedades mecánicas del suelo son afectadas de manera directa con el contenido de agua que este tiene.

### 2.2.1. Definición y conceptualización del CBR.

Para explicar el método de prueba de Ratio de Soporte de California (CBR), desde el punto de vista de diseño y construcción de pavimentos, podríamos ver a las ruedas de los vehículos, como un conjunto de cargas que se movilizan a lo largo de una estructura, las cuales son soportadas por el suelo. Esta resistencia a las fuerzas aplicadas, la podríamos definir como CBR. Esto incluye valorar como el suelo de subrasante y material de subbase o base soporta las solicitaciones correspondientes en una carretera en circunstancias reales, lo cual es primordial para avalar la durabilidad y la seguridad de la vía.

La norma ASTM D1883 definiendo el uso y significado del ensayo expresa:

Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de la subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para uso en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimentos flexibles. (ASTM D1883, 2021)

Para evaluar la capacidad de carga que necesita cada estructura de la carretera, es necesario fundamentarse en las “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, emitidas por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOP)”. Además, se debe tomar en cuenta el tipo de carretera que se va a diseñar y los materiales a aplicar en su construcción.

En la Tabla 3 se puede interpretar la correlación entre el porcentaje de CBR, la clasificación que se le da a material y la aplicación que tiene.

**Tabla 2.3** Valores referenciales de CBR, usos y suelos

No. CBR	Clasificación general	Usos
0 - 3	Muy Pobre	Subrasante
3 - 7	Muy pobre a regular	Subrasante
7 - 20	Regular	Subbase
20 - 50	Bueno	Subbase y base
>50	Excelente	Base

Nota. Valores referenciales de CBR, usos y suelos. Tomado de (Chang, 2014)

### 2.2.2. Equipos a utilizar para ensayo de CBR.

La normativa ASTM D1883, propone los siguientes aparatos para la ejecución del ensayo.

**Máquina de carga:** Su elemento principal consiste en una cabeza o base que circula a una velocidad constante de 0.05 pulgadas/min (1.27 mm/min), empujando el Pistón que realiza la penetración en el molde de muestra. Para garantizar resultados reales, el índice de carga debe ser uniforme, encontrándose siempre en el rango de  $\pm 20\%$  de las cargas aplicadas en el momento del ensayo. Existen limitantes para la máquina, dependiendo la capacidad de carga mínima que esta contenga, lo cual se puede observar en la Tabla 4.

**Tabla 2.4** Capacidad de Carga Mínima

Máxima medición CBR	Capacidad de Carga Mínima	
	(lbf)	(kN)
20	2500	11.2
50	5000	22.3
>50	10000	44.5

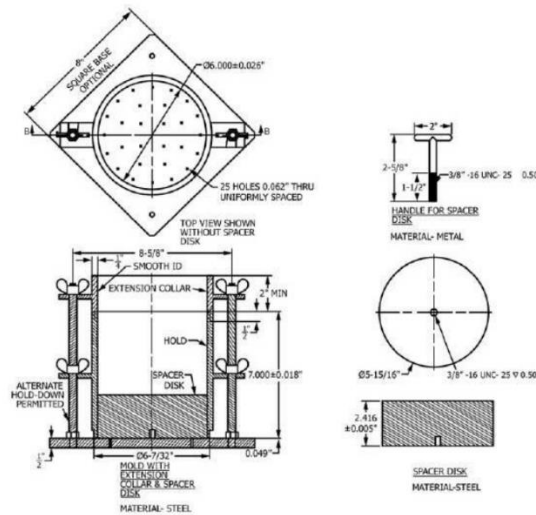
Nota. Capacidad de carga mínima de la Máquina de Penetración según Ensayo CBR. Tomado de (ASTM D1883, 2021)

**Dispositivo Medidor de Penetración:** Este aparato está conectado a la penetración del pistón y al borde del molde, con el fin de entregar datos exactos. Su precisión es esencial, debe ser capaz de indicar desplazamientos pequeños, cuyo valor mínimo es 0.001pulgadas (0.025 mm). Puede ser un dispositivo mecánico o electrónico.

**Molde:** Se trata de un cilindro metálico de  $6.000 \pm 0.026$  pulgadas ( $152.40 \pm 0.66$  mm) de interior y  $7.000 \pm 0.018$  pulgadas ( $177.80 \pm 0.46$  mm) de altura. Cuenta con un collarín de 2.0 pulgadas (50.8 mm) de altura mínimo, una placa base con 28 agujeros de 1/16 pulgadas distribuidos uniformemente en el área interior del molde. Cuando se incluya el disco espaciador, el volumen del molde será de  $0.0750 \pm 0.0009$  ft<sup>3</sup> ( $2124 \pm 25$  cm<sup>3</sup>), excluyendo el volumen del disco espaciador.

En la Figura 1, se puede observar el molde junto con las dimensiones y particularidades requeridas.

**Ilustración 2.6** Molde con collarín de extensión y disco espaciador.



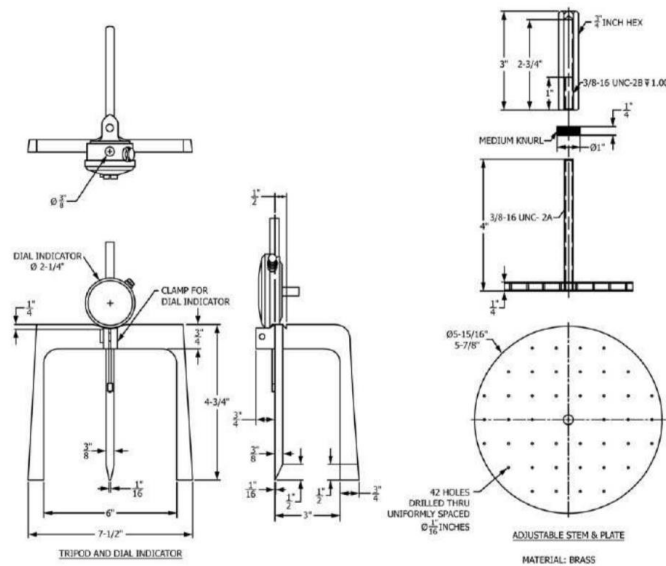
Nota. Molde con collarín de extensión y disco espaciador utilizado para ensayo CBR. Tomado de (ASTM D1883, 2021)

**Disco espaciador:** Disco metálico con un diámetro máximo  $5 \frac{15}{16}$  pulgadas (150.8 mm), de esta forma se garantiza que el disco se deslice con facilidad el interior del molde, su altura será de  $2.416 \pm 0.005$  pulgadas ( $61.37 \pm 0.13$  mm).

**Aparato para medir la expansión:** Consiste en una placa base metálica que debe contar con un diámetro entre  $5 \frac{7}{8}$  y  $5 \frac{15}{16}$  pulgadas, con al menos 42 agujeros de  $1/16$  pulgadas de diámetro distribuidos uniformemente en la superficie de la placa, conectada a un vástago metálico ajustable. Incluye también un trípode que sirve para soportar el dispositivo que mide la hinchazón durante la inmersión del molde, el cual generalmente es mecánico y tiene una precisión de lectura de hasta 0.001 pulgadas (0.025 mm).

En la siguiente figura se detallan las características que debe cumplir el dispositivo encargado de medir la expansión del espécimen.

**Ilustración 2.7**      *Aparato utilizado para medir la expansión*



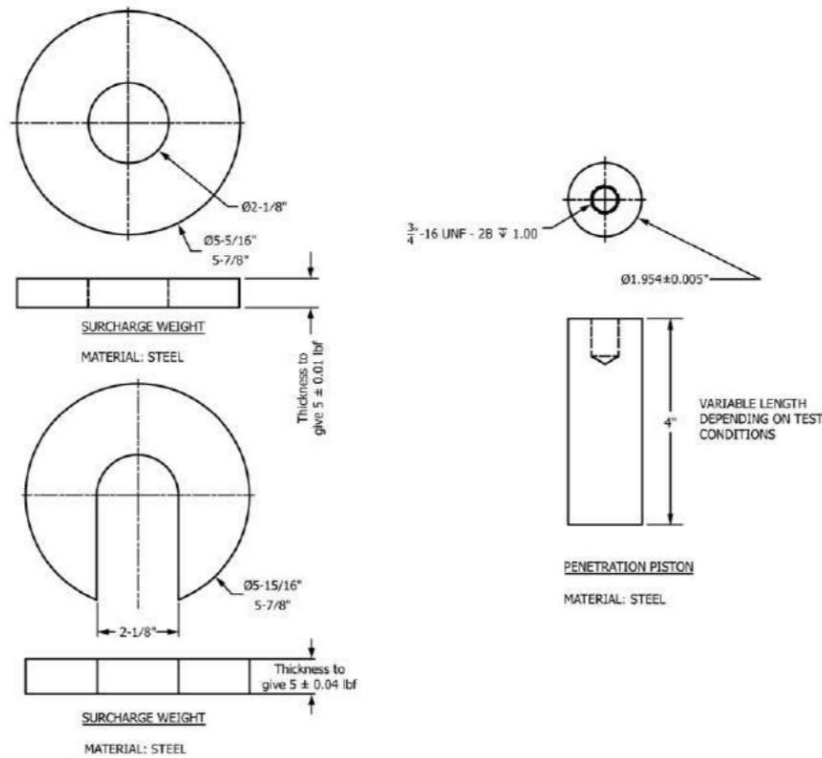
Nota. Aparato utilizado para medir la expansión de las muestras en remojo previo al ensayo CBR. Tomado de (ASTM D1883, 2021).

**Pesas de sobrecarga:** Anillos metálicos con una masa de  $4.54 \pm 0.02$  kg, equivalente a un peso de  $10 \pm 0.05$  lbf. Además, se necesitan pesas ranuradas, con una masa de  $2.27 \pm 0.02$  equivalente a un peso de  $5 \pm 0.05$  lbf. Los discos tendrán un diámetro entre  $5 \frac{7}{8}$  y  $5 \frac{15}{16}$  pulgadas y un agujero interior con un diámetro de  $2 \frac{1}{8}$  de pulgada. Dentro de este escenario, las masas proveen un peso de sobrecarga que representaran las fuerzas aplicadas.

**Pistón de penetración:** Pistón metálico con una longitud de 4 pulgadas y con un diámetro de 1.954 pulgadas.

En la ilustración 8 se detallan las especificaciones de las pesas de sobrecarga y el Pistón de penetración.

**Ilustración 2.8** Pesas de sobrecarga y Pistón de penetración.



Nota. Pesas de sobrecarga y Pistón de penetración utilizados en ensayo CBR. Tomado de (ASTM D1883, 2021)

**Balanza:** De características GP5, que cumpla con las especificaciones ASTM D4753 y tenga una legibilidad de 1 gramo.

**Horno de secado:** Debe estar equipado con un control termostático, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$  ( $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) de manera constante durante todo el proceso de secado.

**Tamices:** Se necesitan tamices No. 3/4 (19 mm) y No. 4 (4.75 mm) que cumplan con los requisitos establecidos en la Especificación ASTM E11.

**Papel filtro:** De un diámetro de 6.000 pulgadas (152.4 mm).

**Tanque o recipiente de remojo:** Se requiere un tanque o recipiente con una profundidad apropiada permitiendo que los moldes estén íntegramente sumergidos en agua. Debe existir una rejilla en la parte inferior del tanque, de esta manera existirá flujo libre de agua hacia las perforaciones de la base del molde.

**Herramientas varias:** Dentro de las cuales se tiene, por ejemplo, sartén, cuchara, paleta, espátula, enrasador metálico, etc., o que permitan obtener una mezcla completa y eficaz de la muestra de suelo con agua, además de pulir el moldeo de especímenes.

### **2.2.3. Procedimientos para preparación de muestras de ensayo en laboratorio**

Para cumplir con el proceso de preparación de muestras es preciso referirse al Método C descrito en las normas ASTM D1557, obteniendo especímenes compactados a una humedad óptima en un molde de 6 pulgadas. Evaluar cuidadosamente el material que se someterá al ensayo es fundamental antes de iniciar la preparación de muestras, con el fin de establecer el procedimiento apropiado a seguir.

Un material cuyo todo su contenido granular es capaz de pasar por el tamiz No. 3/4 (19mm), se lo considera apropiado para llevar a cabo el ensayo CBR, en consecuencia, no se requiere transformar su composición. Mientras que, cuando existe material retenido en el tamiz No. 3/4 (19 mm), es indispensable iniciar un proceso de gradación del material, garantizando que la muestra sea adecuada para realizar el método de prueba propuesto de manera precisa y representativa, lo que contribuye a obtener resultados confiables y exactos.

Conociendo que el material retenido en el tamiz No. 3/4 (19 mm) no es idóneo para el ensayo de CBR conforme al procedimiento establecido, es forzoso proceder a retirar todo este material, el mismo que debe ser reemplazado posteriormente por una cantidad semejante de material, la cual debe provenir de un suelo no utilizado para otros ensayos, proveyendo así la representatividad del material suplido. Esta porción de muestra de reemplazo debe pasar a través del tamiz No. 3/4 (19 mm) obligatoriamente, pero deberá ser retenida en el tamiz No. 4.

### **2.2.4. Explicación detallada del procedimiento del ensayo CBR (ASTM D 1833).**

**Especímenes de Ensayo**

**Relación de Soporte únicamente con el óptimo contenido de humedad**

Luego de seleccionar el método de compactación adecuado según el tipo de material a ensayar, ya sea D698 o D1557, se determina el contenido de humedad óptimo del suelo ejecutando este método de prueba en un número representativo de probetas. Este ensayo de compactación podría reemplazarse con uno previamente ejecutado siempre y cuando se garantice que sea el mismo material y se hayan usado muestras preparadas como se indica en la sección 2.2.3 (Procedimientos para preparación de muestras de ensayo en laboratorio).

Se debe compactar tres moldes con la muestra preparada con el contenido de humedad óptima con  $\pm 0.5$  % de variación, la diferencia de estos tres especímenes se basa en la cantidad de golpes por capa. Para un CBR, en condiciones específicas, con un contenido de humedad óptimo y al 95% del peso unitario seco máximo los moldes se compactarán con 56, 25 y 10 golpes en cada capa. Se realizará el ensayo de penetración en las tres probetas evaluando la capacidad de soporte del suelo en cada una de ellas.

### **Relación de Soporte para una variedad de contenidos de humedad**

Para este método de preparación de muestras CBR se realiza un procedimiento similar al descrito anteriormente en este mismo documento, con la diferencia que, cada espécimen utilizado para desarrollar la curva de compactación, la cual, bajo este proceso se relaciona directamente con la penetración, deberá ser ensayada. La compactación se desarrollará directamente en el molde estándar de CBR. Es indispensable realizar una relación de peso del suelo y el contenido de humedad para las compactaciones de 10 y 25 golpes por capa. Para escenarios donde el peso unitario especificado este en o cerca del 100% del peso unitario seco máximo se podrá detallar un esfuerzo de compactación superior a 56 golpes por capa.

### **Procedimiento para moldear los especímenes a ensayar**

A continuación, se detalla el procedimiento:

1. Determinar el contenido de humedad, siguiendo las recomendaciones del método de prueba ASTM D2216 (Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass).
2. Fijar el molde con su collarín a la placa y añadir un papel filtro sobre el disco espaciador.

3. Compactar el suelo en el molde siguiendo la metodología del ensayo ASTM D1557 y utilizando la muestra preparada según el contenido de humedad a utilizar (únicamente con el óptimo contenido de humedad o para una variedad de contenidos de humedad).
4. Retirar el collarín y enrasar el suelo compactado hasta llegar al tope del molde. Parchar con material de menor tamaño el espécimen en caso de ocasionarse agujeros en la parte superior
5. Luego, retirar la placa base perforada y el disco espaciador del molde.
6. Pesar y registrar la masa del molde junto con el suelo compactado.
7. Colocar papel de filtro sobre la placa base perforada.
8. Invertir el molde junto con el suelo compactado y colocar la placa base perforada de manera que el suelo compactado esté en contacto con el papel de filtro.
9. Colocar los pesos de sobrecarga en la placa base perforada y añadir el conjunto de vástago ajustable.
10. Colocar las pesas sobre la muestra de suelo compactado en el molde.
11. Aplicar una sobrecarga equivalente al peso producido por el material base y del pavimento. Asumir una masa de 4.54 kg equivalente a 10 lbf en caso de no contar con un peso proporcionado por el diseñador de la estructura.
12. Sumergir la muestra en el pozo de agua durante un periodo de  $96 \pm 2$  horas. El agua debe circular libremente en la parte superior e inferior de la muestra. Es importante tomar las medidas de expansión del material periódicamente. Tomar en cuenta que en materiales finos o granulares un margen de tiempo más corto podría permitirse, siempre y cuando se garantice que este proceso no perturbe los resultados.
13. Determinar la medida final de expansión luego de la saturación del espécimen con una precisión de 0.1% relacionando la altura de la probeta y su hinchamiento.
14. Vaciar con precaución toda el agua ubicada en la superficie de la muestra.
15. Inclinar levemente la muestra y permitiendo que esta drene al menos 15 minutos.
16. Retirar las pesas, la placa base perforada y el papel de filtro de la probeta.
17. Pesar la muestra y registrar su masa.

### **Procedimiento para prueba de soporte**

1. Colocar carga adicional sobre la muestra de suelo, suficiente para generar la intensidad de carga especificada, que puede ser la carga del pavimento u otra carga especificada. Si no existe una especificación utilizar una carga de 10 lbf. Si la muestra de suelo ha sido previamente sumergida, la carga adicional debe ser igual a la utilizada durante el período de inmersión. Colocar una pesa de sobrecarga con ranura de 5 lbf (2.27 kg), con el fin de evitar que el suelo se desplace dentro del orificio de los pesos de sobrecarga. Luego, coloque el resto de los pesos de sobrecarga.
2. Asentar el Pistón de penetración en la muestra con la menor carga posible, pero asegurándose de que esta carga no sea superior a 10 lbf (44 N). Configurar los medidores de carga y penetración a cero.
3. Colocar el dispositivo medidor de penetración.
4. Aplicar la carga sobre el pistón de penetración de manera que la velocidad de penetración sea uniforme y de 0.05 pulgadas (1.27 mm) por minuto.
5. Registrar las lecturas de penetración especificadas por la norma.

**Tabla 2.5** *Formato para tomar lecturas de carga según la penetración.*

Carga	Penetración	
	Lbf	Milímetros
	0.025	0.64
	0.05	1.3
	0.075	1.9
	0.1	2.5
	0.125	3.18
	0.15	3.8
	0.175	4.45
	0.2	5.1
	0.3	7.6
	0.4	10
	0.5	13

Nota. Formato para tomar lecturas de carga según la penetración. (ASTM D1883, 2021)

6. Observar y registrar la carga máxima y la penetración correspondiente si esta ocurre antes de alcanzar las 0.500 pulgadas (13 mm) de penetración.
7. Si está utilizando dispositivos de carga operados manualmente, es posible que necesite tomar lecturas de carga a intervalos más cortos para controlar la velocidad de penetración de manera más precisa.

8. Medir la profundidad de penetración del Pistón en el suelo utilizando una regla, colocándola en la hendidura y midiendo la diferencia desde la parte superior del suelo hasta el fondo de la hendidura.
9. Si la profundidad de penetración no coincide estrechamente con la profundidad del medidor de penetración, investigar la causa y considerar la posibilidad de realizar una nueva prueba con una muestra diferente si es necesario.
10. Si la muestra de prueba estuvo sumergida previamente, retire el suelo del molde.
11. Determinar el contenido de humedad del suelo compactado y ensayado ubicado justo en el centro de la probeta, donde se desplazó la muestra.
12. Si la muestra de prueba no se sumergió previamente, tomar una muestra del contenido de agua siguiendo los procedimientos de los Métodos de prueba D698 o D1557.

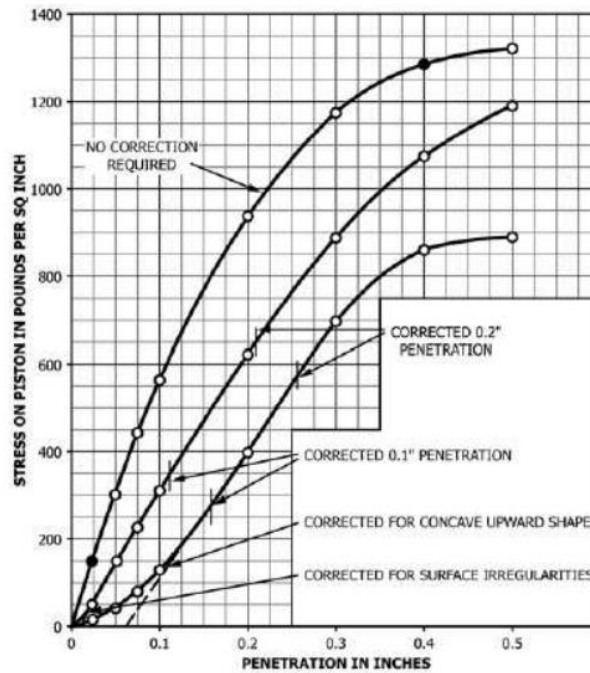
## **Cálculos**

### **Curva Carga - Penetración:**

1. Tome la fuerza de carga medida en libras (lbs) y divídala por el área de la sección transversal del Pistón. Esto le dará el esfuerzo de penetración en libras por pulgada cuadrada (psi) o en MegaPascuales (MPa), dependiendo de las unidades utilizadas.
2. Posteriormente, puede representar gráficamente la curva de esfuerzo versus penetración. En algunos casos, la curva inicial puede ser cóncava hacia arriba debido a irregularidades en la superficie u otras causas. En tales situaciones, se puede realizar un ajuste al punto cero de la curva, como se muestra en las Ilustraciones 9 y 10, para obtener una representación más precisa de los datos.

