



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL**  
**TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

**ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN DEL CBR CON RESPECTO AL**  
**ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO EN**  
**DIFERENTES TIPOS DE SUELOS.**

---

**AUTOR: OMAR HENRY GUAMÁN ILER**

**TUTOR: ING. MG. LORENA PÉREZ**

**Ambato – Ecuador**

**2016**

## CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Mg. Lorena Pérez certifico que el presente Informe Final Experimental **“ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN DEL CBR CON RESPECTO AL ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS”** realizado por el señor Omar Henry Guamán Iler Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito.

---

Ing. Mg. Lorena Pérez

TUTOR

## AUTORÍA

Yo, Omar Henry Guamán Iler, con C.I. 050334125-7 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema: **”ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN DEL CBR CON RESPECTO AL ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS”** es de mi completa Autoría.

---

Egdo. Omar Henry Guamán Iler

C.I. 050334125-7

AUTOR

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **"ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN DEL CBR CON RESPECTO AL ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS"** del egresado Omar Henry Guamán Iler, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Por constancia firman,

---

Ing. Mg. Darío Llamuca

---

Ing. Mg. Rodrigo Acosta

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad de Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación bajo la modalidad de Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo de Titulación dentro de las regularidades de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, 13 de Junio de 2016

Autor

Omar Henry Guamán Iler

## **DEDICATORIA**

Durante el transcurso de esta carrera me he visto enfocado en terminar esta meta gracias a una sola persona, que ha sido mi apoyo toda mi vida estudiantil, a quien agradezco que me haya impulsado a seguir y culminar con éxito la ingeniería. Dedico este logro a mi madre Zoila María Iler Zapata por ser un pilar fundamental en mi vida, que siempre ha apoyado mis sueños y me ha impulsado siempre a ser una mejor persona. Gracias madre por tenerme fé y alentarme cada día, por darme tus fuerzas y saber que puedo contar siempre con tu apoyo. Eres la persona más importante que tengo en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre Zoila María Iler Zapata por ser lo más importante en mi vida, por impulsarme a seguir esta carrera y darme su apoyo incondicional durante el transcurso de la misma.

A mi padre José Miguel Guamán Pallango por enseñarme a no rendirme ante cualquier obstáculo impartíendome el valor de esfuerzo y trabajo.

A mi hermano gemelo Israel Isaías Guamán Iler por acompañarme durante toda mi vida, por estar conmigo en las buenas y en las malas, para mí es una bendición haber pasado contigo toda una vida y haber compartido tantos momentos juntos.

A mis hermanos Pedro y José por ser buenos ejemplos a seguir de estudio, dedicación y perseverancia.

A mi novia Tania Benavides por ser esa persona especial que ha tenido las palabras adecuadas para brindarme su apoyo, dedicarme su tiempo y expresarme su amor.

A mi tutora Ing Mg Lorena Pérez por guiarme durante el desarrollo de este proyecto y compartir sus conocimientos en calidad de docente.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO .....	III
APROBACIÓN.....	IV
DERECHOS DEL AUTOR.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTOS.....	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS.....	XI
RESUMEN EJECUTIVO.....	XII

### B. TEXTO

#### CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3

#### CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1.1 Ubicación geo referenciada.....	4
2.1.1.1 Coordenadas Universal Transverse Mercator (U.T.M).....	4
2.1.2 Mecánica de suelos.....	4
2.1.3 Identificación de suelos.....	5
2.1.3.1 Clasificación del Suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).....	5
2.1.3.2 Suelos Granulares.....	5



2.1.3.3 Suelos Cohesivos.....	6
2.1.3.4 Cangahua.....	7
2.1.4 Exploración y muestreo.....	8
2.1.4.1 Pozo a Cielo Abierto.....	8
2.1.4.2 Muestreo.....	8
2.1.5 Ensayos.....	9
2.1.5.1 Tipos de Ensayos.....	9
2.1.5.2 Contenido de Humedad.....	9
2.1.5.3 Granulometría.....	10
2.1.5.4 Límites de Atterberg.....	11
2.1.5.5 Resistencia del suelo.....	12
2.1.5.6 Ensayo de compactación Próctor.....	13
2.1.5.7 Ensayo California Bearing Ratio (C.B.R) - Relación de Soporte de California) .....	14
2.1.5.8 Penetrómetro.....	15
2.1.6 Correlación.....	17
2.2 HIPÓTESIS.....	18
2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.....	18