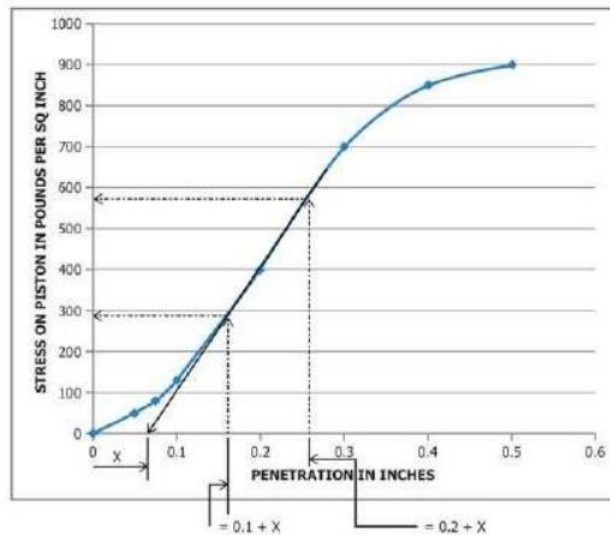
Este cálculo y gráfico ayudan a comprender la resistencia del suelo a la penetración y son fundamentales para la evaluación del CBR.

**Ilustración 2.9** Corrección de curvas carga-penetración.



Nota. Corrección de curvas carga-penetración. Tomado de (ASTM D1883, 2021)

**Ilustración 2.10** Método para ajustar la curvatura cóncava hacia arriba



Nota. Método para ajustar la curvatura cóncava hacia arriba. Tomado de (ASTM D1883, 2021)

### Relación de Carga

1. Utilizando los valores corregidos de los esfuerzos tomados de la curva de penetración versus esfuerzo, para penetraciones de 0.100 pulgadas (2.54 mm) y

0.200 pulgadas (5.08 mm) se deben calcular las relaciones de carga para cada una de estas. Esto se hace dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos estándar de 1000 psi (6.9 MPa) y 1500 psi (10 MPa), respectivamente, y luego multiplicando el resultado por 100.

2. La relación de carga reportada normalmente para el suelo es la de 0.100 pulgadas (2.5 mm) de penetración.
3. Si la relación a 0.200 pulgadas (5.08 mm) de penetración es mayor que la relación a 0.100 pulgadas, se debe repetir la prueba.
4. Si la prueba de verificación arroja un resultado similar, entonces se utiliza la relación de carga con una penetración de 0.200 pulgadas (5.08 mm).

Este proceso ayuda a determinar la relación de carga correcta a informar para el suelo en cuestión, ya que puede variar según las características del suelo y las condiciones de la prueba.

### **2.3.Descripción clasificación SUCS.**

La Clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), según la Norma ASTM D2487, es un sistema de clasificación de suelos minerales y orgánicos utilizado en ingeniería geotécnica. Se basa en ensayos de laboratorio para evaluar características como la granulometría, el límite líquido y el índice de plasticidad. Cada suelo se asigna a un grupo y recibe un nombre y un símbolo que representan sus propiedades geotécnicas fundamentales. Este sistema ayuda a categorizar y describir suelos con precisión para fines de ingeniería, especialmente en proyectos de ingeniería civil y geotécnica.

#### **2.3.1. Descripción de los grupos y subgrupos de suelos.**

La clasificación SUCS se realiza basándose en la granulometría del suelo y su plasticidad proporcionada por los límites de Atterberg. A continuación, se describen los tipos de suelos existentes y sus características según la norma ASTM D2487.

**Arcilla:** suelo con alto contenido de granos finos, es decir, que pasa por el tamiz No. 200 (75  $\mu$ m). El Índice de Plasticidad es igual o mayor que 4, su límite líquido se ubica sobre la línea “A” de la carta de plasticidad. Cuando este suelo se seca al aire eleva su resistencia notablemente.

**Grava:** material que pasa por el tamiz de 3" (75 mm) pero se retiene en el tamiz No. 4 (4.75 mm). Se subdivide en Grava Gruesa cuando esta pasa por el tamiz de 3" (75 mm) pero es retenida en el tamiz de 3/4" y en Grava Fina cuando pasa por el tamiz de 3" (75 mm) y es retenida en el tamiz No. 4 (4.75 mm).

**Limo Orgánico o Arcilla Orgánica:** poseen una cantidad significativa de contenido orgánico que influye en las propiedades del suelo. Se clasificarían como limos o arcillas dependiendo el caso, pero tienen la particularidad que su límite líquido antes del secado al horno es inferior al 75% de su valor de límite líquido después de secar en el horno.

**Turba:** cuenta con un olor orgánico característico y su color es café oscuro o negro. Su estructura es fibrosa y su consistencia esponjosa. Tiene un alto contenido vegetal en diversos estados de descomposición.

**Arena:** fragmentos rocosos que pasan el tamiz No. 4 (4.75 mm) y son retenidos en el tamiz No. 200 (75 µm).

La clasificación SUCS utiliza símbolos que constan de un prefijo y un sufijo para identificar a un tipo de suelo y al subgrupo al que pertenece según sus propiedades. Los símbolos y su significado se presentan a continuación.

**Tabla 2.6** Prefijos y Sufijos utilizados para la clasificación SUCS

Tipo de Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien Graduado	W
Arena	S	Pobrementemente Graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite Líquido Alto (> 50)	L
Turba	Pt	Límite Líquido Alto (< 50)	H

Nota. Prefijos y Sufijos utilizados en la clasificación SUCS. Tomado de (Bañón Blázquez & Beviá García, 2000).

La granulometría requerida para la clasificación SUCS se explica detalladamente en el punto 4.4 de este documento. Algunos otros criterios utilizados para asignar grupos o subgrupos a un suelo se pueden observar en la Tabla 6 obtenida de la Norma ASTM D2487 que se muestra a continuación:

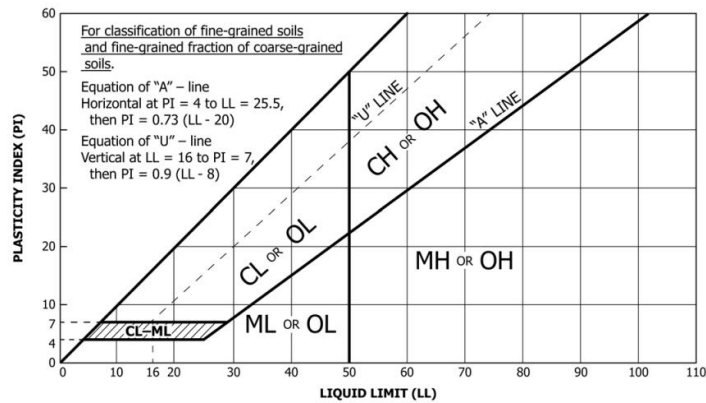
**Tabla 2.7** *Tabla de Clasificación SUCS*

Criterios para Asignar Símbolos de Grupo y Nombres Mediante Ensayos de Laboratorio <sup>A</sup>				Clasificación	
				Símbolo	Nombre <sup>B</sup>
SUELOS DE GRANO GRUESO	Gravas (Más de 50 % de fracción gruesa retenida en tamiz No. 4)	Gravas Limpias (Menos de 5 % finos <sup>C</sup> )	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3^D$	GW	Grava bien graduada <sup>E</sup>
			$Cu < 4$ y/o $[Cc < 1$ o $Cc > 3]^D$	GP	Grava mal graduada <sup>E</sup>
		Gravas con Finos (Más de 12 % finos <sup>C</sup> )	Finos clasificados como ML o MH	GM	Grava limosa <sup>E,F,G</sup>
			Finos clasificados como CL o CH	GC	Grava arcillosa <sup>E,F,G</sup>
Más del 50% retenidos en tamiz del No. 200	Arenas (50 % o más de fracción gruesa que para tamiz No. 4)	Arenas limpias (Menos de 5 % finos <sup>H</sup> )	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3^D$	SW	Arena bien graduada <sup>I</sup>
			$Cu < 6$ y/o $[Cc < 1$ o $Cc > 3]^D$	SP	Arena mal graduada <sup>I</sup>
		Arenas con finos (Más del 12 % finos <sup>H</sup> )	Finos clasificados como ML o MH	SM	Arena limosa <sup>E,G,I</sup>
			Finos clasificados como CL o CH	SC	Arena arcillosa <sup>E,G,I</sup>
SUELOS DE GRANO FINO Limos y arcillas	Límite líquido menor a 50	inorgánicas	$PI > 7$ y gráficas en o sobre línea "A" <sup>J</sup>	CL	Arcilla baja plasticidad <sup>K,L,M</sup>
			$PI < 4$ o gráficas debajo de línea "A" <sup>J</sup>	ML	Limo <sup>K,L,M</sup>
		orgánicas	Límite líquido - secado al horno $< 0.75$ Límite líquido - no secado	OL	Arcilla orgánica <sup>K,L,M,N</sup> Limo org. <sup>K,L,M,O</sup>
		50 % o más que pasa tamiz No. 200	Limos y Arcillas	inorgánicas	gráficas PI en o sobre "A"
Límite líquido det 50 o más		orgánicas	gráficas PI debajo la línea "A"	MH	Limo elástico <sup>K,L,M</sup>
		orgánicas	Límite líquido - secado al horno $< 0.75$ Límite líquido - no secado	OH	Arcilla orgánica <sup>K,L,M,P</sup> Limo orgánico <sup>L,M,Q</sup>
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		Principalmente materia orgánica, de color oscuro, olor orgánico		PT	Turba

Nota. Tabla de Clasificación SUCS según Normativa. Tomado de (ASTM D2487, 2020)

Para la clasificación de suelos finos, una herramienta indispensable es la Carta de Plasticidad ofrecida por la Norma ASTM D2487, que se muestra a continuación.

**Ilustración 2.11** *Carta de Plasticidad para Clasificación SUCS*

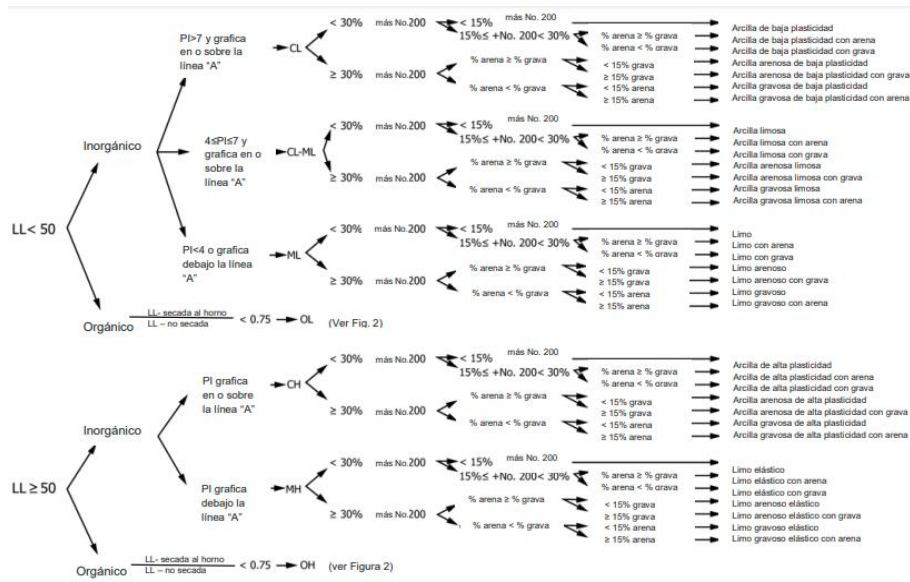


Nota. Carta de Plasticidad para Clasificación de Suelos Finos. Tomado de (ASTM D2487, 2020)

Dentro de la carta mostrada anteriormente se deben destacar algunos elementos como la "Línea A" que separa los suelos limosos de los suelos arcillosos, el LL (Límite Líquido) igual a 50 que separa las zonas de alta y baja plasticidad, y la "Línea U" que indica si el material analizado está dentro de los suelos que se reconocen la clasificación SUCS, es decir que, si un suelo llegase a caer por encima de la "Línea U" muy probablemente se realizaron mal los diferentes ensayos de clasificación.

Además, la norma ASTM D2487 ofrece diagramas de flujo que buscan ayudar a la clasificación de suelos, como se muestra a continuación.

**Ilustración 2.12** Diagrama de Flujo para clasificar Suelos Finos (Que pasa más del 50% el tamiz No. 200)



Nota. Diagrama de Flujo para clasificar suelos Finos. Tomado de (ASTM D2487, 2020)

**Ilustración 2.13** Diagrama de Flujo para Clasificar Suelos de Grano Fino Orgánicos

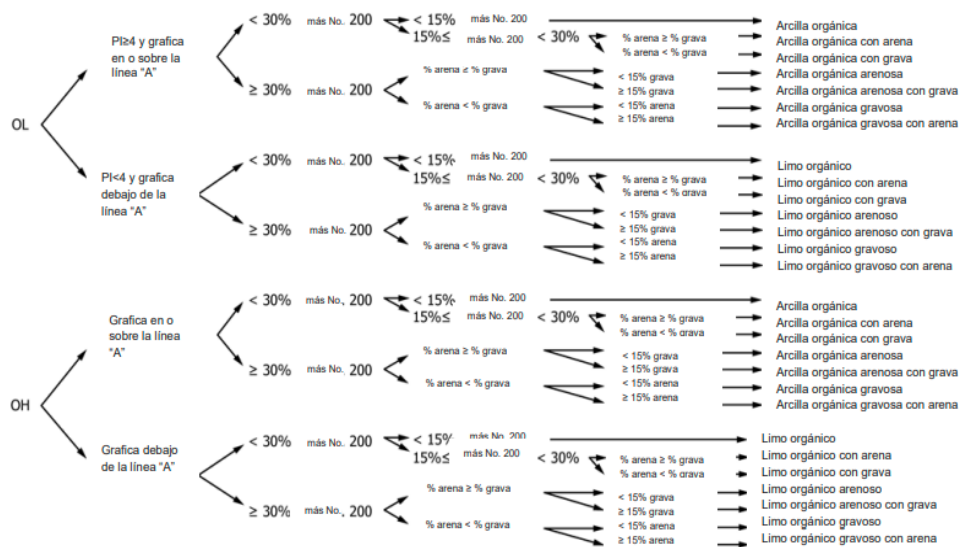


Diagrama de Flujo para Clasificar Suelos de Grano Fino Orgánicos. Tomado de (ASTM D2487, 2020)

## **2.4.Descripción clasificación AASHTO.**

La Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y de Transporte (American Association of State Highway and Transportation Officials), conocida como AASHTO, ha concebido un sistema de clasificación fundamentado principalmente en las características físicas y mecánicas de los suelos. En este procedimiento, se determinan mediante ensayos de laboratorio la Granulometría, el Límite Líquido y el Índice de Plasticidad. Las normativas que regulan esta clasificación son AASHTO M145 y ASTM D3282.

Este método de clasificación tiene como principio fundamental la investigación de suelos con fines de construcción de obras civiles, aplicándola para el análisis de suelos utilizados en subrasantes, bases y subbases de proyectos viales.

En la tabla establecida por AASHTO M145, se lleva a cabo una subdivisión de los suelos granulares en tres grupos principales, que se distinguen porque durante el proceso de tamizado, solo pasa el 35% del material o incluso una cantidad menor el tamiz No. 200. En contraste, los suelos finos se dividen en cuatro grupos, donde más del 35% del material atraviesa el tamiz No. 200. Además, existe un último grupo de clasificación que se refiere a suelos altamente orgánicos, como la turba, que pueden ser identificados fácilmente mediante una inspección visual y se categorizan en este grupo particular.

La tabla 7 describe la clasificación de acuerdo con las normas establecidas por la AASHTO, además indica ciertas especificaciones sobre el índice de plasticidad y ecuaciones que facilitan su cálculo.

**Tabla 2.8 Clasificación de Suelos Método AASHTO M-145**

**Clasificación de Suelos Método AASHTO M-145:**

Clasificación General <sup>(1)</sup>	Materiales Granulares (35% o menos pasa la malla N° 200)							Materiales Limo-Arcillosos (pasan más del 35% la malla N° 200)			
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A-7 <sup>(2)</sup>
Clasificación por Grupos:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
<b>Análisis Granulométrico</b>											
Porcentaje que pasa:											
Tamiz N° 10	50 máx										
N° 40	30 máx	50 máx	51 mín								
N° 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características de la fracción que pasa la malla N° 40											
<b>Límite Líquido:</b>			No plástico	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
<b>Índice de Plasticidad:</b>	6 máx			10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipos usuales de los materiales componentes importantes.	Fragmentos de Piedra, Grava y Arena.		Arena Fina	Arena y Gravas limosas o arcillosas.				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
<b>Clasific. Gral como Subrasante.</b>	<b>DE EXCELENTE A BUENA.</b>							<b>DE REGULAR A MALA.</b>			

*Nota (1): Procedimiento de Clasificación: Teniendo presente los datos de prueba necesario, procédase de izquierda a derecha en el cuadro, se encontrará el grupo correcto siguiendo un proceso de eliminación. El primer grupo de la izquierda que corresponda con los datos de la prueba es la clasificación correcta.*

*Nota (2): El grupo A-7 se subdivide en A-7-5 o A-7-6, según su plasticidad. Para IP ≤ LL-30, la clasificación es A-7-5; para IP > LL-30, tenemos A-7-6.*

$$\text{ÍNDICE DE GRUPO} = (F - 35) [0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01 (F - 15)(IP - 10) \quad ; \quad \text{Para los suelos: A-4; A-5; A-6 y A-7}$$

- F = porcentaje del suelo que pasa por la malla N° 200, expresado como número entero.
- LL = límite líquido (%).
- IP = índice plástico (%).

- El índice de grupo siempre se reporta aproximándolo al número entero más cercano, a menos que su valor calculado sea negativo, en cuyo caso se reporta como cero.
- No hay límite superior para el índice de grupo.
- El índice de grupo de suelos que pertenecen a los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 y A-3 siempre es cero (IG=0) El índice de grupo se agrega entre paréntesis a la clasificación de grupo y subgrupo. Ejemplo: un suelo arcilloso con IG = 25, puede clasificarse como A-7-6(25).
- Al calcular el índice de grupo para suelos que pertenecen a los grupos A-2-6 y A-2-7, úsese el índice de grupo parcial para el IP, o sea:

$$\text{ÍNDICE DE GRUPO} = 0,01 (F - 15)(IP - 10)$$

A. E. B. M.

Nota. Clasificación de Suelos Método AASHTO M-145. Tomado de (ASTM D3282, 2015)

**2.4.1. Descripción los grupos y subgrupos de suelos.**

Los grupos se dividen desde A1- hasta A7, dependiendo de la granulometría, se pueden clasificar con subgrupos adicionales según los Límites Líquido e Índice de Plasticidad, obtenido de los ensayos de Límites de Atterberg. De igual manera, se identifican con un Índice de Grupo, descrito entre paréntesis, el mismo que se convierte en un referente para comparar la plasticidad del suelo en un mismo grupo, tomando en cuenta que su relación es directamente proporcional.

**Materiales Granulares (35% o menos pasan el tamiz 200).**

Grupo A-1: Se caracteriza por ser un material que contiene proporciones de piedra o grava, arena gruesa y fina, con un suelo ligante de baja o nula plasticidad. Aunque se podrían incluir suelos donde se contengan los fragmentos de piedra, grava, arenas y cenizas volcánicas, pero con inexistencia de un aglutinante de suelo.

Subgrupo A-1-a: En este tipo predominan los fragmentos de piedras o gravas, pudiendo existir o no un aglutinante de material fino bien graduado.

Subgrupo A-1-b: Dentro de esta categoría se tiene como material típico a las Arenas Gruesas, siendo irrelevante la existencia de un ligante bien graduado de material fino.

Grupo A-3: El material representativo de este grupo se basa en arena fina de playa o arrastrada por el desierto, los finos limosos o arcillosos son escasos, aunque los limos no plásticos podrían estar presentes en bajas proporciones.

Grupo A-2: Se destaca la gran diversidad de materiales “granulares”, encontrándose en la división entre los materiales granulares y los suelos finos granulares. Este grupo contiene los suelos donde el 35% o menos pasa el tamiz 200, pero sus Índices de Plasticidad y Granulometría definen su clasificación en subgrupo correspondiente.

Subgrupo A-2-4 y A-2-5: Además de grava y arena, se caracterizan a los suelos con contenidos de limo o índices de plasticidad que no cumplen las condiciones del Grupo A-1 y arena con cierta cantidad de limos no plásticos que no corresponden a las características del Grupo A-3. Los límites líquidos e índices de plasticidad mínimos y máximos se describen en la tabla.

Subgrupo A-2-6 y A-2-7: Se componen de materiales semejantes a los descritos en los subgrupos A-2-4 y A-2-5, con la diferencia que el contenido de suelo fino, contiene arcillas plásticas, cuyas características son propias de los grupos A-6 o A-7 respectivamente. Los Límites Líquidos e Índices de Plasticidad mínimos y máximos se describen en la tabla.

### **Materiales Limo Arcillosos (35% o más pasan el tamiz 200)**

Grupo A-4: Predominan suelos limosos no plásticos o con plasticidad moderada, usualmente el 75% del material pasa el tamiz 200. Se consideran también las mezclas de suelos limosos finos y materiales con contenido de arena y grava que sean retenidas hasta en un 64% en el tamiz 200.

Grupo A-5: Cumple las mismas características del grupo A-4, con la particularidad que son de carácter diatomáceo o micáceo. Su Límite Líquido alto permite que los materiales de este grupo sean altamente elásticos.

Grupo A-6: En este grupo se incluyen suelos arcillosos plásticos, los cuales ordinariamente pasan un 75% o más el tamiz 200. Los suelos arcillosos finos, con mezclas de arena y grava retenidas hasta en un 64% en el tamiz 200 también son incluidas. Estos

suelos tienen la particularidad de tener un amplio margen de variación del volumen en estados secos y húmedos.

Grupo A-7: Las condiciones de estos materiales son las mismas que las del grupo A-6, con la diferencia que los límites líquidos son altos, al igual que el grupo A-5. Además de ser elásticos, los cambios de volumen suelen ser considerables.

Subgrupo A-7-5: Suelos con alta elasticidad, rangos de índice de plasticidad moderados.

Subgrupo A-7-6: Los cambios de volumen de estos suelos son extremadamente altos al igual que el índice de plasticidad.

Grupo A-8: El material típico son los suelos con alto nivel orgánico, su clasificación se realiza de manera visual, se excluye el porcentaje que pasa el tamiz 200 y otras características como el límite líquido o el índice de plasticidad. Suelen ser de color marrón oscuro o negro, con textura fibrosa y olor a descomposición. Son altamente compresibles y tienen poca resistencia, por lo que no son aptos para uso en obras civiles como terraplenes y subrasantes.

#### **2.4.2. Gravedad Específica**

La normativa ASTM D854 (Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by the Water Displacement Method) establece el uso, importancia, procedimiento y todo lo necesario para la correcta ejecución del ensayo de Gravedad Específica de los sólidos del suelo por picnómetro de agua, la cual es definida como “la relación entre la masa de una unidad de volumen de sólidos del suelo y la masa del mismo volumen de agua destilada libre de gas a 20 °C”. (ASTM D854, 2014)

Dentro de sus múltiples utilidades se presenta el cálculo de las relaciones de fase de los suelos, es decir, la relación de vacíos y el grado de saturación, del mismo modo, se puede calcular la densidad de los sólidos del suelo, la cual se obtiene con el producto de la Gravedad Específica y la densidad del agua.

Para ejecutar el ensayo se debe contar con un picnómetro de agua, el cual será un matraz tapado con un volumen de 2 a 3 veces mayor que el volumen del suelo mezclado con el agua, un termómetro, un aparato de extracción de aire atrapado, que podrá ser un Hornilla o Mechero Bunsen, o un sistema, bomba de vacío o aspirador de agua, también se utilizará un contenedor aislado que servirá como baño maría, un embudo, un tubo de llenado, una

licuadora, herramientas varias y un tamiz No. 4, tomando en cuenta que el alcance del ensayo cubre los suelos que pasan por dicho tamiz, siendo conscientes que para suelos que contengan partículas de mayor tamaño se deberá citar a la norma ASTM C127.

En el actual trabajo de integración curricular se usará el método A, que indica el procedimiento para muestras húmedas, donde el primer paso se resume en obtener el contenido de humedad de la muestra, cuyo fin es relacionar el suelo húmedo y suelo seco obteniendo una masa de suelo húmedo que al secarse de como resultado  $\pm 60$  gramos de material. Para dispersar esta masa, se utilizarán 100 ml de agua destilada, los cuales serán mezclados en una licuadora. Luego se procederá a verter esta mezcla en el picnómetro.

Para reducir el tiempo de agitación del picnómetro se colocará al mismo en un baño de agua caliente a no más de  $40^{\circ}$  C. Luego de esto se conectará el picnómetro a un extractor de vacíos, se lo debe agitar de manera constante durante aproximadamente 2 horas, hasta que ya no existan burbujas en el picnómetro. Esto ocasiona que la mezcla este en movimiento constante y el suelo permanezca en suspensión. En el ensayo debe existir equilibrio térmico, se determinará y registrará la masa del picnómetro y la temperatura del mismo. Para obtener la masa de suelo seco se debe transferir la mezcla sin burbujas a una bandeja previamente pesada y añadir agua en caso de ser necesario, para garantizar que se pese todo el material, por último, se deja secar y se obtiene la masa del suelo seco.

### **3. TRABAJOS IN SITU.**

Luego analizar la topografía de la vía Santo Domingo – Los Bancos se localizaron cuatro puntos, ubicados estratégicamente, con accesibilidad para la toma de muestras y evitando zonas con materiales de rellenos. Se uso una distancia de aproximadamente 500 metros entre punto y punto, donde se realizaron las calicatas que permitieron obtener las muestras para los ensayos según sus especificaciones, garantizando obtener material que presente las características reales del material de subrasante. El primer punto se ubicó en el kilómetro 6, y los otros tres se realizaron en la continuación de la vía respetando la distancia indicada.

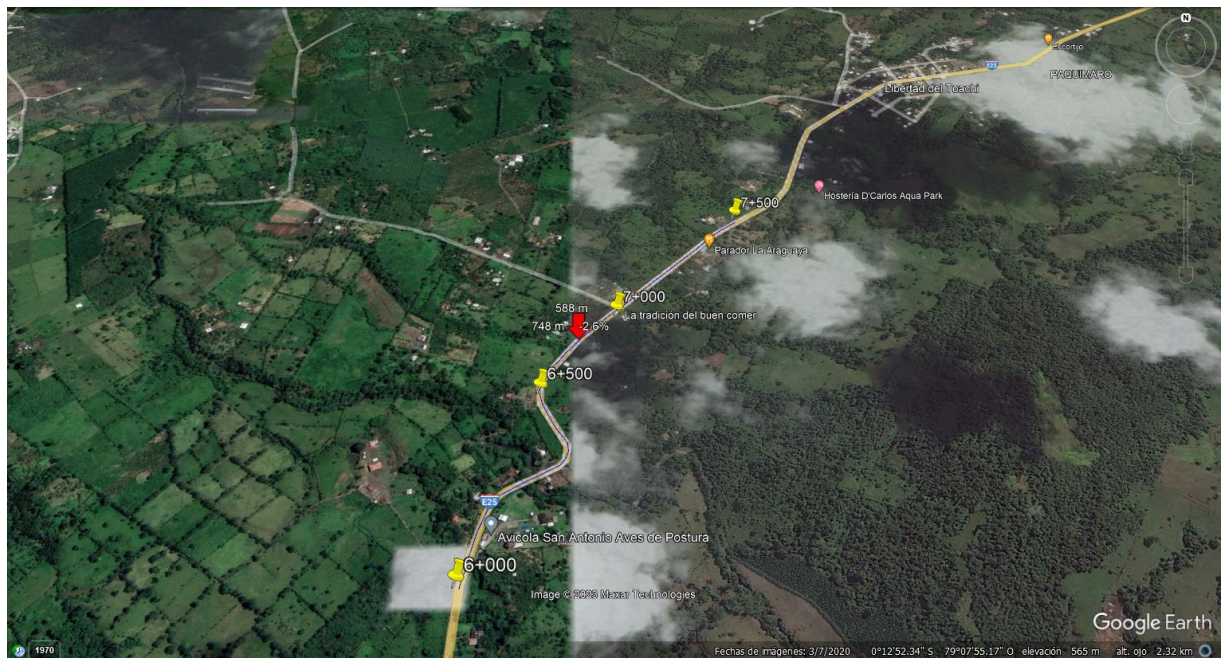
En la siguiente tabla se especifican las coordenadas y abscisas donde se realizó cada calicata.

**Tabla 3.1** Identificación de puntos para obtención de muestras.

No. Pozo	Abscisa (km)	Altura (msnm)	Latitud	Longitud
P5	6+000	585	00° 13' 35.73" S	79° 07' 27.44" O
P6	6+500	586	00° 13' 20.51" S	79° 07' 23.11" O
P7	7+000	585	00° 13' 12.81" S	79° 07' 17.77" O
P8	7+500	579	00° 13' 01.56" S	79° 07' 08.03" O

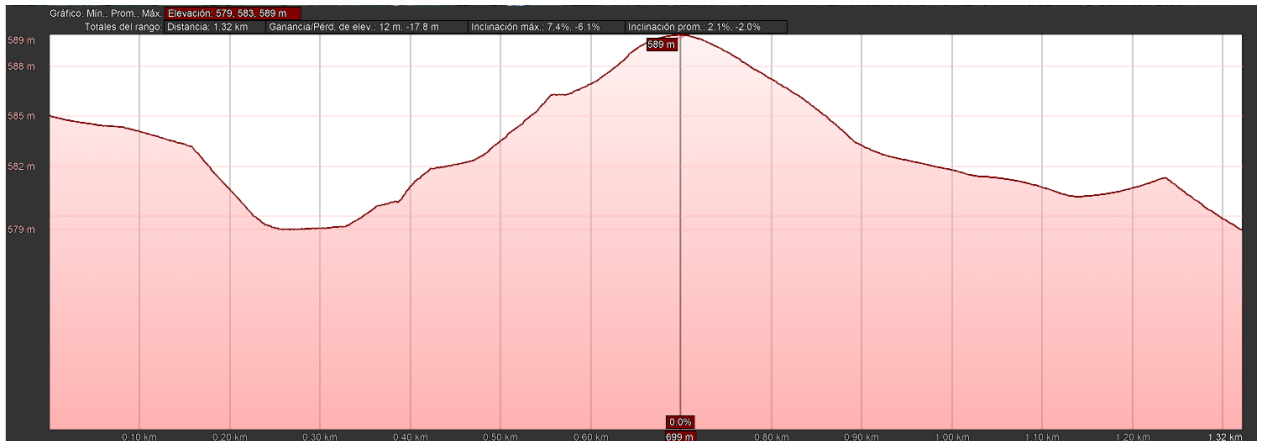
Se tiene, además, la ubicación de cada calicata, trazado y perfil longitudinal de la vía dentro de una Imagen Satelital proporcionada por Google Earth.

**Ilustración 3.1** Ubicación de Calicatas a través de una Imagen Satelital



Nota. Ubicación de Calicatas a través de una Imagen Satelital. Tomado de Google Earth

### Ilustración 3.2 Perfil Longitudinal del Tramo de Vía a Analizar



Nota. Perfil Longitudinal del Tramo de Vía a analizar. Tomado de Google Earth

#### 3.1. Toma de muestras para ensayo de compactación y CBR.

Con el objetivo de llegar a suelo sin contenido orgánico ni material de relleno, se realizó una calicata de 1.5m por 1.5m. Con variaciones de altura de entre 0.5m y 1m, que dependían de la profundidad donde ya no existiera material orgánico. En este sitio se recolectaron cerca de 100 kilogramos de material, obtenidos de forma integral, es decir, de pared y de piso. El suelo se cuarteo y se colocó en fundas negras de polietileno, utilizadas en el sector agrícola, para mantener la humedad natural del material.

#### 3.2. Toma de muestras para clasificación SUCS y AASHTO.

Buscando realizar una caracterización exhaustiva del suelo se tomaron muestras a tres profundidades diferentes, 0.5 m, 1m y 2m. Con la ayuda de una posteadora y siguiendo las recomendaciones de la normativa ASTM D420 se extrajeron cerca de 2.5 kilogramos de material por cota, las cuales fueron empaquetadas en fundas transparentes de polietileno que permitieron mantener la humedad in situ de cada muestra. En cada funda se debió colocar su respectiva etiqueta con información de la abscisa y la profundidad de donde se obtuvo la muestra.

## **4. ENSAYOS DE LABORATORIO.**

### **4.1.Ejecución Ensayo ASTM D 1557: Compactación Proctor modificado.**

El ensayo de Compactación de Suelo tiene como objetivo obtener la Humedad Optima de Compactación del Suelo, por lo que se tendrá que compactar el número necesario de muestras a diferentes humedades hasta obtener la Curva de Compactación, tomando en cuenta que el suelo deberá secarse o humedecerse como se explica en el punto 2.1.3 de este documento.

Se debe tomar en cuenta que la compactación del suelo en los moldes correspondientes se debe realizar respetando el método explicado anteriormente en el punto 2.1.4, tratando de variar lo menos posible la energía de compactación aplicada, por lo que es recomendable que la ejecución de este ensayo la realice un laboratorista con experiencia.

### **4.2.Ejecución del Ensayo ASTM D 1883: Determinación del CBR.**

Para este caso que se empleará el método de CBR en laboratorio, que pertenece a la asignación D1883 de la ASTM, además se propuso estudiar el ensayo únicamente con el óptimo contenido de humedad, por lo tanto, se usará la preparación de las muestras como se señala en la sección 2.2.4.

Luego de la compactación de muestras y respetando el proceso de inmersión de las probetas, con el tiempo suficiente para su saturación, se procede a ensayar los moldes en una máquina de carga manual, verificando que se cumplan las especificaciones necesarias como lo propone la norma. Luego de obtener las cargas, se recopilan los datos y se obtienen las curvas de Deformación vs Carga, las cuales deben ser corregidas en caso se requiera. Por último, se obtiene el CBR al 95% a una profundidad de penetración de 0.1 y 0.2 pulgadas.

### **4.3.Ejecución del Ensayo ASTM D4318: Determinación limite líquido, límite de plasticidad e índice de plasticidad de los suelos.**

La norma ASTM D4318, explica el procedimiento para obtener los Límites de Atterberg, que hace referencia a los Límites Líquidos y Plásticos de los suelos. La definición de Límite Líquido se resume en obtener el porcentaje del contenido de agua de un suelo, en

el momento que pasa del estado semilíquido a plástico. Mientras que el Límite Plástico, busca encontrar el límite entre los estados plástico y semisólido.

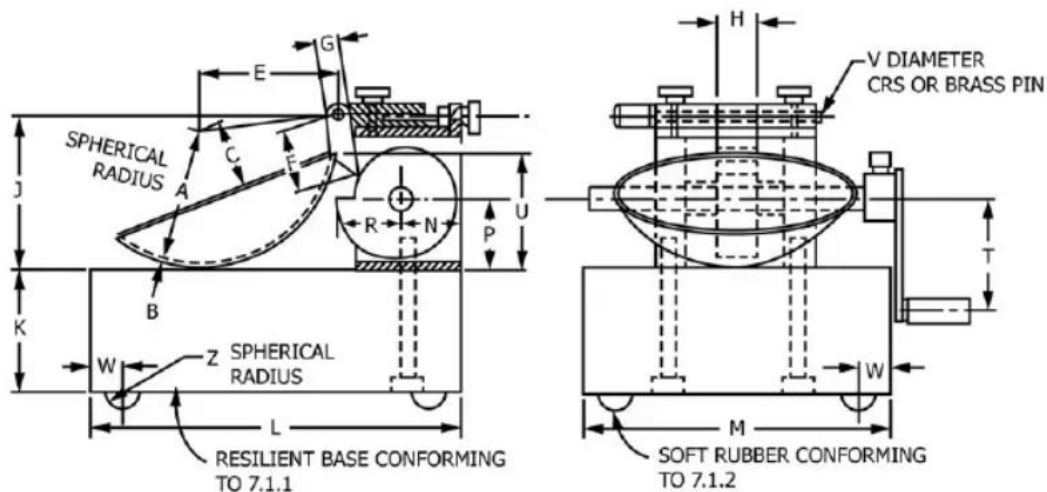
Este ensayo es exclusivo para materiales que pasan el tamiz No. 40, es por eso que se debe homogenizar la muestra, para obtener las correctas propiedades del suelo. Además, se debe tomar en cuenta el contenido de materia orgánica presente en la muestra, ya que esta al secarse en el horno reducirá significativamente el peso del suelo, por lo tanto, el Límite Líquido proporcionará resultados menores.

En este trabajo de integración curricular se utiliza específicamente el procedimiento de preparación de muestras húmedas, de esta manera se garantiza que los resultados obtenidos estimen el comportamiento técnico real del suelo en su estado natural. Es importante resaltar que se aplicará el método multipunto, ya que este proceso destaca mayor precisión que el de un solo punto.

### Límite Líquido

El aparato principal que se usa en este método de prueba es la Copa de Casagrande, consiste en un dispositivo en forma de copa de latón, que está suspendido en una estructura, que permite su caída de 10 mm, sobre una superficie que sirve como base, con características y dimensiones específicas del dispositivo. La máquina puede ser a motor o accionada manualmente con una manivela.

**Ilustración 4.1** *Dispositivo de Límite Líquido*



Nota. Dispositivo de Límite Líquido. Tomado de (ASTM D4318, 2017)

La muestra se mezcla de manera que todas las partículas tengan el mismo contenido de agua. Con la ayuda de una espátula se coloca una porción de suelo en la copa, la cual deberá estar descansado sobre la base, formando una capa prácticamente horizontal. La norma indica que se deben obtener al menos 3 puntos, uno en donde la ranura se cierre entre los 25 y 35 golpes, el siguiente entre los 20 y 30 golpes y el último entre los 15 y 25. Luego de ello se determinará la humedad de cada muestra. Si la ranura se cierra siempre antes de los 25 golpes, se debe registrar que no se pudo obtener el Límite Líquido y se definirá al suelo de la muestra como no plástico.

Una vez cerrada la ranura reserve en una cápsula una porción de muestra del ancho de la espátula, la cual deberá ser obtenida de borde a borde de la copa de manera transversal a la ranura, incluyendo la sección donde el suelo se unió. Llevar la cápsula al horno y dejar secar. Luego se debe retirar el material, limpiar la copa y preparar la muestra para la siguiente prueba, en la cual se aumentará el contenido de agua del suelo, con el fin de disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura.

### **Cálculos**

Para determinar el Límite Líquido se realiza un gráfico que indica la relación entre el contenido de humedad en porcentaje y el número de golpes correspondientes a cada muestra. La escala de la gráfica será semilogarítmica con el contenido de humedad en las ordenadas y en las abscisas el número de golpes en escala logarítmica. El Límite Líquido se definirá como la intersección de una línea recta que pase por los tres puntos trazados con la abscisa correspondiente a los 25 golpes, redondeando al número entero más cercano.

### **Límite Plástico**

Para ejecutar el ensayo de Límite Plástico se utiliza simplemente una placa de vidrio esmerilada, que tenga el tamaño suficiente para realizar rollos con el material de estudio.

Se empieza seleccionando 20 gramos o más del material que está siendo estudiado en el ensayo de Límite Líquido, después de la segunda mezcla o al ser finalizado el ensayo. Se debe reducir el contenido de agua, hasta que se puedan realizar rollos sin que el material se pegue en las palmas de las manos. Este proceso se puede acelerar secándolo bajo la exposición al sol, con la ayuda de la corriente de aire proveniente de un ventilador o mediante papel filtro.

El método indica que se deben realizar rollos con la muestra antes mencionada de no más de 1/8 de pulgada, es decir 3.2 milímetros. Se debe presionar al suelo sobre el vidrio con la ayuda de las manos. La presión que se debe realizar esta en función del tipo de suelo a estudiar, es decir, que esta es directamente proporcional a la plasticidad del material. Se deben llenar dos cápsulas con  $\pm 6$  gramos de material en cada una de ellas.

### **Cálculos**

El Límite Plástico es el resultado del promedio de las humedades existentes en cada una de las cápsulas, aproximadas al número entero más cercano, con una diferencia entre ellas no mayor al 1%.

### **Índice de Plasticidad**

El Índice de Plasticidad se obtiene con la diferencia entre el Límite Líquido y Límite Plástico. Es importante tener en cuenta que un suelo plástico es aquel que conserva su forma al secarse y cumple con un rango de contenido de agua. En caso de no poder encontrar alguno de los límites, se deberá reportar al suelo como no plástico.

#### **4.4.Ejecución del Ensayo ASTM D422: Método de ensayo para el análisis de tamaño de partículas de los suelos.**

La normativa ASTM D422 indica el proceso de análisis cuantitativo de la cantidad de partículas existentes en un suelo, las cuales serán distribuidas según su tamaño. Para las partículas mayores a 75  $\mu\text{m}$ , que son retenidas en el tamiz No. 200, se las caracteriza mediante tamizado, mientras que las menores a 75  $\mu\text{m}$ , es necesario utilizar un hidrómetro para desarrollar un procedimiento de sedimentación. Sin embargo, al requerirse la granulometría únicamente para la clasificación SUCS y AASHTO del suelo, este último método no es requerido.

Para determinar la granulometría del suelo se debe pasar la muestra del suelo seca por los tamices de 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", No. 4, No. 10, No. 40 y No. 200. Tomando en cuenta que previamente se debió lavar la muestra por el tamiz No. 200 para determinar el porcentaje de finos de la muestra. Siguiendo Normativa ASTM D422, para pasar la muestra por los diferentes tamices se debe efectuar por movimientos laterales, verticales, y golpeteos que ayuden a la muestra a mantenerse en constante movimiento por el tamiz sin la más mínima manipulación de la mano sobre el suelo. Posteriormente se debe determinar las masas de cada fracción retenida sobre los tamices, tomando en cuenta que

la suma de las masas retenidas en cada tamiz debe ser igual a la masa previa al paso por los tamices.