### **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	19
3.1.1 Nivel de Investigación.....	19
3.1.2 Tipo de investigación.....	20
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	20
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	21
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	22
3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	22

### **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	23
4.1.1 Cuadro de resumen del ensayo para la granulometría de los suelos.....	23
4.1.2 Cuadro de resumen del ensayo para los Límites de Atterberg.....	24
4.1.3 Cuadro de resumen del ensayo para la compactación Próctor Modificado.....	25

4.1.4 Cuadro de resumen del ensayo para el CBR.....	26
4.1.5 Cuadro de resumen del ensayo para el PCE.....	27
4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	28
4.2.1 Análisis de la correlación.....	28
4.2.1.1 Análisis las variables.....	28
4.2.1.2 Coeficiente de Correlación Método de Karl Pearson.....	32
4.2.1.3 Coeficiente de Correlación Método Normal utilizando fórmula Clásica.....	34
4.2.1.4 Coeficiente de Correlación Método de Excel utilizando Fórmulas y Gráficas.....	36
4.2.2 Interpretación de la Correlación.....	39
4.2.2.1 Interpretación de la Covarianza.....	39
4.2.2.2 Interpretación del Coeficiente de la Correlación.....	39
4.2.2.3 Interpretación de la Gráfica de Dispersión de Excel.....	41
4.2.3 Interpretación de los ensayos.....	41
4.2.3.1 Granulometría.....	42
4.2.3.2 Límites de Atterberg.....	42
4.2.3.3 Compactación Próctor Modificado.....	43
4.2.3.4 CBR.....	43
4.2.3.5 PCE.....	44
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	45

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 CONCLUSIONES.....	47
5.2 RECOMENDACIONES.....	49

## **C. MATERIALES DE REFERENCIA**

1. BIBLIOGRAFÍA.....	50
1.1. Referencias.....	50
1.2. Bibliografía Adicional.....	51
2. ANEXOS.....	53

## ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS

### Índice de tablas

Tabla 1. Identificación de los Suelos mediante el SUCS.....	57
Tabla 2. Clasificación de los Suelos mediante el SUCS.....	58
Tabla 3. Características de los suelos según el SUCS.....	59
Tabla 4. Clasificación de los tipos de suelos según el SUCS y su Contenido de humedad Natural. ....	23
Tabla 5. Límites de consistencia de cada tipo de suelo.....	24
Tabla 6. Densidad Seca Máxima y Contenido de Humedad Óptimo de cada tipo de suelo.....	25
Tabla 7. Valor de Soporte de California (CBR) de cada tipo de suelo expresado en Porcentaje.....	26
Tabla 8. Resistencia a Corte de cada tipo de suelo expresado en kilogramos por cada centímetro cuadrado (Kg/cm <sup>2</sup> ) .....	27
Tabla 9. Identificación de la primera variable para la correlación (CBR).....	29
Tabla 10. Identificación de la segunda variable para la correlación (PCE).....	30
Tabla 11. Identificación de las variables CBR y PCE.....	31
Tabla 12. Covarianza de las variables CBR y PCE utilizando el método de Karl Pearson.....	32
Tabla 13. Coeficiente de correlación de las variables CBR y PCE utilizando el método de Karl Pearson.....	33
Tabla 14. Covarianza de las variables CBR y PCE utilizando el método norma.....	34
Tabla 15. Coeficiente de Correlación de las variables CBR y PCE utilizando el método Normal.....	35
Tabla 16. Interpretación del Coeficiente de Correlación.....	40
Tabla 17. Comparación del CBR con los rangos de CBR según el SUCS.....	43

### Índice de gráficas

Gráfica 1. CBR vs PCE.....	38
----------------------------	----

## RESUMEN EJECUTIVO

**TEMA:** "ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN DEL CBR CON RESPECTO AL ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS".

**AUTOR:** Omar Henry Guamán Iler

**TUTOR:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**FECHA:** Junio 2016

El presente proyecto experimental de investigación tiene como objetivo determinar la correlación de los ensayos CBR de laboratorio y Penetrómetro Cónico Estático para establecer la resistencia al corte en varios tipos de suelos.