El resultado de la granulometría deberá ser la cantidad de finos, arenas y gravas presentes dentro de la muestra. Esto se determinará mediante el siguiente criterio que ofrece la Norma ASTM – D 422.

- Grava: aquel que pasa el tamiz de 3” y es retenido en el tamiz No. 4
- Arena: aquel que pasa el tamiz No. 4 y es retenido en el tamiz No. 200
- Arena gruesa: aquel que pasa el tamiz No. 4 y es retenido en el tamiz No. 10
- Arena media: aquel que pasa el tamiz No. 10 y es retenido en el tamiz No. 40
- Arena fina: aquel que pasa el tamiz No. 40 y es retenido en el tamiz No. 200
- Material Fino (Limo o Arcilla): aquel que pasa el Tamiz No. 200.

#### **4.5. Clasificación SUCS Y AASHTO.**

Según la Norma ASTM D2487, para obtener la clasificación del suelo, en primer lugar, se debe determinar la humedad natural y la granulometría del suelo a clasificar con el uso de los tamices de 3”, 3/4”, No. 4, No. 10, No. 40 y No. 200. Para suelos que se estimen que tengan más del 15% de finos, se requiere determinar el porcentaje de finos (material que pasa el tamiz No. 200), arena y grava en caso de contener esta última. Además, se requiere obtener el Límite Líquido y el Índice de Plasticidad del suelo.

El procedimiento para obtener los diferentes requisitos necesarios para la clasificación SUCS se explicaron previamente en este documento. En el punto 4.3 se explica el procedimiento de la obtención del Límite Líquido y el Índice de Plasticidad, así mismo, en el punto 4.4 se explica el procedimiento para el ensayo de Granulometría del suelo.

## **5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

### **5.1. Presentación de resultados.**

#### **Clasificación SUCS**

A continuación, se muestran los informes de clasificación SUCS en el formato en que son entregados por el Laboratorio de “Mecánica de Suelos” de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruíz Xavier Bolaños  
 LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
 NORMA : ASTM D 2487  
 DESCRIPCIÓN : 6+000  
 PROFUNDIDAD : 0.50m  
 SONDEO : -----

SOLICITADO POR : -----  
 FISCALIZACIÓN : -----  
 CONTRATISTA : -----  
 FECHA INGRESO : 2023-09-24  
 FECHA ENTREGA : -----  
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
 HOJA : 1 de 12

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
16.89	69.55	52.01	49.94	50.08
19.94	73.81	55.80	50.22	

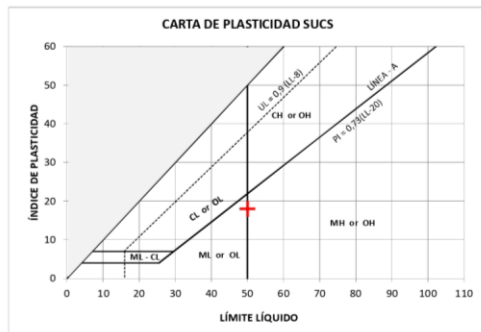
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
7.12	16.06	13.89	32.05	31.99
9.68	19.06	16.79	31.93	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

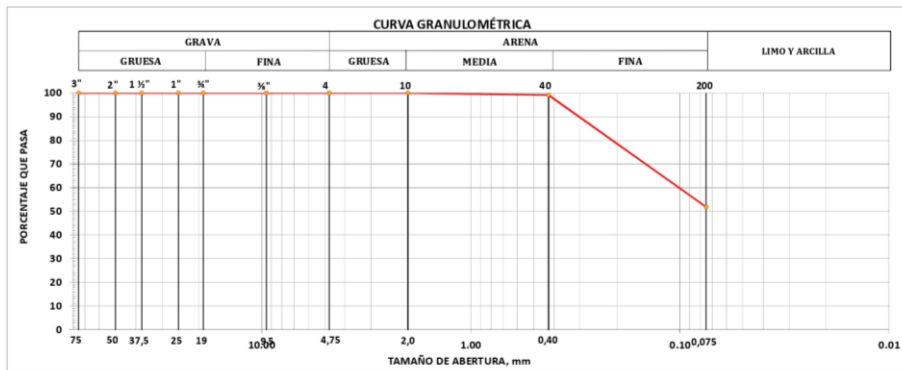
A MÉTODO MULTIPUNTO

N° GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
30	6.35	26.97	20.17	49.20
23	6.31	26.73	19.85	50.81
15	5.89	26.57	19.46	52.39



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.77	48.16
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.2	51.8



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)  
 Humedad (%) : 50  
 LÍMITES DE ATTERBERG  
 Límite Líquido, LL : 50  
 Límite Plástico, LP : 32  
 Índice de Plasticidad, IP : 18

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
 Grava (%) : 0  
 Arena (%) : 48  
 Finos (%) : 52

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : ML NOMBRE TÍPICO : Limo arenoso

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Telgo, José Morán  
 RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Édison Cueva  
 RESPONSABLE DEL ÁREA

Ing. Jorge Albuja, M.Sc.  
 COORDINADOR DEL LABORATORIO

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruíz Xavier Bolaños  
 LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
 NORMA : ASTM D 2487  
 DESCRIPCIÓN : 6+000  
 PROFUNDIDAD : 1.00m  
 SONDEO : -----

SOLICITADO POR : -----  
 FISCALIZACIÓN : -----  
 CONTRATISTA : -----  
 FECHA INGRESO : 2023-09-24  
 FECHA ENTREGA : -----  
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
 HOJA : 2 de 12

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
17.99	43.44	33.17	67.65	67.89
17.67	42.40	32.38	68.12	

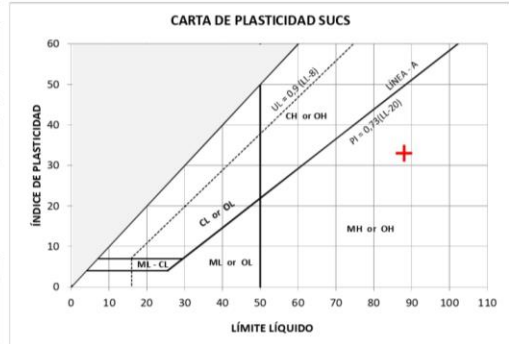
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.08	12.85	10.43	55.63	55.23
7.29	13.70	11.43	54.83	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

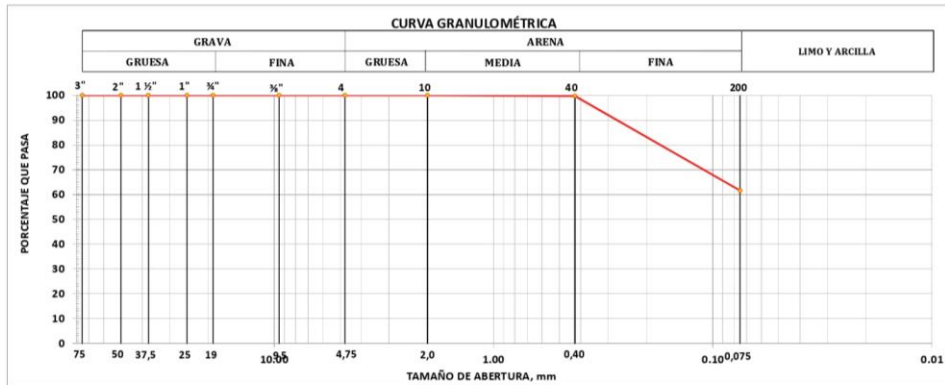
A MÉTODO MULTIPUNTO

N° GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
34	9.52	38.66	25.48	82.58
25	9.46	37.15	24.29	86.72
15	6.15	36.14	21.28	98.22



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	38.38
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	61.6



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)  
 Humedad (%) : 68  
 LÍMITES DE ATTERBERG  
 Límite Líquido, LL : 88  
 Límite Plástico, LP : 55  
 Índice de Plasticidad, IP : 33

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
 Grava (%) : 0  
 Arena (%) : 38  
 Finos (%) : 62

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : MH NOMBRE TÍPICO : Limo arenoso de alta plasticidad

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Tcigo. José Morán  
 RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Édison Cueva  
 RESPONSABLE DEL ÁREA

Ing. Jorge Albuja, M.Sc.  
 COORDINADOR DEL LABORATORIO

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
 LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
 NORMA : ASTM D 2487  
 DESCRIPCIÓN : 6+000  
 PROFUNDIDAD : 2.00m  
 SONDEO : -----

SOLICITADO POR : -----  
 FISCALIZACIÓN : -----  
 CONTRATISTA : -----  
 FECHA INGRESO : 2023-09-24  
 FECHA ENTREGA : -----  
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
 HOJA : 3 de 12

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
16.80	44.88	31.12	96.09	96.43
17.74	43.97	31.07	96.77	

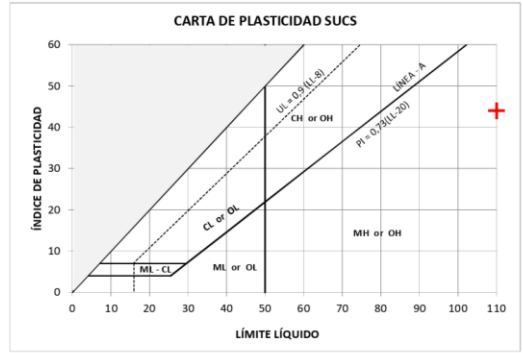
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.67	16.21	12.43	65.63	65.88
8.90	17.24	13.92	66.14	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

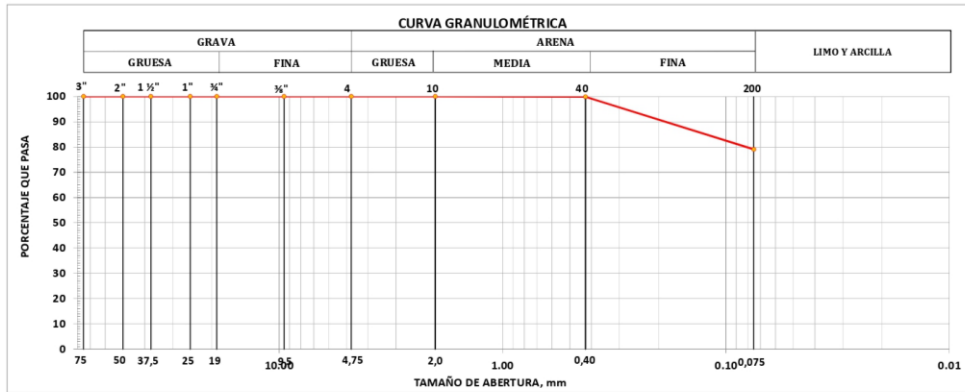
A MÉTODO MULTIPUNTO

N° GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
35	6.09	26.49	15.89	108.16
26	6.18	26.49	15.82	110.68
17	6.11	26.39	15.67	112.13



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	20.91
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	79.1



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

Humedad (%) : 96

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : 110

Límite Plástico, LP : 66

Índice de Plasticidad, IP : 44

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Grava (%) : 0

Arena (%) : 21

Finos (%) : 79

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : MH NOMBRE TÍPICO : Limo de alta plasticidad con arena

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Tclgo. José Morán  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Édison Cueva  
RESPONSABLE DEL ÁREA

Ing. Jorge Albuja, M.Sc.  
COORDINADOR DEL LABORATORIO

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
 LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
 NORMA : ASTM D 2487  
 DESCRIPCIÓN : 6+500  
 PROFUNDIDAD : 0.50m  
 SONDEO : .....

SOLICITADO POR : .....  
 FISCALIZACIÓN : .....  
 CONTRATISTA : .....  
 FECHA INGRESO : 2023-09-24  
 FECHA ENTREGA : .....  
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
 HOJA : 4 de 12

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
18.73	63.37	47.98	52.62	52.70
18.47	63.45	47.91	52.79	

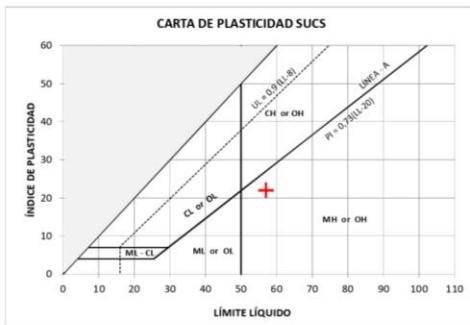
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.29	14.04	12.03	35.02	35.15
10.35	19.13	16.84	35.29	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

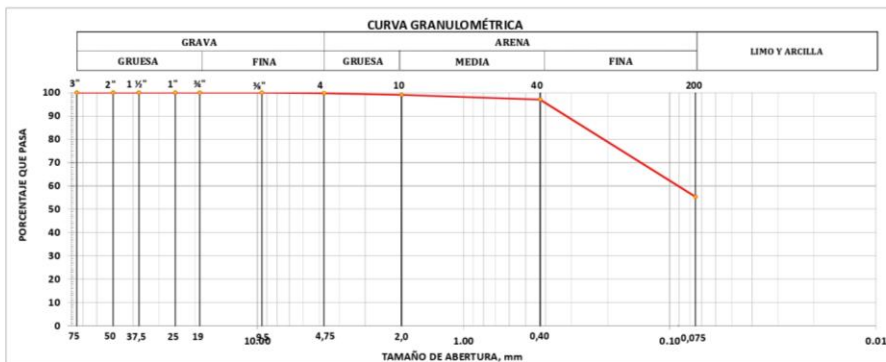
A MÉTODO MULTIPUNTO

N° GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
32	9.47	29.62	22.40	55.84
23	6.17	26.97	19.34	57.93
15	9.28	30.72	22.76	59.05



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.92	2.92	44.64
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	99.1	97.1	55.4



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)  
 Humedad (%) : 53  
 LÍMITES DE ATTERBERG  
 Límite Líquido, LL : 57  
 Límite Plástico, LP : 35  
 Índice de Plasticidad, IP : 22

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
 Grava (%) : 0  
 Arena (%) : 45  
 Finos (%) : 55

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : MH NOMBRE TÍPICO : Limo arenoso de alta plasticidad

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Tlgo. José Morán  
 RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Édison Cueva  
 RESPONSABLE DEL ÁREA

Ing. Jorge Albuja, M.Sc.  
 COORDINADOR DEL LABORATORIO

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruíz Xavier Bolaños  
 LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
 NORMA : ASTM D 2487  
 DESCRIPCIÓN : 6+500  
 PROFUNDIDAD : 1.00m  
 SONDEO : -----

SOLICITADO POR : -----  
 FISCALIZACIÓN : -----  
 CONTRATISTA : -----  
 FECHA INGRESO : 2023-09-24  
 FECHA ENTREGA : -----  
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
 HOJA : 5 de 12

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
18.30	69.36	54.99	39.17	38.94
18.79	69.02	55.00	38.72	

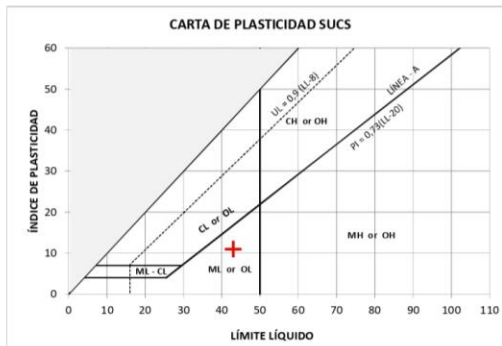
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.07	13.50	11.68	32.44	32.42
6.87	13.90	12.18	32.39	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

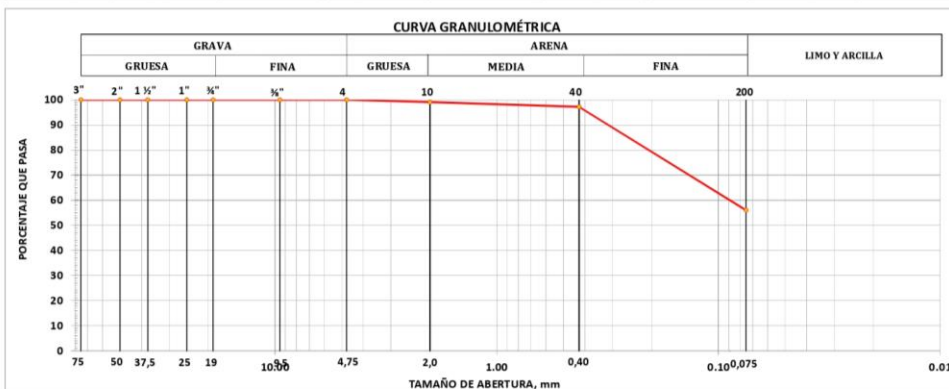
A MÉTODO MULTIPUNTO

N° GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
33	8.54	37.65	29.39	39.62
24	8.82	36.54	28.08	43.93
15	6.41	33.20	24.61	47.20



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	2.77	43.95
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.1	97.2	56.0



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

Humedad (%) : 39

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : 43

Límite Plástico, LP : 32

Índice de Plasticidad, IP : 11

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Grava (%) : 0

Arena (%) : 44

Finos (%) : 56

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : ML

NOMBRE TÍPICO : Limo arenoso

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Tclgo. José Morán  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Édison Cueva  
RESPONSABLE DEL ÁREA

Ing. Jorge Albuja, M.Sc.  
COORDINADOR DEL LABORATORIO

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
 LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
 NORMA : ASTM D 2487  
 DESCRIPCIÓN : 6+500  
 PROFUNDIDAD : 2.00m  
 SONDEO : .....

SOLICITADO POR : .....  
 FISCALIZACIÓN : .....  
 CONTRATISTA : .....  
 FECHA INGRESO : 2023-09-24  
 FECHA ENTREGA : .....  
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
 HOJA : 6 de 12

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
16.86	41.93	32.62	59.07	59.18
19.00	46.35	36.17	59.29	

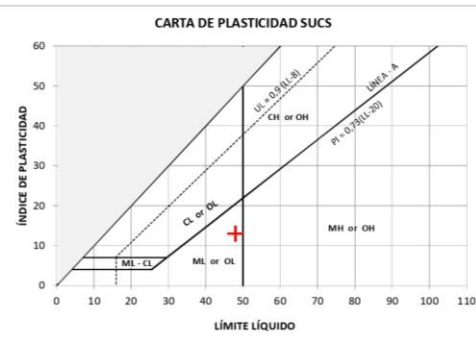
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
9.46	18.06	15.84	34.80	34.82
8.69	16.74	14.66	34.84	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

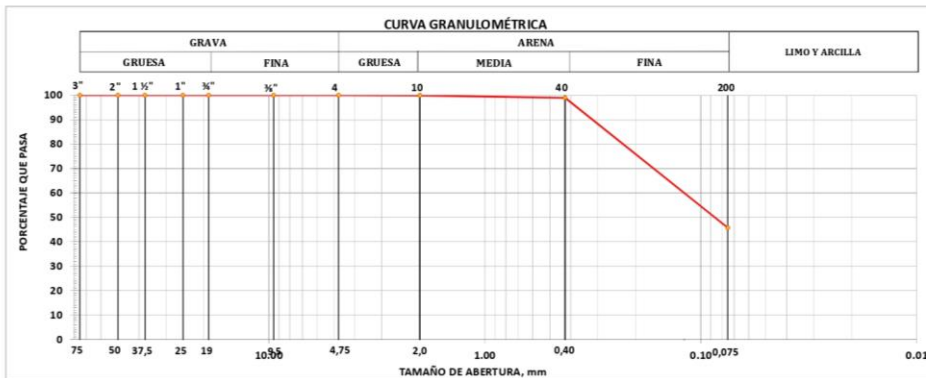
A MÉTODO MULTIPUNTO

N° GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
34	6.36	27.41	20.67	47.10
26	6.23	26.31	19.83	47.65
17	6.05	27.00	20.17	48.37



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.03	54.25
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	45.8



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)  
 Humedad (%) : 59  
 LÍMITES DE ATTERBERG  
 Límite Líquido, LL : 48  
 Límite Plástico, LP : 35  
 Índice de Plasticidad, IP : 13

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
 Grava (%) : 0  
 Arena (%) : 54  
 Finos (%) : 46

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : SM

NOMBRE TÍPICO : Arena limosa

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Tclgo. José Morán  
 RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Édison Cueva  
 RESPONSABLE DEL ÁREA

Ing. Jorge Albuja, M.Sc.  
 COORDINADOR DEL LABORATORIO

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
 LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
 NORMA : ASTM D 2487  
 DESCRIPCIÓN : 7+000  
 PROFUNDIDAD : 0.50m  
 SONDEO : -----

SOLICITADO POR : -----  
 FISCALIZACIÓN : -----  
 CONTRATISTA : -----  
 FECHA INGRESO : 2023-09-24  
 FECHA ENTREGA : -----  
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
 HOJA : 7 de 12

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

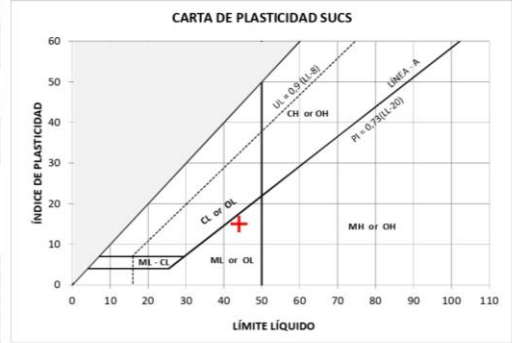
Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
16.76	40.91	33.36	45.48	45.15
18.60	41.48	34.40	44.81	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.07	12.49	11.06	28.66	29.01
8.64	15.16	13.68	29.37	