Se realizó la exploración visual para reconocer los tipos de suelos ubicados en los Cantones Ambato, Mocha y Baños en las Parroquias Huachi Grande – Salasaca – Quisapincha, Pinguilí y Río Verde – Río Negro respectivamente, una vez identificados los cuatro tipos de suelos se hizo una exploración mediante dos calicatas con toma de muestras. Se ejecutó el ensayo de Granulometría y Límites de Atterberg para la identificación de los suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Para determinar la Relación de Soporte de California (CBR) se realizó el ensayo de Compactación Próctor Modificado para hallar la densidad seca y contenido de humedad óptimo, posteriormente se ejecutó el ensayo CBR de laboratorio. Los datos obtenidos mediante los ensayos de CBR y Penetrómetro Cónico Estático (PCE) se analizaron estadísticamente para establecer si existe correlación entre ambos resultados, se aplicaron tres métodos para hallar el coeficiente de correlación, el Método de Karl Pearson, Método Normal y Método en Excel.

Una vez analizados los resultados mediante los tres métodos se estableció que el coeficiente de correlación es  $r = -0.8429$ , que implica que existe una correlación negativa alta. De esa manera se da la probabilidad del 84.29% de que la resistencia al corte de un suelo puede ser determinado mediante la aplicación de valores de CBR o viceversa.

# **CAPÍTULO I**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL**

”ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN DEL CBR CON RESPECTO AL ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS”

### **1.2 ANTECEDENTES**

En primer lugar se tiene que en el año 2011 en la Universidad Tecnológica Nacional en la Facultad de Regional de la Plata en el Centro de Investigaciones Viales, fue presentado el trabajo especial de tesis **ESTUDIO DE CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE VSR (VALOR DE SOPORTE RELATIVO) Y EL PENETRÓMETRO ESTÁTICO DE CONO** por Gladys Noemí Sosa. Estos estudios se evaluaron para determinar una fórmula de correlación realizando pruebas simultáneas de VSR y penetrómetro estático de cono. Estos estudios demostraron que no existe una correlación confiable debido a la gran dispersión obtenida entre los resultados de ambos ensayos.

En Enero de 2012 en la ciudad de Obregón en el Instituto Tecnológico de Sonora fue presentado el trabajo de tesis **USOS Y APLICACIONES DEL PENETRÓMETRO DE CONO CN-973** por Daniel Mauricio Rey Romo. En el estudio realizado demuestra la correcta utilización del ensayo penetrómetro de cono estático en el cual realiza una correlación con el ensayo Próctor estándar determinado datos más precisos utilizados en campo y en laboratorio para la resistencia del suelo de la región analizada

En la tesis realizada en Septiembre de 2012 la Escuela Politécnica del Ejército en el Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción con el tema **CORRELACIÓN Y FUNDAMENTOS DE UTILIZACIÓN DEL MÓDULO DE REACCIÓN.**

**EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS, EN FUNCIÓN DE LOS ENSAYOS DE CBR, DCP Y ENSAYO DINÁMICO DE CARGA, CON APLICACIÓN PRÁCTICA EN LA VÍA SALADO – LENTAG EN EL TRAMO DE LAS ABSCISAS 50+00 A LA 55+00** por Fernandez Paucar Carlos Giovanni y Suarez Galarza María Belén. En el estudio realizado determina el módulo de reacción K para el diseño de pavimentos utilizando la correlación de los ensayos CBR, DCP y ensayo Dinámico de carga.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

#### **MASO**

El diseño de toda estructura pretende garantizar la funcionalidad de la misma, por lo que es imprescindible realizar un estudio de suelos, para determinar la capacidad portante del suelo y evitar futuros problemas [4].

El ensayo de penetración cónico estático es aplicado a nivel mundial y muy conocido en la Ingeniería Civil debido a que es un ensayo antiguo y práctico en el campo, su fácil interpretación lo convierte en una herramienta de primer orden [1].

El valor de CBR determina el Módulo de Resiliencia del Suelo (Mr), el cual es un parámetro fundamentalmente utilizado en el diseño de cualquier estructura de pavimento, sea en vías de altos o bajos volúmenes de tránsito [5].

#### **MESO**

La mejora de las Carreteras a Nivel Nacional permite el desarrollo de amplios sectores agrícolas, ganaderos, comerciales y turísticos [8]. El principal propósito de un estudio

de suelos es tener una buena estabilidad del pavimento y garantizar su vida útil proporcionando seguridad a los usuarios [7].

La importancia del análisis de la capacidad portante del suelo es evitar deslizamientos laterales que pueden ser producidos por el peso vehicular sobre el pavimento [7].