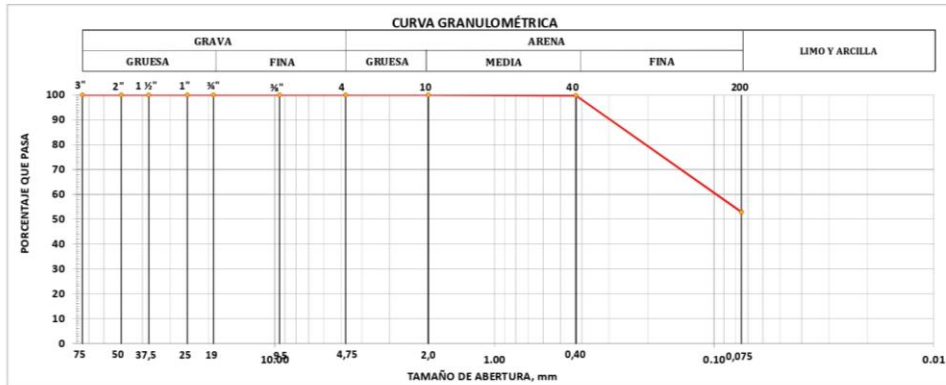
3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

A		MÉTODO MULTIPUNTO		
N° GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
34	6.15	36.96	27.86	41.92
25	5.98	38.03	28.17	44.43
15	6.35	37.85	27.68	47.68



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	47.12
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	52.9



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

Humedad (%) : 45

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : 44

Límite Plástico, LP : 29

Índice de Plasticidad, IP : 15

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Grava (%) : 0

Arena (%) : 47

Finos (%) : 53

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : ML	NOMBRE TÍPICO : Limo arenoso
-------------------------	------------------------------

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Tcgo. José Morán  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva  
RESPONSABLE DEL ÁREA

Ing. Jorge Albuja, M.Sc.  
COORDINADOR DEL LABORATORIO

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
 LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
 NORMA : ASTM D 2487  
 DESCRIPCIÓN : 7+000  
 PROFUNDIDAD : 1.00m  
 SONDEO : -----

SOLICITADO POR : -----  
 FISCALIZACIÓN : -----  
 CONTRATISTA : -----  
 FECHA INGRESO : 2023-09-24  
 FECHA ENTREGA :  
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
 HOJA : 8 de 12

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
11.62	32.03	26.13	40.66	41.13
17.91	39.25	32.98	41.61	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

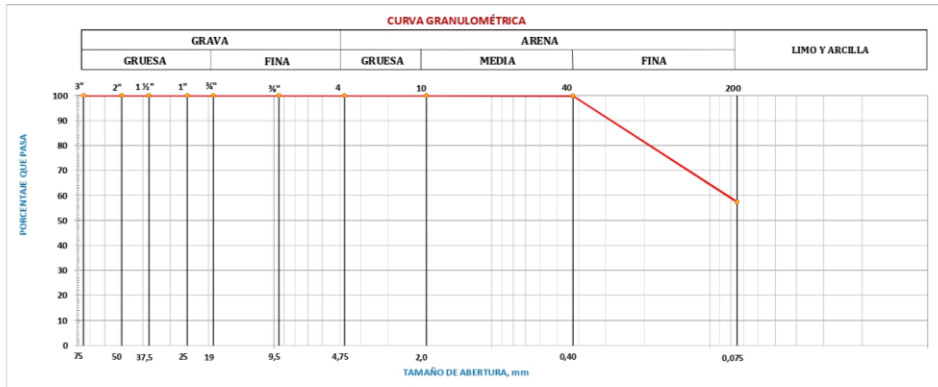
SUELO NO PLÁSTICO

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

SUELO NO PLÁSTICO

4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA ( mm )	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	42.61
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	57.4



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

% Humedad : 41

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : NP

Límite Plástico, LP : NP

Índice de Plasticidad, IP : NP

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

% Grava : 0

% Arena : 43

% Finos : 57

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : ML

NOMBRE TÍPICO : Limo

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Jorge Érazo  
 RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Sebastián Morales  
 RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja, M.Sc.  
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
 LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
 NORMA : ASTM D 2487  
 DESCRIPCIÓN : 7+000  
 PROFUNDIDAD : 2.00m  
 SONDEO : -----

SOLICITADO POR : -----  
 FISCALIZACIÓN : -----  
 CONTRATISTA : -----  
 FECHA INGRESO : 2023-09-24  
 FECHA ENTREGA : -----  
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
 HOJA : 8 de 12

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
16.90	40.66	32.36	53.69	53.89
16.72	39.65	31.60	54.10	

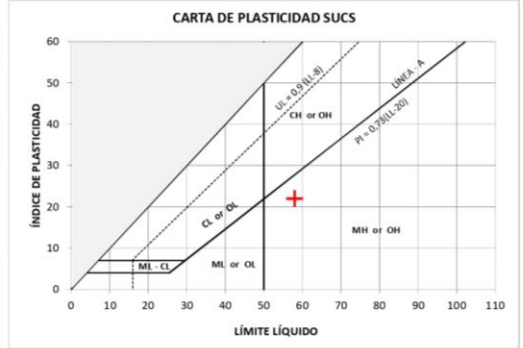
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.70	14.96	12.78	35.86	35.93
8.87	17.18	14.98	36.01	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

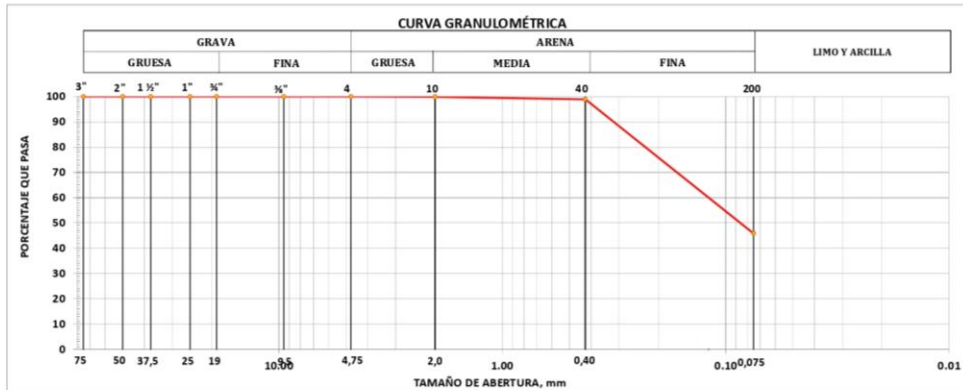
A MÉTODO MULTIPUNTO

N° GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
31	6.36	26.56	19.24	56.83
23	6.10	26.60	19.01	58.79
15	6.15	26.76	19.01	60.26



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.03	54.15
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	45.8



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

Humedad (%) : 54

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : 58

Límite Plástico, LP : 36

Índice de Plasticidad, IP : 22

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Grava (%) : 0

Arena (%) : 54

Finos (%) : 46

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : SM NOMBRE TÍPICO : Arena limosa

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Tlgo. José Morán  
 RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Édison Cueva  
 RESPONSABLE DEL ÁREA

Ing. Jorge Albuja, M.Sc.  
 COORDINADOR DEL LABORATORIO

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
 LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
 NORMA : ASTM D 2487  
 DESCRIPCIÓN : 7+500  
 PROFUNDIDAD : 0.50m  
 SONDEO : .....

SOLICITADO POR : .....  
 FISCALIZACIÓN : .....  
 CONTRATISTA : .....  
 FECHA INGRESO : 2023-09-24  
 FECHA ENTREGA : .....  
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
 HOJA : 10 de 12

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
18.14	44.18	36.49	41.91	41.73
18.03	42.90	35.60	41.55	

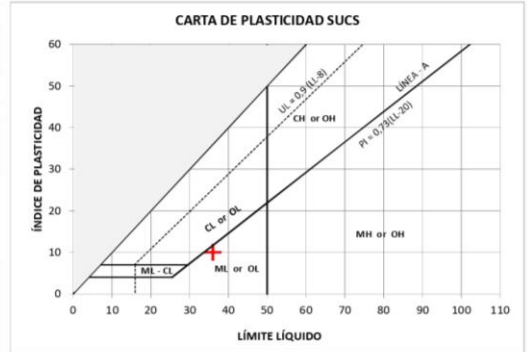
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
9.32	15.70	14.41	25.34	25.62
5.95	11.98	10.74	25.89	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

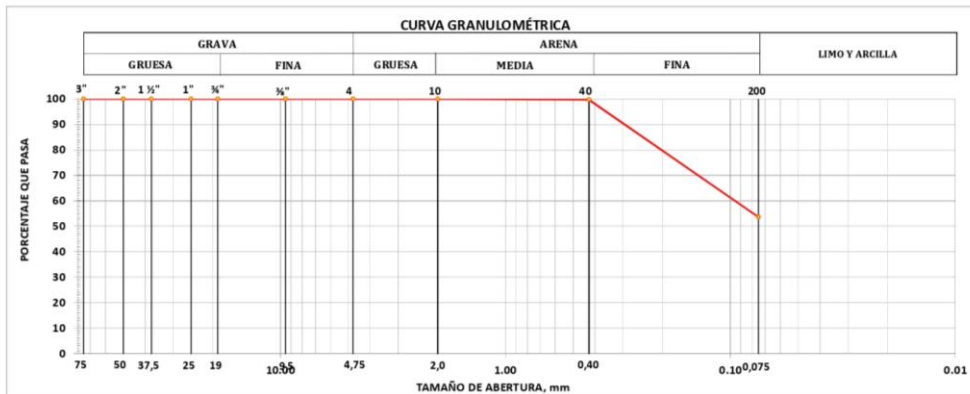
A MÉTODO MULTIPUNTO

N° GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
33	7.26	38.53	30.86	32.50
24	6.30	37.09	28.65	37.76
15	6.31	36.01	27.22	42.04



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	46.33
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	53.7



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

Humedad (%) : 42

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : 36

Límite Plástico, LP : 26

Índice de Plasticidad, IP : 10

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Grava (%) : 0

Arena (%) : 46

Finos (%) : 54

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : ML	NOMBRE TÍPICO : Limo arenoso
-------------------------	------------------------------

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Tcigo. José Morán  
 RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Édison Cueva  
 RESPONSABLE DEL ÁREA

Ing. Jorge Albuja, M.Sc.  
 COORDINADOR DEL LABORATORIO

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO: Tesis Sebastián Ruíz Xavier Bolaños  
 LOCALIZACIÓN: Santo Domingo  
 MUESTRA: Muestra tomada por el Cliente  
 NORMA: ASTM D 2487  
 DESCRIPCIÓN: 7+500  
 PROFUNDIDAD: 1.00m  
 SONDEO: -----

SOLICITADO POR: -----  
 FISCALIZACIÓN: -----  
 CONTRATISTA: -----  
 FECHA INGRESO: 2023-09-24  
 FECHA ENTREGA: -----  
 ORDEN DE TRABAJO N°: 4679 S  
 HOJA: 11 de 12

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
16.85	44.44	35.71	46.29	46.25
17.98	41.49	34.06	46.21	

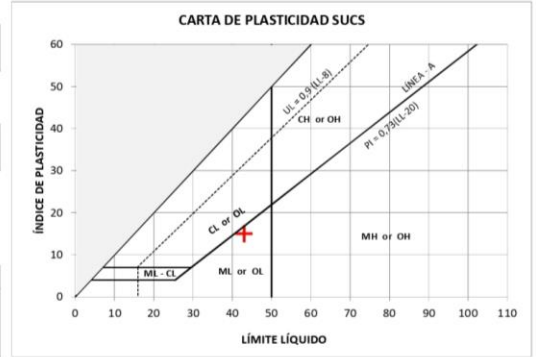
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.11	12.73	11.28	28.05	27.69
6.17	12.83	11.40	27.34	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

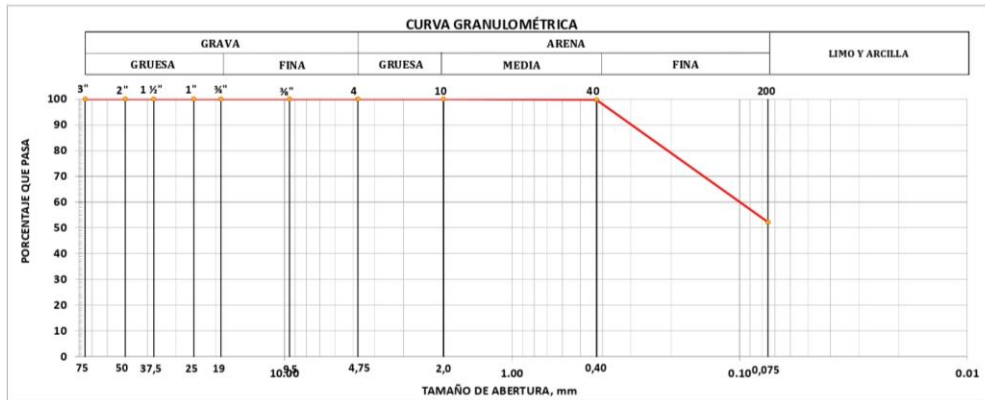
A MÉTODO MULTIPUNTO

N° GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
35	9.47	42.97	33.22	41.05
27	6.16	38.56	28.95	42.17
15	6.03	40.62	29.89	44.97



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	47.80
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	52.2



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)  
 Humedad (%) : 46  
 LÍMITES DE ATTERBERG  
 Límite Líquido, LL : 43  
 Límite Plástico, LP : 28  
 Índice de Plasticidad, IP : 15

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
 Grava (%) : 0  
 Arena (%) : 48  
 Finos (%) : 52

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : ML NOMBRE TÍPICO : Limo arenoso

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Tcgo. José Morán  
 RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Édison Cueva  
 RESPONSABLE DEL ÁREA

Ing. Jorge Albuja, M.Sc.  
 COORDINADOR DEL LABORATORIO

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruíz Xavier Bolaños  
 LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
 NORMA : ASTM D 2487  
 DESCRIPCIÓN : 7+500  
 PROFUNDIDAD : 2.00m  
 SONDEO : -----

SOLICITADO POR : -----  
 FISCALIZACIÓN : -----  
 CONTRATISTA : -----  
 FECHA INGRESO : 2023-09-24  
 FECHA ENTREGA : -----  
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
 HOJA : 12 de 12

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
17.05	41.59	33.58	48.46	48.17
18.80	44.22	35.99	47.88	

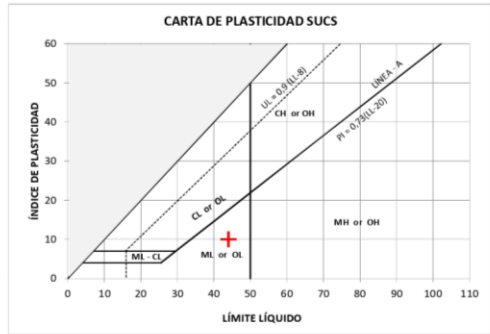
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
5.88	12.98	11.19	33.71	33.67
5.95	11.99	10.47	33.63	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

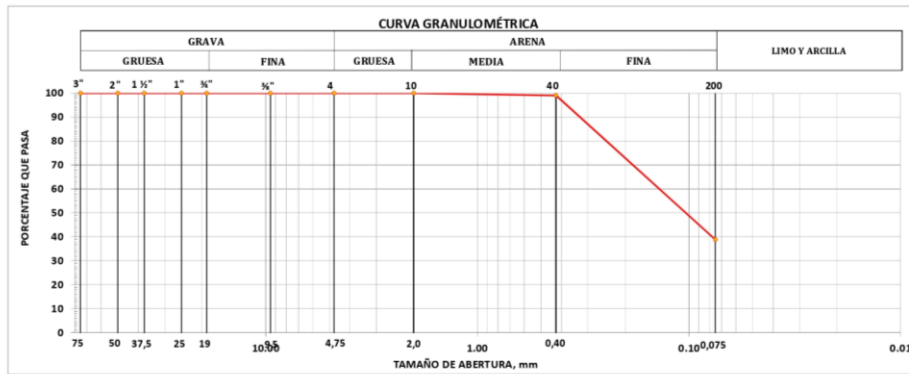
A MÉTODO MULTIPUNTO

N° GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
34	6.01	36.06	27.03	42.96
25	6.03	31.79	23.91	44.07
17	6.35	35.70	26.51	45.59



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	61.14
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.1	38.9



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

Humedad (%) : 48

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : 44

Límite Plástico, LP : 34

Índice de Plasticidad, IP : 10

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Grava (%) : 0

Arena (%) : 61

Finos (%) : 39

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : SM

NOMBRE TÍPICO : Arena limosa

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

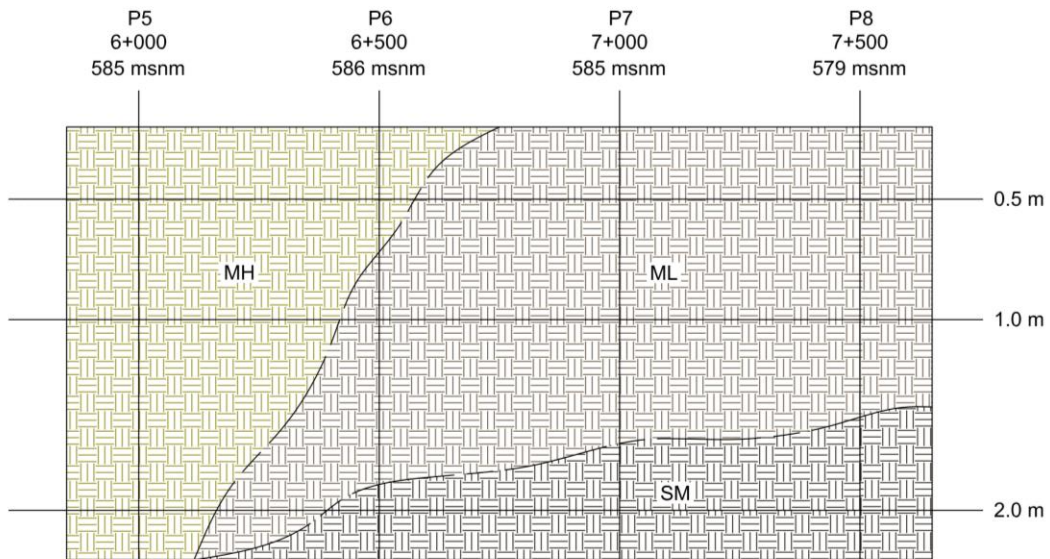
Tcigo. José Morán  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Édison Cueva  
RESPONSABLE DEL ÁREA

Ing. Jorge Albuja, M.Sc.  
COORDINADOR DEL LABORATORIO

A través de la caracterización física del suelo hasta 2 metros de profundidad se puede estimar un perfil estratigráfico del suelo presente en los tramos analizados de la vía, como se muestra a continuación.

**Ilustración 5.1** Perfil Estratigráfico del Tramo de Vía Analizado



## Gravedad Específica

Los resultados de la Gravedad específica obtenida en el Laboratorio de “Mecánica de Suelos” de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador se presenta a través de los siguientes informes.

**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO**

PROYECTO : Tesis Xavier Bolaños y Sebastián Ruiz	SOLICITADO POR : -----
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo	FISCALIZACIÓN : -----
MUESTRA : Tomada por el Cliente	CONTRATISTA : -----
NORMA : ASTM D854	FECHA DE INGRESO : 2023-09-25
DESCRIPCIÓN : 6+000	FECHA DE ENTREGA : 2023-11-14
SONDEO : -----	ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S
PROFUNDIDAD : 0.50m	HOJA : 1 de 1

CLASIFICACIÓN VISUAL =	ML
PRUEBA N° =	1
MATRAZ N° =	S2
MÉTODO =	B
% Que pasa Tamiz No 4 =	100
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	686.09
TEMPERATURA (T °C) =	24.0
MASA matraz + agua (gr) =	651.63
MASA suelo (gr) =	55.71
<b>G<sub>s</sub></b> =	<b>2.62</b>
<b>G<sub>s</sub> (20°C)</b> =	<b>2.62</b>

\_\_\_\_\_  
Tlgo. José Morán  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

\_\_\_\_\_  
Ing. Édison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

\_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Albuja M. Sc.  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO

PROYECTO : Tesis Xavier Bolaños y Sebastián Ruiz  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D854  
DESCRIPCIÓN : 6+000  
SONDEO : -----  
PROFUNDIDAD : 1.00m

SOLICITADO POR : -----  
FISCALIZACIÓN : -----  
CONTRATISTA : -----  
FECHA DE INGRESO: : 2023-09-25  
FECHA DE ENTREGA: : 2023-11-14  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
HOJA : 1 de 1

CLASIFICACIÓN VISUAL =	MH
PRUEBA N° =	1
MATRAZ N° =	X1
MÉTODO =	B
% Que pasa Tamiz No 4 =	100
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	698.18
TEMPERATURA (T °C) =	20.0
MASA matraz + agua (gr) =	664.05
MASA suelo (gr) =	54.71
<b>G<sub>s</sub></b> =	<b>2.66</b>
<b>G<sub>s</sub> (20°C)</b> =	<b>2.66</b>

\_\_\_\_\_  
Tclgo. José Morán  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

\_\_\_\_\_  
Ing. Édison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

\_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Albuja M. Sc.  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO**

PROYECTO : Tesis Xavier Bolaños y Sebastián Ruiz  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D854  
DESCRIPCIÓN : 6+500  
SONDEO : -----  
PROFUNDIDAD : 0.50m

SOLICITADO POR : -----  
FISCALIZACIÓN : -----  
CONTRATISTA : -----  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-14  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
HOJA : 1 de 1

CLASIFICACIÓN VISUAL =	MH
PRUEBA N° =	1
MATRAZ N° =	X1
MÉTODO =	B
% Que pasa Tamiz No 4 =	100
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	698.35
TEMPERATURA (T °C) =	21.1
MASA matraz + agua (gr) =	664.03
MASA suelo (gr) =	55.75
<b>G<sub>s</sub> =</b>	<b>2.60</b>
<b>G<sub>s</sub> (20°C) =</b>	<b>2.60</b>

\_\_\_\_\_  
Tclgo. José Morán  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

\_\_\_\_\_  
Ing. Édison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

\_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Albuja M. Sc.  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO**

PROYECTO : Tesis Xavier Bolaños y Sebastián Ruiz  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D854  
DESCRIPCIÓN : 6+500  
SONDEO : -----  
PROFUNDIDAD : 1.00m

SOLICITADO POR : -----  
FISCALIZACIÓN : -----  
CONTRATISTA : -----  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-14  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
HOJA : 1 de 1

CLASIFICACIÓN VISUAL =	ML
PRUEBA N° =	1
MATRAZ N° =	S2
MÉTODO =	B
% Que pasa Tamiz No 4 =	100
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	686.23
TEMPERATURA (T °C) =	22.0
MASA matraz + agua (gr) =	651.78
MASA suelo (gr) =	55.19
<b>G<sub>s</sub></b> =	<b>2.66</b>
<b>G<sub>s</sub> (20°C)</b> =	<b>2.66</b>

\_\_\_\_\_  
Tclgo. José Morán  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

\_\_\_\_\_  
Ing. Édison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

\_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Albuja M. Sc.  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO**

PROYECTO : Tesis Xavier Bolaños y Sebastián Ruiz	SOLICITADO POR : -----
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo	FISCALIZACIÓN : -----
MUESTRA : Tomada por el Cliente	CONTRATISTA : -----
NORMA : ASTM D854	FECHA DE INGRESO : 2023-09-25
DESCRIPCIÓN : 7+000	FECHA DE ENTREGA : 2023-11-14
SONDEO : -----	ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S
PROFUNDIDAD : 0.50m	HOJA : 1 de 1

CLASIFICACIÓN VISUAL =	ML
PRUEBA N° =	1
MATRAZ N° =	X1
MÉTODO =	B
% Que pasa Tamiz No 4 =	100
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	698.29
TEMPERATURA (T °C) =	22.2
MASA matraz + agua (gr) =	663.99
MASA suelo (gr) =	55.45
<b>G<sub>s</sub></b> =	<b>2.62</b>
<b>G<sub>s</sub> (20°C)</b> =	<b>2.62</b>

\_\_\_\_\_  
Tcgo. José Morán  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

\_\_\_\_\_  
Ing. Édison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

\_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Albuja M. Sc.  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO**

PROYECTO : Tesis Xavier Bolaños y Sebastián Ruiz  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D854  
DESCRIPCIÓN : 7+000  
SONDEO : -----  
PROFUNDIDAD : 1.00m

SOLICITADO POR : -----  
FISCALIZACIÓN : -----  
CONTRATISTA : -----  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-14  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
HOJA : 1 de 1

CLASIFICACIÓN VISUAL =	ML
PRUEBA N° =	1
MATRAZ N° =	X1
MÉTODO =	B
% Que pasa Tamiz No 4 =	100
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	698.27
TEMPERATURA (T °C) =	21.0
MASA matraz + agua (gr) =	664.03
MASA suelo (gr) =	55.47
<b>G<sub>s</sub></b> =	<b>2.61</b>
<b>G<sub>s</sub> (20°C)</b> =	<b>2.61</b>

Tlgo. José Morán  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Édison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja M. Sc.  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO**

PROYECTO : Tesis Xavier Bolaños y Sebastián Ruiz  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D854  
DESCRIPCIÓN : 7+500  
SONDEO : -----  
PROFUNDIDAD : 0.50m

SOLICITADO POR : -----  
FISCALIZACIÓN : -----  
CONTRATISTA : -----  
FECHA DE INGRESO: : 2023-09-25  
FECHA DE ENTREGA: : 2023-11-14  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
HOJA : 1 de 1

CLASIFICACIÓN VISUAL =	ML
PRUEBA N° =	1
MATRAZ N° =	S2
MÉTODO =	B
% Que pasa Tamiz No 4 =	100
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	686.91
TEMPERATURA (T °C) =	20.0
MASA matraz + agua (gr) =	651.90
MASA suelo (gr) =	55.85
<b>G<sub>s</sub> =</b>	<b>2.68</b>
<b>G<sub>s</sub> (20°C) =</b>	<b>2.68</b>

\_\_\_\_\_  
Tlgo. José Morán  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

\_\_\_\_\_  
Ing. Édison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

\_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Albuja M. Sc.  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO**

PROYECTO : Tesis Xavier Bolaños y Sebastián Ruiz  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D854  
DESCRIPCIÓN : 7+500  
SONDEO : -----  
PROFUNDIDAD : 1.00m

SOLICITADO POR : -----  
FISCALIZACIÓN : -----  
CONTRATISTA : -----  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-14  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
HOJA : 1 de 1

CLASIFICACIÓN VISUAL =	ML
PRUEBA N° =	1
MATRAZ N° =	S2
MÉTODO =	B
% Que pasa Tamiz No 4 =	100
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	686.53
TEMPERATURA (T °C) =	19.2
MASA matraz + agua (gr) =	651.99
MASA suelo (gr) =	55.41
<b>G<sub>s</sub></b> =	<b>2.66</b>
<b>G<sub>s</sub> (20°C)</b> =	<b>2.66</b>


\_\_\_\_\_  
Tlgo. José Morán  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

\_\_\_\_\_  
Ing. Édison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

\_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Albuja M. Sc.  
DIRECTOR DEL LABORATORIO


# Proctor y CBR

Mediante los siguientes informes se detallan los resultados obtenidos en los ensayos Proctor ASTM D1557 y CBR ASTM D1883, los cuales fueron elaborados en el Laboratorio de "Mecánica de Suelos" de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador,



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE COMPACTACION**

**PROYECTO :** Tesis Sebastián Ruíz Xavier Bolaños

**LOCALIZACIÓN :** Santo Domingo

**MUESTRA :** Muestra tomada por el Cliente

**NORMA ENSAYO :** ASTM D - 1557

**CANtera :** \_\_\_\_\_

**DESCRIPCIÓN :** Abs 6+000

**PROFUNDIDAD :** 0,50 m

**SOLICITADO POR :** Sebastián Ruíz, Xavier Bolaños

**FISCALIZACIÓN :** \_\_\_\_\_

**CONTRATISTA :** \_\_\_\_\_

**FECHA DE INGRESO :** 2023-09-24

**FECHA DE EMISIÓN :** 2023-11-30

**ORDEN DE TRABAJO N° :** 4679 S

**HOJA :** 1 de 45

**PROCTOR MODIFICADO (2700 KN-m/m<sup>2</sup>)**

	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO
Tamiz N° 3/4:	0,00	0,00
Tamiz N° 3/8:	0,00	0,00
Tamiz N° 4:	0,00	0,00

**MÉTODO DE PREPARACIÓN:** \_\_\_\_\_ SECO       HÚMEDO

**MÉTODO :** A

**PESO MARTILLO :** 44,48 N

**N° DE MOLDE :** 12

**VOL. DE MOLDE :** 948 cm<sup>3</sup>

**CLASIFICACIÓN SUELO :** .....

**N° DE CAPAS :** 5

**N° DE GOLPES POR CAPA :** 25

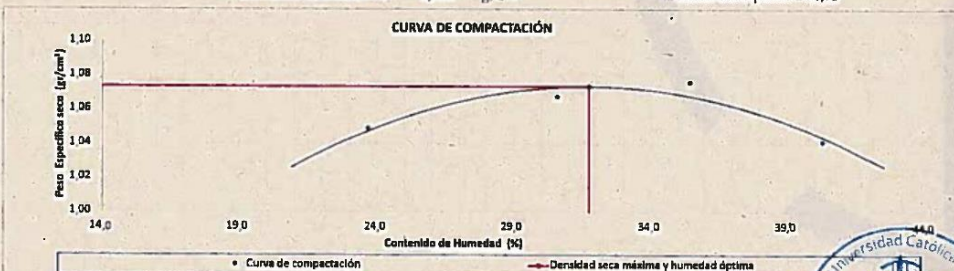
**ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO :** 457,2 mm

**PESO DEL MOLDE :** 3989 g

PRUEBA N°	1	2	3	4
Peso molde + suelo húmedo, g	5.219	5.310	5.370	5.374
Peso molde, g	3.989	3.989	3.989	3.989
Peso suelo húmedo, g	1.230	1.321	1.381	1.385
DENSIDAD HUMEDA, g/cm <sup>3</sup>	1,298	1,394	1,457	1,461
Peso cápsula, g	32,67	32,67	49,16	49,74
Peso cap. + suelo húmedo, g	178,22	172,35	192,89	184,77
Peso cap. + suelo seco, g	150,99	144,96	159,26	153,06
Contenido de Humedad, %	23,01	24,39	30,54	30,69
HUMEDAD PROMEDIO, %	23,70	30,62	35,48	40,31
DENSIDAD SECA, g/cm <sup>3</sup>	1,049	1,067	1,075	1,041

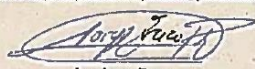
Densidad seca máxima = 1,074 g/cm<sup>3</sup>      % Humedad Óptima = 31,75

**CURVA DE COMPACTACIÓN**

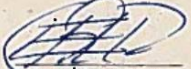


• Curva de compactación
— Densidad seca máxima y humedad óptima


NOTA: Este ensayo no puede ser reproducido parcialmente



Ing. Jorge Erazo  
RESPONSABLE DE ENSAYOS



Ing. Edison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA




Ing. Jorge Alvarado  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

*"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"*

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño

Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec

Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec



INSTITUTOS ECUADOR



**Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE  
MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO**

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D - 1883 - 16  
CANTERA :  
DESCRIPCIÓN : Abs 6+000  
PROFUNDIDAD : 0,50 m

SOLICITADO POR : Sebastián Ruiz, Xavier Bolaños  
FISCALIZACIÓN :  
CONTRATISTA :  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-24  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
HOJA : 2 de 45

**DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

DENSIDAD SECA MÁXIMA :	1,074	gr/cm <sup>3</sup>	HUMEDAD ÓPTIMA :	31,75	%
------------------------	-------	--------------------	------------------	-------	---

**DATOS DE MOLDEO**

N° DE CAPAS : 5  
PESO MARTILLO : 10 lb  
TIPO COMPACTACIÓN : MODIFICADA  
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO : 457,2 mm.  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : REMOJADA

MOLDES N°	18	O21	77
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
Peso molde + suelo húmedo ( gr. )	8.578	8.181	8.395
Peso molde ( gr. )	5.820	5.670	6.056
Peso suelo húmedo ( gr. )	2.758	2.511	2.339
Volumen del molde ( cm <sup>3</sup> )	2.133	2.134	2.125
Densidad húmeda ( gr/cm <sup>3</sup> )	1.293	1.177	1.101

**CONTENIDOS DE HUMEDAD DEL MOLDEO**

Peso cápsula ( gr. )	43,66	46,60	46,59	43,50	49,13	49,27
Peso cap. + suelo húmedo ( gr. )	154,04	143,93	163,27	159,09	182,08	181,68
Peso cap. + suelo seco ( gr. )	135,02	126,81	143,01	139,10	158,99	158,59
Contenido de Humedad (%)	20,82	21,34	21,01	20,91	21,02	21,12
Humedad promedio (%)	21,88		20,96		21,07	
Densidad seca ( gr/cm <sup>3</sup> )	1,068		973		909	

**CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACIÓN**

Peso cápsula ( gr. )	17,82	18,33	17,91	18,21	18,50	18,49
Peso cap. + suelo húmedo ( gr. )	63,15	68,44	66,04	66,80	74,01	73,56
Peso cap. + suelo seco ( gr. )	47,15	50,66	47,39	48,09	51,23	51,03
Contenido de Humedad (%)	54,55	55,00	63,26	62,62	69,60	69,24
Humedad promedio (%)	54,77		62,94		69,42	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

Peso molde + suelo húmedo ( gr. )	9.307	9.030	9.284
Agua absorbida ( gr. )	729	849	889
Agua absorbida (%)	26,43	33,81	38,01

Ing. Jorge Erazo

RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva

RESPONSABLE DE ÁREA



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida T2 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec  
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec

f t i n y d



QUITO, ECUADOR



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO**

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D - 1883- 16  
CANTERA :  
DESCRIPCIÓN : Abs G+000  
PROFUNDIDAD : 0,50 m

SOLICITADO POR : Sebastián Ruiz, Xavier Bolaños  
FISCALIZACIÓN :  
CONTRATISTA :  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-24  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 5  
HOJA : 3 de 45

**ESPONJAMIENTO**

MOLDES N°	Tiempo (días)	LECTURA DIAL	18		021		77			
			ESPONJAMIENTO		ESPONJAMIENTO		ESPONJAMIENTO			
			pulg	%	DIAL	pulg	%	DIAL	pulg	%
0		480	---	---	400	---	---	400	---	---
1		443	0,04	0,94	444	0,04	0,96	425	0,03	0,55
2		432	0,05	1,13	453	0,05	1,15	432	0,03	0,70
3		452	0,05	1,13	453	0,05	1,15	433	0,03	0,72
4		453	0,05	1,15	453	0,05	1,15	433	0,03	0,72

**PENETRACIÓN**

MOLDES N°	Penetración (pulgadas)	18			021			77		
		56 Golpes			25 Golpes			10 Golpes		
		Fuerza (lb)	Presión lb/plg <sup>2</sup>	Presión corregida lb/plg <sup>2</sup>	Fuerza (lb)	Presión lb/plg <sup>2</sup>	Presión corregida lb/plg <sup>2</sup>	Fuerza (lb)	Presión lb/plg <sup>2</sup>	Presión corregida lb/plg <sup>2</sup>
	0,000	0	0,00	---	0	0,00	---	0	0,00	---
	0,025	67	22,21	---	43	14,28	---	19	6,35	---
	0,050	200	66,64	---	95	31,73	---	43	14,28	---
	0,075	333	111,07	---	148	49,19	---	62	20,63	---
	0,100	438	145,97	150,00	181	60,29	58,00	71	23,80	20,00
	0,200	752	250,69	255,00	286	98,20	94,00	119	39,67	38,00
	0,300	942	314,16	---	338	112,65	---	152	50,77	---
	0,400	1176	391,91	---	409	136,45	---	181	60,29	---
	0,500	1342	447,44	---	443	147,50	---	209	69,81	---

**VALORES DE CBR**

Presión lb/plg <sup>2</sup>	Valor CBR 0.1"	Presión lb/plg <sup>2</sup>	Valor CBR 0.2"
150,00	15,00	255,00	17,00
58,00	5,80	94,00	6,27
20,00	2,00	38,00	2,53
CBR (95% y seco max.) = 10,20		CBR (95% y seco max.) = 11,50	

Nota. CBR realizado con equipo manual (Anillo medidor de Fuerza) externo al laboratorio.

Ing. Jorge Enza  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja M.Sc.  
DIRECTOR DEL LABORATORIO



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec  
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec



JEJUELAS ECUADOR



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

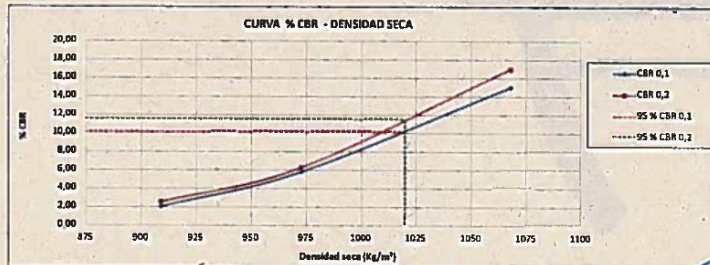
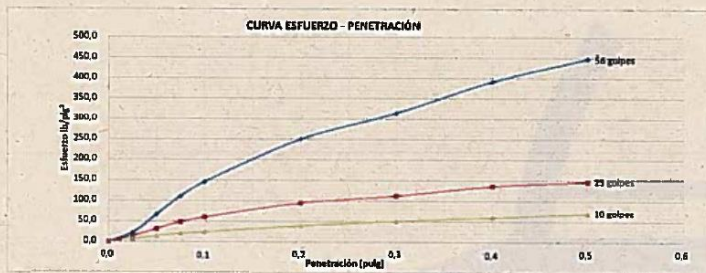
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO**

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
DESCRIPCIÓN : ASTM D - 1883 - 16  
NORMA :  
CANTERA : Abs 6+000  
PROFUNDIDAD : 0,50 m

SOLICITADO POR : Sebastián Ruiz, Xavier Bolaños  
FISCALIZACIÓN :  
CONTRATISTA :  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-24  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
HOJA : 4 de 45



Nota: CBR realizado con equipo manual (Anillo medidor de Fuerza) externo al laboratorio.

Ing. Jorge Erazo  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: imc-puce@puce.edu.ec  
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec



IESUTAS ECUADOR



**Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE  
MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
NORMA ENSAYO : ASTM D - 1557  
CANTERA : \_\_\_\_\_  
DESCRIPCIÓN : Abs 6+500  
PROFUNDIDAD : \_\_\_\_\_

SOLICITADO POR : Sebastián Ruiz, Xavier Bolaños  
FISCALIZACIÓN : \_\_\_\_\_  
CONTRATISTA : \_\_\_\_\_  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-24  
FECHA DE EMISIÓN : 2023-11-30  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
HOJA : 5 de 45

**PROCTOR MODIFICADO (2700 KN-m/m<sup>2</sup>)**

	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO
Tamiz N° 3/4 :	0,00	0,00
Tamiz N° 3/8 :	0,00	0,00
Tamiz N° 4 :	0,00	0,00

MÉTODO DE PREPARACIÓN: \_\_\_\_\_ SECO \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ HÚMEDO

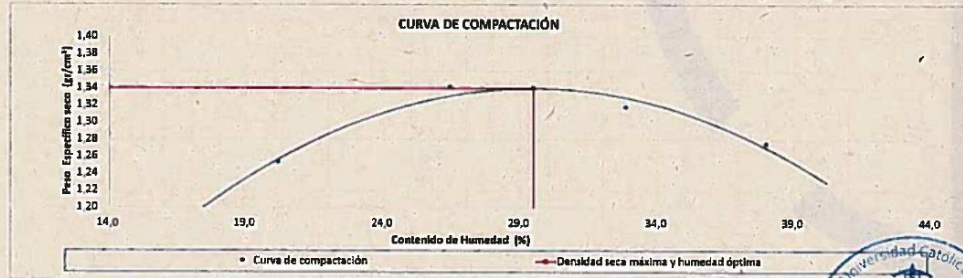
MÉTODO : A  
PESO MARTILLO : 44,48 N  
N° DE MOLDE : 5K  
VOL. DE MOLDE : 944 cm<sup>3</sup>  
CLASIFICACIÓN SUELO : \_\_\_\_\_

N° DE CAPAS : 5  
N° DE GOLPES POR CAPA : 25  
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO : 457,2 mm  
PESO DEL MOLDE : 4137 g

PRUEBA N°	1	2	3	4				
Peso molde + suelo húmedo, g	5.738	5.790	5.798	5.599				
Peso molde, g	4.137	4.137	4.137	4.137				
Peso suelo húmedo, g	1.601	1.653	1.661	1.422				
DENSIDAD HUMEDA, g/cm <sup>3</sup>	1,696	1,751	1,759	1,506				
Peso cápsula, g	21,62	22,93	22,88	22,65	33,34	22,71	16,79	17,91
Peso cap. + suelo húmedo, g	168,69	161,08	145,19	144,96	152,60	141,60	57,60	58,55
Peso cap. + suelo seco, g	137,81	132,33	114,98	114,69	119,79	108,84	50,84	51,64
Contenido de Humedad, %	26,58	26,28	32,80	32,89	37,95	38,04	19,85	20,49
HUMEDAD PROMEDIO, %	26,43		32,84		37,99		20,17	
DENSIDAD SECA, g/cm <sup>3</sup>	1,341	1,318	1,275	1,253				

Densidad seca máxima = 1,340 g/cm<sup>3</sup>

Humedad Óptima = 29,48



NOTA: Este ensayo no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Jorge Erazo  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Alvarado  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE  
MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA  
Quito

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida T2 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec  
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec

f t i n y d





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO**

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D - 1883 - 15  
CANTERA :  
DESCRIPCIÓN : Abs 6+500  
PROFUNDIDAD : 0,50m

SOLICITADO POR : Sebastián Ruiz, Xavier Bolaños  
FISCALIZACIÓN :  
CONTRATISTA :  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-24  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 5  
HOJA : 9 de 45

**DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

DENSIDAD SECA MÁXIMA :	1,340	gr/cm <sup>3</sup>	HUMEDAD ÓPTIMA:	29,48	%
------------------------	-------	--------------------	-----------------	-------	---

**DATOS DE MOLDEO**

N° DE CAPAS : 5  
PESO MARTILLO : 10 lb  
TIPO COMPACTACIÓN : MODIFICADA  
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO : 457,2 mm.  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA: REMOJADA

MOLDES N°	Z5	Z8	2
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
Peso molde + suelo húmedo ( gr. )	10.188	9.259	9.216
Peso molde ( gr. )	6.651	6.029	6.343
Peso suelo húmedo ( gr. )	3.537	3.230	2.873
Volumen del molde ( cm <sup>3</sup> )	2.118	2.120	2.135
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.670	1.523	1.345

**CONTENIDOS DE HUMEDAD AL MOLDEO**

Peso cápsula ( gr. )	43,63	46,60	46,58	43,52	49,29	49,15
Peso cap. + suelo húmedo ( gr. )	151,49	157,47	160,11	155,71	180,02	173,32
Peso cap. + suelo seco ( gr. )	126,74	132,19	134,38	130,44	151,04	145,53
Contenido de Humedad (%)	29,78	29,54	29,31	29,07	28,48	28,83
Humedad promedio (%)	29,66		29,19		28,66	
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,288		1,179		1,046	

**CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACIÓN**

Peso cápsula ( gr. )	17,93	18,70	17,10	18,13	49,05	44,89
Peso cap. + suelo húmedo ( gr. )	66,41	67,12	67,87	68,84	140,03	138,80
Peso cap. + suelo seco ( gr. )	53,65	54,53	52,87	53,85	109,77	107,68
Contenido de Humedad (%)	35,72	35,14	41,93	41,97	49,84	49,56
Humedad promedio (%)	35,43		41,95		49,70	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

Peso molde + suelo húmedo ( gr. )	10.404	9.644	9.771
Agua absorbida ( gr. )	216	385	555
Agua absorbida (%)	6,11	11,92	19,32

Ing. Jorge Erazo  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja  
DIRECTOR DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA  
QUITO

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc.puce@puce.edu.ec  
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec  
f t i n y d





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO**

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D - 1583- 16  
CANTERA :  
DESCRIPCIÓN : Abs 6-500  
PROFUNDIDAD : 0,50m

SOLICITADO POR : Sebastián Ruiz, Xavier Bolaños  
FISCALIZACIÓN :  
CONTRATISTA :  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-24  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 5  
HOJA : 10 de 45

**ESPONJAMIENTO**

MOLDES N°	Z5			Z6			Z		
	LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO		LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO		LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO	
tiempo (días)		pulg	%		pulg	%		pulg	%
0	300	---	---	300	---	---	300	---	---
1	323	0,02	0,50	340	0,04	0,87	359	0,06	1,29
2	323	0,02	0,50	340	0,04	0,87	359	0,06	1,29
3	324	0,02	0,52	340	0,04	0,87	359	0,06	1,29
4	324	0,02	0,52	340	0,04	0,87	359	0,06	1,29

**PENETRACIÓN**

MOLDES N°	Z5			Z6			Z		
	56 Golpes			25 Golpes			10 Golpes		
Penetración (pulgadas)	Fuerza (lb)	Presión lb/plg²	Presión corregida lb/plg²	Fuerza (lb)	Presión lb/plg²	Presión corregida lb/plg²	Fuerza (lb)	Presión lb/plg²	Presión corregida lb/plg²
0,000	0	0,00	---	0	0,00	---	0	0,00	---
0,025	148	49,19	---	38	12,69	---	38	12,69	---
0,050	395	131,69	---	114	38,08	---	76	25,39	---
0,075	695	231,65	---	224	74,57	---	114	38,08	---
0,100	976	325,27	380,00	357	119,09	160,00	157	52,36	50,00
0,200	1780	593,41	630,00	766	255,45	275,00	257	85,68	85,00
0,300	2285	761,60	---	938	312,57	---	319	106,31	---
0,400	2623	874,25	---	1066	355,41	---	371	123,76	---
0,500	2980	993,25	---	1171	390,32	---	414	138,04	---

**VALORES DE CBR**

Presión lb/plg²	Valor CBR 0.1	Presión lb/plg²	Valor CBR 0.2
380,00	36,00	630,00	42,00
160,00	16,00	275,00	18,33
50,00	5,00	85,00	5,67
CBR (95% y seco max.) = 35,00		CBR (95% y seco max.) = 38,50	

Nota: CBR realizado con equipo manual (Anillo medidor de Fuerza) externo al laboratorio.

Ing. Jorge Erazo  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec  
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec  
f t i in d





**Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

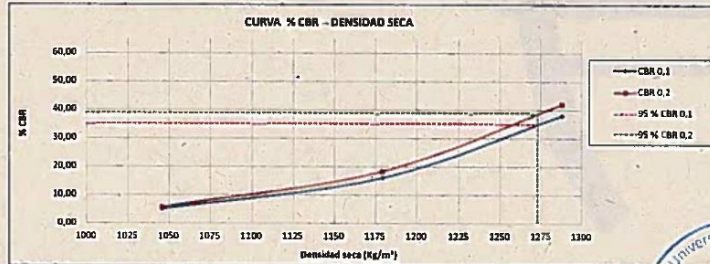
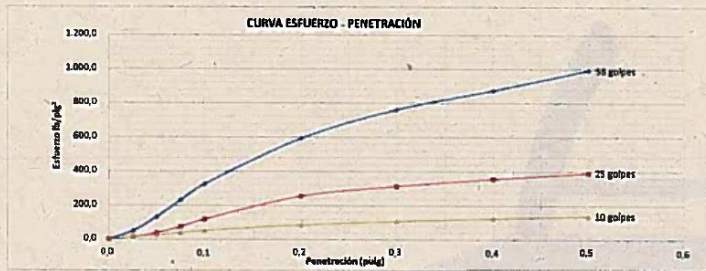
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE  
MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO**

**PROYECTO:** Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
**LOCALIZACIÓN:** Santo Domingo  
**MUESTRA:** Muestra tomada por el Cliente  
**DESCRIPCIÓN:** ASTM D - 1883- 15  
**NORMA:** \_\_\_\_\_  
**CANTERA:** Abs 6+500  
**PROFUNDIDAD:** 0,50m

**SOLICITADO POR:** Sebastián Ruiz, Xavier Bolaños  
**FISCALIZACIÓN:** \_\_\_\_\_  
**CONTRATISTA:** \_\_\_\_\_  
**FECHA DE INGRESO:** 2023-09-24  
**FECHA DE ENTREGA:** 2023.11.30  
**ORDEN DE TRABAJO N°:** 4679 S  
**HOJA:** 11 de 45



Nota: CBR realizado con equipo manual (Anillo zurdador de Fuerza) externo al laboratorio.

Ing. Jorge Erazo

RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva

RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja

DIRECTOR DEL LABORATORIO



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

**Dirección:** Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
**Código postal:** 170525 / **Teléfono:** (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / **Correo:** lmc-puce@puce.edu.ec  
**Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec**



RESULTADOS ECUADOR



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
NORMA ENSAYO : ASTM D - 1557  
CANTERA :  
DESCRIPCIÓN : Abs 7+000  
PROFUNDIDAD : 0,50 m

SOLICITADO POR : Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
FISCALIZACIÓN :  
CONTRATISTA :  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-24  
FECHA DE EMISIÓN : 2023-11-30  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
HOJA : 12 de 45

**PROCTOR MODIFICADO (2700 KN-m/m<sup>3</sup>)**

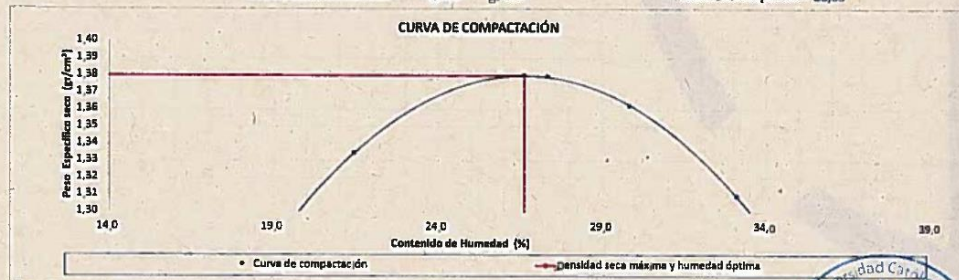
	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO
Tamiz N° 3/4 :	0,00	0,00
Tamiz N° 3/8 :	0,00	0,00
Tamiz N° 4 :	0,00	0,00

MÉTODO DE PREPARACIÓN:  SECO  HÚMEDO

MÉTODO : A  
PESO MARTILLO : 44,48 N  
N° DE MOLDE : S1  
VOL. DE MOLDE : 943 cm<sup>3</sup>  
CLASIFICACIÓN SUELO :  
N° DE CAPAS : 5  
N° DE GOLPES POR CAPA : 25  
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO : 457,2 mm  
PESO DEL MOLDE : 4150 g

PRUEBA N°	1		2		3		4	
Peso molde + suelo húmedo, g	5.678		5.806		5.817		5.793	
Peso molde, g	4.150		4.150		4.150		4.150	
Peso suelo húmedo, g	1.528		1.656		1.667		1.643	
DENSIDAD HUMEDA, g/cm <sup>3</sup>	1,621		1,757		1,768		1,743	
Peso cápsula, g	22,63	22,89	22,98	32,67	22,56	22,58	22,91	22,62
Peso cap. + suelo húmedo, g	182,19	164,95	164,89	194,31	172,19	180,24	158,43	179,40
Peso cap. + suelo seco, g	154,09	139,78	134,41	159,62	137,90	143,97	124,78	140,34
Contenido de Humedad, %	21,38	21,53	27,35	27,33	29,73	29,88	33,03	33,18
HUMEDAD PROMEDIO, %	21,45		27,34		29,80		33,11	
DENSIDAD SECA, g/cm <sup>3</sup>	1,335		1,380		1,362		1,309	

Densidad seca máxima = 1,380 g/cm<sup>3</sup>      % Humedad Óptima = 26,63



NOTA: Este ensayo no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Jorge Erazo  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Moya  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTECNIA  
QUITO

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec  
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec

f t i n d j



INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y ESTUDIOS DE PLANEACIÓN



**Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE  
MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA  
INFORME DE ENSAYO  
ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO**

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D - 1883 - 16  
CANTERA :  
DESCRIPCIÓN : Abs 7+000  
PROFUNDIDAD : 0,50 m

SOLICITADO POR : Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
FISCALIZACIÓN :  
CONTRATISTA :  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-24  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
HOJA : 13 de 45

**DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

DENSIDAD SECA MÁXIMA :	1,360	gr/cm <sup>3</sup>	HUMEDAD ÓPTIMA:	26,63	%
------------------------	-------	--------------------	-----------------	-------	---

**DATOS DE MOLDEO**

N° DE CAPAS : 5  
PESO MARTILLO : 10 lb  
TIPO COMPACTACIÓN : MODIFICADA  
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO : 457,2 mm  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : REMOJADA

MOLDES N°	M6	13	6
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
Peso molde + suelo húmedo ( gr. )	11,896	9,588	9,386
Peso molde ( gr. )	8,051	6,075	6,215
Peso suelo húmedo ( gr. )	3,845	3,513	3,171
Volumen del molde ( cm <sup>3</sup> )	2,111	2,131	2,116
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1,821	1,649	1,498

**CONTENIDOS DE HUMEDAD AL MOLDEO**

Peso cápsula ( gr. )	22,76	49,17	49,64	48,68	22,62	33,36
Peso cap. + suelo húmedo ( gr. )	144,96	176,94	163,95	179,46	150,72	160,84
Peso cap. + suelo seco ( gr. )	118,72	149,21	140,39	152,22	124,21	134,53
Contenido de Humedad (%)	27,34	27,72	25,96	26,31	26,10	26,01
Humedad promedio (%)	27,53		26,14		26,05	
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,428		1,307		1,189	

**CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACIÓN**

Peso cápsula ( gr. )	65,70	67,02	67,21	65,81	46,60	44,86
Peso cap. + suelo húmedo ( gr. )	200,44	198,96	222,70	205,13	146,03	149,72
Peso cap. + suelo seco ( gr. )	169,01	168,13	182,32	167,69	117,44	118,86
Contenido de Humedad (%)	30,42	30,49	35,08	37,73	40,36	41,70
Humedad promedio (%)	30,46		36,41		41,03	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

Peso molde + suelo húmedo ( gr. )	11,986	9,843	9,792
Agua absorbida ( gr. )	90	255	406
Agua absorbida (%)	2,34	7,26	12,80

Ing. Jorge Erazo  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albaladejo, Sc  
DIRECTOR DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE  
MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA  
Quito



"Solidarias en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec  
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec  
f t i n d



INGENIEROS ECUATORIOS



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO**

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D - 1883- 16  
CANTERA :  
DESCRIPCIÓN : Abs 7+800  
PROFUNDIDAD : 0,50 m

SOLICITADO POR : Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
FISCALIZACIÓN :  
CONTRATISTA :  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-24  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
HOJA : 14 de 45

**ESPONJAMIENTO**

MOLDES N°	M6			13			6		
	LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO		LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO		LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO	
		pulg	%		pulg	%		pulg	%
0	100	---	---	100	---	---	100	---	---
1	120	0,02	0,44	112	0,01	0,26	116	0,02	0,35
2	120	0,02	0,44	112	0,01	0,26	116	0,02	0,35
3	120	0,02	0,44	112	0,01	0,26	116	0,02	0,35
4	120	0,02	0,44	115	0,02	0,33	118	0,02	0,39

**PENETRACIÓN**

MOLDES N°	M6			13			6		
	Penetración (pulgadas)	56 Golpes		25 Golpes		Presión corregida lb/plg²	10 Golpes		
		Fuerza (lb)	Presión lb/plg²	Fuerza (lb)	Presión lb/plg²		Fuerza (lb)	Presión lb/plg²	
0,000	0	0,00	---	0	0,00	---	0	0,00	---
0,025	57	19,04	---	281	93,61	---	71	23,80	---
0,050	190	63,47	---	452	150,73	---	148	49,19	---
0,075	371	123,76	---	595	198,33	---	195	65,05	---
0,100	628	209,44	310,00	709	236,41	220,00	228	76,16	75,00
0,200	1328	442,68	515,00	995	331,61	345,00	343	114,24	120,00
0,300	1833	610,87	---	1195	398,25	---	424	141,21	---
0,400	2190	729,87	---	1309	436,33	---	481	160,25	---
0,500	2509	836,17	---	1471	490,28	---	547	182,47	---

**VALORES DE CBR**

Presión lb/plg²	Valor CBR 0.1"	Presión lb/plg²	Valor CBR 0.2"
310,00	31,00	515,00	34,33
220,00	22,00	345,00	23,00
75,00	7,50	120,00	8,00
CBR (95% y seco max.) = 22,00		CBR (95% y seco max.) = 23,50	

Nota: CBR realizado con equipo manual (Anillo medidor de Fuerza) externo al laboratorio.

Ing. Jorge Erazo  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja M.Sc.  
DIRECTOR DEL LABORATORIO



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: imc-puce@puce.edu.ec  
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec  
f t i n y d





**Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

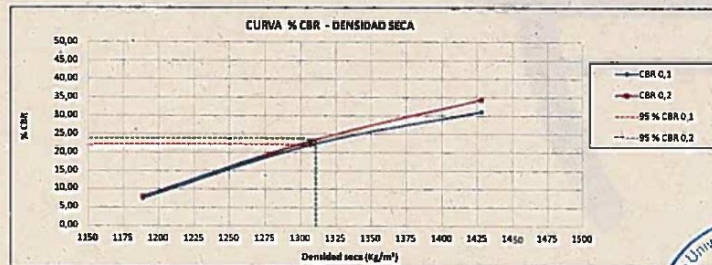
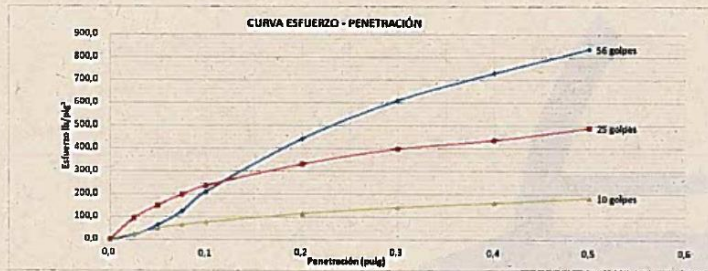
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE  
MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA  
INFORME DE ENSAYO  
ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO**

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
DESCRIPCIÓN : ASTM D - 1883 - 16  
NORMA :  
CANTERA : Abs 7+800  
PROFUNDIDAD : 0,50 m

SOLICITADO POR : Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
FISCALIZACIÓN :  
CONTRATISTA :  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-24  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
HOJA : 15 de 45



Nota: CBR realizado con equipo manual (Anillo medidor de Fuerza) externo al laboratorio.

Ing. Jorge Erazo  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edisson Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja  
DIRECTOR DEL LABORATORIO



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: imc-puce@puce.edu.ec  
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec



INSTITUTOS ECUADOR



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

**PROYECTO:** Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
**LOCALIZACIÓN:** Santo Domingo  
**MUESTRA:** Muestra tomada por el Cliente  
**NORMA ENSAYO:** ASTM D - 1557  
**CANTERA:** \_\_\_\_\_  
**DESCRIPCIÓN:** Abs 7+500  
**PROFUNDIDAD:** 0,50 m

**SOLICITADO POR:** Sebastián Ruiz, Xavier Bolaños  
**FISCALIZACIÓN:** \_\_\_\_\_  
**CONTRATISTA:** \_\_\_\_\_  
**FECHA DE INGRESO:** 2023-09-24  
**FECHA DE EMISIÓN:** 2023-11-30  
**ORDEN DE TRABAJO N°:** 4679 S  
**HOJA:** 19 de 45

**PROCTOR MODIFICADO (2700 KN-m/m<sup>2</sup>)**

	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO
Tamiz N° 3/4 :	0,00	0,00
Tamiz N° 3/8 :	0,00	0,00
Tamiz N° 4 :	0,00	0,00

**MÉTODO DE PREPARACIÓN:** \_\_\_\_\_ SECO \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ HÚMEDO

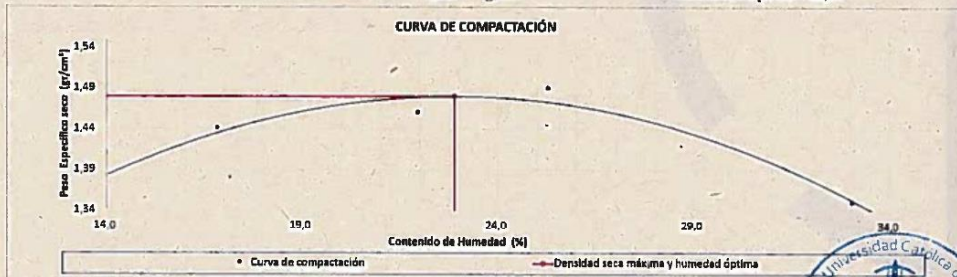
**MÉTODO:** A  
**PESO MARTILLO:** 44,48 N  
**N° DE MOLDE:** 5K  
**VOL. DE MOLDE:** 944 cm<sup>3</sup>  
**CLASIFICACIÓN SUELO:** \_\_\_\_\_

**N° DE CAPAS:** 5  
**N° DE GOLPES POR CAPA:** 25  
**ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO:** 457,2 mm  
**PESO DEL MOLDE:** 4138 g

PRUEBA N°	1	2	3	4				
Peso molde + suelo húmedo, g	5.727	5.819	5.900	5.834				
Peso molde, g	4.138	4.138	4.138	4.138				
Peso suelo húmedo, g	1.589	1.681	1.762	1.696				
DENSIDAD HUMEDA, g/cm <sup>3</sup>	1,683	1,780	1,866	1,796				
Peso cápsula, g	22,57	22,56	22,63	32,96	22,86	22,78	22,91	49,75
Peso cap. + suelo húmedo, g	171,91	172,17	183,92	204,74	159,46	173,94	179,14	199,51
Peso cap. + suelo seco, g	150,25	150,72	154,84	173,83	131,92	143,39	140,27	162,34
Contenido de Humedad, %	16,96	16,74	22,00	21,94	25,25	25,33	33,12	33,01
HUMEDAD PROMEDIO, %	16,85		21,97		25,29		33,07	
DENSIDAD SECA, g/cm <sup>3</sup>	1,440		1,460		1,490		1,350	

Densidad seca máxima = 1,480 g/cm<sup>3</sup>

% Humedad Óptima = 22,89



NOTA: Este ensayo no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Jorge Erazo  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Alvarado  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA  
Quito

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

**Dirección:** Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
**Código postal:** 170525 / **Teléfono:** (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / **Correo:** lmc-puce@puce.edu.ec  
Quito - Ecuador / [www.puce.edu.ec](http://www.puce.edu.ec)

f t i in y d





**Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE  
MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO**

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D - 1883 - 16  
CANTERA :  
DESCRIPCIÓN : Abs 7+500  
PROFUNDIDAD : 0,50 m

SOLICITADO POR : Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
FISCALIZACIÓN :  
CONTRATISTA :  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-24  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30  
ORDEN DE TRABAJO N° : 1679 5  
HOJA : 20 de 45

**DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

DENSIDAD SECA MÁXIMA :	1,480	gr / cm <sup>3</sup>	HUMEDAD ÓPTIMA :	22,89	%
------------------------	-------	----------------------	------------------	-------	---

**DATOS DE MOLDEO**

N° DE CAPAS : 5  
PESO MARTILLO : 10 lb. ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO : 457,2 mm.  
TIPO COMPACTACIÓN : MODIFICADA CONDICIÓN DE LA MUESTRA : REMOJADA

MOLDES N°	M7	77	6
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
Peso molde + suelo húmedo ( gr. )	12,063	9,777	9,669
Peso molde ( gr. )	8,059	6,056	6,215
Peso suelo húmedo ( gr. )	4,004	3,721	3,454
Volumen del molde ( cm <sup>3</sup> )	2,127	2,125	2,116
Densidad húmeda ( gr/cm <sup>3</sup> )	1,883	1,751	1,632

**CONTENIDOS DE HUMEDAD AL MOLDEO**

Peso cápsula ( gr. )	32,99	49,74	22,63	22,70	22,50	25,68
Peso cap. + suelo húmedo ( gr. )	137,37	153,54	116,78	116,34	102,97	105,92
Peso cap. + suelo seco ( gr. )	117,46	133,60	98,98	98,66	87,80	90,72
Contenido de Humedad (%)	23,57	25,78	23,31	23,28	23,23	23,37
Humedad promedio (%)	23,67		23,29		23,30	
Densidad seca ( gr/cm <sup>3</sup> )	1,522		1,420		1,324	

**CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACIÓN**

Peso cápsula ( gr. )	19,03	17,92	17,65	19,01	18,18	16,74
Peso cap. + suelo húmedo ( gr. )	89,18	87,89	100,59	100,86	98,15	99,36
Peso cap. + suelo seco ( gr. )	70,55	69,22	81,33	82,04	81,54	82,29
Contenido de Humedad (%)	36,16	36,39	30,24	29,86	26,22	26,04
Humedad promedio (%)	36,28		30,05		26,13	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

Peso molde + suelo húmedo ( gr. )	12,153		10,011		10,013	
Agua absorbida ( gr. )	90		234		344	
Agua absorbida (%)	2,25		6,29		9,96	

Ing. Jorge Erazo  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec  
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec

f t i in y d



INSTITUTO ECUATORIANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE  
MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO**

PROYECTO : Tesis Sebastián Ruiz Xavier Bolaños  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D - 1883- 16  
CANTERA :  
DESCRIPCIÓN : Abs 7+500  
PROFUNDIDAD : 0,50 m

SOLICITADO POR : Sebastián Ruiz, Xavier Bolaños  
FISCALIZACIÓN :  
CONTRATISTA :  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-24  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 S  
HOJA : 21 de 45

**ESPONJAMIENTO**

MOLDES N°	M7			77			6		
	LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO		LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO		LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO	
		pulg	%		pulg	%		pulg	%
0	200	---	---	200	---	---	200	---	---
1	215	0,02	0,33	215	0,02	0,33	217	0,02	0,37
2	216	0,02	0,35	215	0,02	0,33	217	0,02	0,37
3	216	0,02	0,35	215	0,02	0,33	218	0,02	0,39
4	216	0,02	0,35	215	0,02	0,33	218	0,02	0,39

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulgadas)	M7			77			6		
	Fuerza (lb)	56 Golpes		Fuerza (lb)	25 Golpes		Fuerza (lb)	10 Golpes	
		Presión lb/plg <sup>2</sup>	Presión corregida lb/plg <sup>2</sup>		Presión lb/plg <sup>2</sup>	Presión corregida lb/plg <sup>2</sup>		Presión lb/plg <sup>2</sup>	Presión corregida lb/plg <sup>2</sup>
0,000	0	0,00	---	0	0,00	---	0	0,00	---
0,025	113	37,67	---	225	75,09	---	167	55,51	---
0,050	470	156,59	---	662	220,59	---	408	136,01	---
0,075	964	321,45	---	957	319,12	---	559	186,43	---
0,100	1561	520,28	750,00	1161	387,11	400,00	661	220,20	230,00
0,200	3381	1 127,06	1 100,00	1635	544,97	560,00	877	292,37	300,00
0,300	4349	1 449,78	---	2034	678,12	---	1057	352,35	---
0,400	5004	1 668,04	---	2397	799,10	---	1213	404,37	---
0,500	5737	1 912,17	---	2732	910,67	---	1335	444,95	---

**VALORES DE CBR**

Presión lb/plg <sup>2</sup>	Valor CBR 0.1"	Presión lb/plg <sup>2</sup>	Valor CBR 0.2"
750,00	75,00	1 100,00	73,33
400,00	40,00	560,00	37,33
230,00	23,00	300,00	20,00
CBR (95% y seco max.) = 34,00		CBR (95% y seco max.) = 37,00	

Ing. Jorge Erazo  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: imc-puce@puce.edu.ec  
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

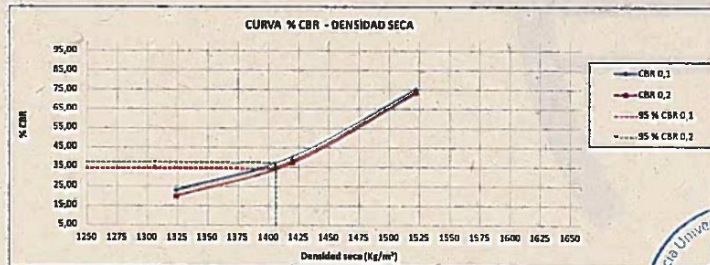
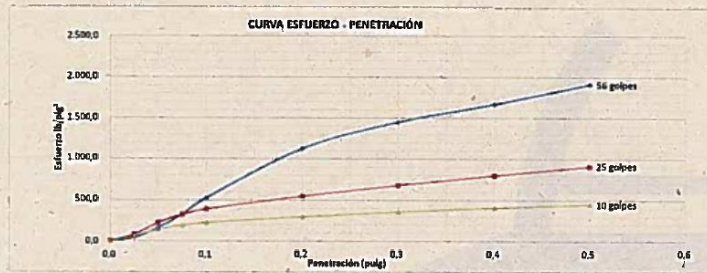
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO**

PROYECTO : Iesis Sebastián  
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo  
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
DESCRIPCIÓN : ASTM D - 1883 - 16  
NORMA :  
CANTERA : Abs 7-500  
PROFUNDIDAD : 0,50 m

SOLICITADO POR : Sebastián Ruiz, Xavier Bolaños  
FISCALIZACIÓN :  
CONTRATISTA :  
FECHA DE INGRESO : 2023-09-24  
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30  
ORDEN DE TRABAJO N° : 4679 5  
HOJA : 22 de 45



Ing. Jorge Bravo  
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva  
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja Macías  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño  
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puca@puce.edu.ec  
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec



## 5.2. Análisis de resultados.

### Clasificación SUCS Y AASHTO

Para presentar los resultados de la clasificación SUCS y AASHTO de todas las abscisas, incluyendo las tres profundidades de estudio, se realizó una tabla, donde se proporciona la información suficiente para caracterizar las propiedades físicas de los suelos guiándonos en la normativa ASTM.

**Tabla 5.1** Resumen de resultados caracterización de suelos SUCS

Abscisa	Profundidad (%)	Humedad Natural (%)	Granulometría					%Gravas	%Avena	%Finos	Límites de Atterberg			SUCS	Nombre Típico			
			200 (% Pasa)	40 (% Pasa)	10 (% Pasa)	4 (% Pasa)	3/8 (% Pasa)				Límite Líquido	Límite plástico	Índice de Plasticidad					
			48	52.2	38.9	99.1	100				100	100	100			100	0	46
7+500	2.00	48	38.9	99.1	100	100	100	100	100	0	46 <td>54 <td>39 <td>44 <td>34 <td>10 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td></td></td></td></td></td>	54 <td>39 <td>44 <td>34 <td>10 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td></td></td></td></td>	39 <td>44 <td>34 <td>10 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td></td></td></td>	44 <td>34 <td>10 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td></td></td>	34 <td>10 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td></td>	10 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td>	SMI <td>Arena Limosa</td>	Arena Limosa
	1.00	46	52.2	99.8	100	100	100	100	100	0	48 <td>52 <td>52 <td>43 <td>28 <td>15 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td></td></td></td></td>	52 <td>52 <td>43 <td>28 <td>15 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td></td></td></td>	52 <td>43 <td>28 <td>15 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td></td></td>	43 <td>28 <td>15 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td></td>	28 <td>15 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td>	15 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td>	ML <td>Limo Arenoso</td>	Limo Arenoso
	0.50	42	53.7	99.8	100	100	100	100	100	0	46 <td>54 <td>36 <td>26 <td>10 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td></td></td></td>	54 <td>36 <td>26 <td>10 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td></td></td>	36 <td>26 <td>10 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td></td>	26 <td>10 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td>	10 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td>	ML <td>Limo Arenoso</td>	Limo Arenoso	
7+000	2.00	54	45.8	99	100	100	100	100	100	0	54 <td>46 <td>46 <td>58 <td>36 <td>22 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td></td></td></td></td></td>	46 <td>46 <td>58 <td>36 <td>22 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td></td></td></td></td>	46 <td>58 <td>36 <td>22 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td></td></td></td>	58 <td>36 <td>22 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td></td></td>	36 <td>22 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td></td>	22 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td>	SMI <td>Arena Limosa</td>	Arena Limosa
	1.00	41	57.4	99.9	100	100	100	100	100	0	43 <td>57 <td>NP <td>NP <td>NP <td>NP <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td></td></td></td></td>	57 <td>NP <td>NP <td>NP <td>NP <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td></td></td></td>	NP <td>NP <td>NP <td>NP <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td></td></td>	NP <td>NP <td>NP <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td></td>	NP <td>NP <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td>	NP <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td>	ML <td>Limo Arenoso</td>	Limo Arenoso
	0.50	12	52.9	99.8	100	100	100	100	100	0	47 <td>53 <td>44</td> <td>29</td> <td>15 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td></td>	53 <td>44</td> <td>29</td> <td>15 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td>	44	29	15 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td>	ML <td>Limo Arenoso</td>	Limo Arenoso	
6+500	2.00	59	45.8	99	100	100	100	100	100	0	54 <td>46 <td>48 <td>35 <td>13 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td></td></td></td></td>	46 <td>48 <td>35 <td>13 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td></td></td></td>	48 <td>35 <td>13 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td></td></td>	35 <td>13 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td></td>	13 <td>SMI <td>Arena Limosa</td> </td>	SMI <td>Arena Limosa</td>	Arena Limosa	
	1.00	39	56	97.2	99.1	100	100	100	100	0	44 <td>56 <td>43 <td>32</td> <td>11 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td></td></td>	56 <td>43 <td>32</td> <td>11 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td></td>	43 <td>32</td> <td>11 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td></td>	32	11 <td>ML <td>Limo Arenoso</td> </td>	ML <td>Limo Arenoso</td>	Limo Arenoso	
	0.50	53	55.4	97.1	99.8	100	100	100	100	0	45 <td>55 <td>57 <td>35 <td>22 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td></td></td></td></td>	55 <td>57 <td>35 <td>22 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td></td></td></td>	57 <td>35 <td>22 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td></td></td>	35 <td>22 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td></td>	22 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td>	MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td>	Limo arenoso de alta plasticidad	
6+000	2.00	96	79.1	99.9	100	100	100	100	100	0	21 <td>79 <td>110</td> <td>66</td> <td>44 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td></td></td>	79 <td>110</td> <td>66</td> <td>44 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td></td>	110	66	44 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td>	MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td>	Limo arenoso de alta plasticidad	
	1.00	68	61.6	99.8	100	100	100	100	100	0	38 <td>62 <td>88</td> <td>55</td> <td>33 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td></td></td>	62 <td>88</td> <td>55</td> <td>33 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td></td>	88	55	33 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td>	MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td>	Limo arenoso de alta plasticidad	
	0.50	50	51.8	99.2	100	100	100	100	100	0	48 <td>52 <td>50 <td>32</td> <td>18 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td></td></td></td>	52 <td>50 <td>32</td> <td>18 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td></td></td>	50 <td>32</td> <td>18 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td></td>	32	18 <td>MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td> </td>	MH <td>Limo arenoso de alta plasticidad</td>	Limo arenoso de alta plasticidad	

**Tabla 5.2** Resumen de resultados caracterización de suelos AASHTO

Abscisa	Profundidad (m)	Humedad Natural (%)	Granulometría						%Gravas	%Arena	%Finos	Límites de Atterberg			LL-30	AASHTO	Subgrupo	Índice de grupo
			200 (% Pasa)	40 (% Pasa)	10 (% Pasa)	4 (% Pasa)	3/8 (% Pasa)	Límite Líquido				Límite plástico	Índice de Plasticidad					
6+000	0.50	50	51.8	99.2	100	100	100	100	0	48	52	50	32	18	20	A7	5	7
	1.00	68	61.6	99.8	100	100	100	100	0	38	62	88	55	33	58	A7	5	22
	2.00	96	79.1	99.9	100	100	100	100	0	21	79	110	66	44	80	A7	5	46
6+500	0.50	53	55.4	97.1	99.8	100	100	100	0	45	55	57	35	22	27	A7	5	11
	1.00	39	56	97.2	99.1	100	100	100	0	44	56	43	32	11	13	A7	5	5
	2.00	59	45.8	99	100	100	100	100	0	54	46	48	35	13	18	A7	5	4
7+000	0.50	45	52.9	99.8	100	100	100	100	0	47	53	44	29	15	14	A7	6	6
	1.00	41	57.4	99.9	100	100	100	100	0	43	57	NP	NP	NP	-	A4		0
	2.00	54	45.8	99	100	100	100	100	0	54	46	58	36	22	28	A7	5	7
7+500	0.50	42	53.7	99.8	100	100	100	100	0	46	54	36	26	10	6	A4		3
	1.00	46	52.2	99.8	100	100	100	100	0	48	52	43	28	15	13	A7	6	6
	2.00	48	38.9	99.1	100	100	100	100	0	61	39	44	34	10	14	A5		1

## Propiedades mecánicas – Proctor y CBR

En la Tabla 11 se presentan los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas según la profundidad y la caracterización del suelo.

**Tabla 5.3** Resumen de resultados de las propiedades mecánicas – Proctor y CBR.

Abscisa	Profundidad (m)	SUCS	Nombre Típico	Humedad Óptima (%)	Densidad Seca Máxima (g/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	
						0.01 (in)	0.02 (in)
6+000	0.50 - 1.00	MH	Limo arenoso de alta plasticidad	31.75	1.07	10	12
6+500	0.50 - 1.00	MH	Limo arenoso de alta plasticidad	29.48	1.34	35	39
7+000	0.50 - 1.00	ML	Limo Arenoso	26.63	1.38	22	24
7+500	0.50 - 1.00	ML	Limo Arenoso	22.89	1.48	34	37

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 6.1. Conclusiones.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los trabajos de campo y ensayos de laboratorio del tramo investigado, abscisas 6+000 hasta la 7+500 de la vía Santo Domingo – Los Bancos se han identificado dos zonas. Tramo 1 definido por la abscisa 6+000 y el Tramo 2 definida entre la abscisa 6+500 y 7+500.

Tramo 1:

- Hasta los 2 metros de profundidad investigados, los suelos están conformados por Limos y Limos Arenosos de Alta plasticidad del tipo MH de acuerdo a la clasificación SUCS y a A7-5 con un Índice de Grupo variable definido en la tabla No. 10 según la clasificación AASHTO, de consistencia blanda a muy blanda. El suelo se presenta de color café claro y la humedad varía entre húmedo y muy húmedo. La gravedad específica promedio es de 2.64 y el contenido de arena está entre 48% y 21%.
- A continuación, se detallan los resultados de los ensayos de Compactación y CBR, que definen los parámetros mecánicos del material investigado a 1 metro de profundidad.

Abscisa	Profundidad (m)	SUCS	Nombre Típico	Humedad Óptima (%)	Densidad Seca Máxima (g/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	
						0.01 (in)	0.02 (in)
6+000	0.50 - 1.00	MH	Limo arenoso de alta plasticidad	31.75	1.07	10	12

Tramo 2:

- Hasta los 1.50 metros de profundidad aproximadamente, los suelos están conformados por Limos y Limos Arenosos del tipo ML de acuerdo a la clasificación SUCS y a A7-6, A7-5 y A4 con un Índice de Grupo variable definido en la tabla No. 10 según la clasificación AASHTO, de consistencia blanda. El suelo se presenta de color café oscuro y café grisáceo, la humedad presente es húmeda. La gravedad específica promedio es de 2.64 y el contenido de arena está entre 43% y 48%.
- A partir de los 1.50 metros de profundidad aproximadamente, los suelos están conformados por Arenas Limosas del tipo SM de acuerdo a la clasificación SUCS y a A7-5 y A5 con un Índice de Grupo variable definido en la tabla No. 10 según la clasificación AASHTO, de consistencia medianamente firme. El suelo se presenta de color café oscuro y café grisáceo, la humedad presente es poco húmeda. El contenido de arena está entre 54% y 61%.
- A continuación, se detallan los resultados de los ensayos de Compactación y CBR, que definen los parámetros mecánicos del material investigado a 0.50 metros de profundidad.

Abscisa	Profundidad (m)	SUCS	Nombre típico	Humedad Óptima (%)	Densidad Seca Máxima (g/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	
						0.01 (in)	0.02 (in)
6+500	0.50 - 1.00	MH	Limo arenoso de alta plasticidad	29.48	1.34	35	39
7+000	0.50 - 1.00	ML	Limo Arenoso	26.63	1.38	22	24
7+500	0.50 - 1.00	ML	Limo Arenoso	22.89	1.48	34	37

## 6.2.Recomendaciones.

- Para investigaciones futuras en la Vía Santo Domingo – Los Bancos se recomienda, además de realizar los ensayos de laboratorio, involucrar nuevos ensayos con muestras inalteradas para ensayo de CBR en laboratorio o a su vez CBR in situ, con el fin de garantizar los resultados según las condiciones naturales del suelo.

- La Curva de Compactación de suelos con plasticidad alta suele ser relativamente plana debido a diferentes características físico-químicas, lo cual desemboca en imprecisiones a la hora de obtener una humedad óptima de compactación. Este tipo de errores pueden afectar en los resultados obtenidos de CBR, por lo que, de ser necesario, se pueden compactar los moldes de CBR a una humedad cercana a la natural, que en suelos arcillosos y plásticos en general, suele estar cerca del Límite líquido. Ante esto, la norma ASTM D1883 ofrece procedimientos para obtener el CBR del suelo a diferentes humedades, cuyo objetivo es obtener resultados acordes a la realidad del sector analizado.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

ASTM D1557. (2012). *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (D-1557-07)*.

ASTM D1883. (2021). *Designation: D1883 – 16 Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils*. West Conshohocken: ASTM International.

ASTM D2216. (2019). *Método de Prueba Estandar para la Determinación en Laboratorio del Contenido de Agua (Humedad) de Suelos y Rocas por Masa (D-2216 - 19)*. Obtenido de <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-pedro-henriquez-urena/mecanica-de-suelo/astm-d2216-98-metodo-de-prueba-estandar-para-la-determinacion-de-laboratorio-del-contenido-de-agua-humedad-de-suelos-y-rocas/15280914>

ASTM D2487. (2020). *Práctica Estandar para la Clasificación de Suelos con Propósitos Ingenieriles (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)*. West Conshohocke: ASTM International.

ASTM D3282. (2015). *Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes*.

ASTM D420. (1998). *Designation: D420 – 98 - Standard Guide to Site Characterization for Engineering Design and Construction Purposes*. West Conshohocken: ASTM International.

- ASTM D422. (2007). *Método de Ensayo Estándar para el Análisis Granulométrico*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM D4318. (2017). *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*.
- ASTM D854. (2014). *Métodos de prueba estándar para Gravedad específica de los sólidos del suelo por picnómetro de agua*.
- Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. (2000). *Manual de Carreteras. Volumen II: Construcción y Mantenimiento*. Alicante: Ortiz e Hijos, Construcciones.
- Braja, M. D. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Cuarta Edición*. México D.F.: Cengage Learning Editores, S.A.
- Chang, L. (2014). C.B.R. (California Bearing Ratio). Lima.
- Gutiérrez, W. (2021). *Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte*. Lima: Macro.
- IndustrySurfer. (2017). Obtenido de 12 tipos de cargas consideradas en el diseño de estructuras de puentes: <https://industrysurfer.com/blog-industrial/construccion/12-tipos-de-cargas-consideradas-en-el-diseno-de-estructuras-de-puentes/>
- La Hora. (14 de abril de 2023). *La Hora*. Obtenido de Vía Valle Hermoso – Los Bancos requiere mantenimiento: <https://www.lahora.com.ec/santo-domingo/via-valle-hermoso-los-bancos-requiere-mantenimiento/>
- Méndez Mena, H. A., & Torres Jarquín, J. A. (Febrero de 2017). *DISEÑO DE PUENTES CON LA NORMA ASSTHO LRFD 2010*. Obtenido de Universidad Nacional de Ingeniería de Managua : <https://core.ac.uk/download/250145889.pdf>
- Zapata, R. (2018). Universidad Nacional de Rosario. 2. Obtenido de Geología y Geotecnia - Tipos de Suelo: Caracterización de Suelos Arcillosos y Limosos: <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/TIPOS%20DE%20SUELO.pdf>