## **MICRO**

El presente proyecto tiene como propósito establecer una correlación entre el valor de CBR ensayado en laboratorio y la resistencia de corte mediante el ensayo de Penetrómetro Cónico Estático, con el fin de obtener mejores estimaciones del CBR.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar la Correlación de los ensayos CBR y Penetración Cónico Estático para determinar la resistencia al corte del suelo.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Analizar la resistencia al corte de cada tipo suelo utilizando el ensayo CBR.
- Identificar el esfuerzo cortante de cada tipo suelo utilizando el ensayo de Penetración Cónico Estático.
- Establecer todas las variables implicadas en cada ensayo para determinar su correlación.

## **CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN**

### **2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **2.1.1 UBICACIÓN GEO REFERENCIADA**

La localización Geográfica se utiliza normalmente para ubicar en donde se va a realizar un proyecto dentro del ámbito de la ingeniería, en el sistema de posicionamiento global es necesario conocer los parámetros que se emplean mediante este sistema [3].

##### **2.1.1.1 Coordenadas Universal Transverse Mercator (U.T.M)**

Los levantamientos topográficos en cualquier proyecto de ingeniería debe tener georeferenciación en el sistema UTM, para su utilización se obtiene un Vértice y un DATUM [3].

La ubicación de este proyecto tiene georeferenciación en coordenadas UTM, con un DATUM (WGS 84 Zona 17 Sur) ubicada en la provincia de Tungurahua.

En la imagen 1 se determina la ubicación de cada punto tomada para cada muestra y ensayo de suelos, disponible en el anexo A.

#### **2.1.2 MECÁNICA DE SUELOS**

Los suelos son definidos como agregados de partículas minerales, parcialmente cementadas. En el campo de la Ciencia y la Técnica, estas definiciones se descomponen, adoptando un significado diferente dependiendo de la disciplina que lo estudia. Para un ingeniero geotécnico el suelo es un mineral natural, por lo que es necesario estudiar su comportamiento antrópico para el soporte de obras de infraestructura [8].



### **2.1.3 IDENTIFICACIÓN DE SUELOS**

La identificación de los suelos se los realiza en campo mediante la observación de la textura, el color y mediante la manipulación de la misma [1].

#### **2.1.3.1 Clasificación del Suelo según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).**

Para clasificar el suelo hay que realizar un ensayo de granulometría del suelo mediante tamizado [13] y los ensayos de plasticidad y límite líquido.

Para la clasificación de los suelos según la SUCS se utilizan los siguientes ensayos:

- **Granulometría: Porcentaje de arenas y finos**  
Norma ASTM D421-78/ AASHTO T87-70
- **Límite Líquido**  
Norma ASTM D424-71/ AASHTO T90-70/ INEN 691
- **Límite Plástico**  
Norma ASTM D424-71/ AASHTO T90-70/ INEN 691

Para identificar el tipo de suelo se utilizan las tablas 1 y 2 disponibles en el anexo B.

#### **2.1.3.2 Suelos Granulares**

Son suelos que se encuentran formados por partículas gruesas y sin cohesión entre ellas debido al gran tamaño de sus partículas, una característica principal en este tipo de suelos es su buena capacidad portante y su elevada permeabilidad, su capacidad de drenaje es proporcional al tamaño de sus partículas [2].

Las partículas finas muestran una cohesión aparente que desaparece al variar su contenido de humedad. En los suelos granulares se distinguen dos grupos muy importantes que son las gravas y arenas, la diferencia entre estos dos grupos es determinada por su granulometría [2].

## **Gravas**

Las gravas son acumulaciones de rocas las cuales contiene un diámetro mayor a dos milímetros, estas rocas como material suelto suele encontrarse en los lechos, en los márgenes y en los conos de deyección de los ríos, cuando estas rocas son acarreadas por el agua, éstas sufren un desgaste en sus aristas por lo cual sus figuras son redondeadas [6].

Las gravas ocupan grandes dimensiones, éstas se encuentran con mayor o menor proporción de cantos rodados, arenas, limos y arcillas y sus partículas varían desde 7.62cm, hasta 2.0mm. Las características mecánicas y resistentes de este material dependen del ángulo de rozamiento interno entre partículas y su módulo de compresibilidad [4].

## **Arenas**

La arena es aquel material fino el cual se da por la denudación de las rocas o de su trituración artificial, cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro. El origen y la existencia de las arenas es similar a la de las gravas, por lo general las arenas y las gravas suelen encontrarse en el mismo depósito [6].

La arena de río contiene proporciones relativamente grandes de grava y arcilla, una de las propiedades de las arenas estando limpias es que se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos compresibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea [4].

### **2.1.3.3 Suelos Cohesivos**

Este tipo de suelo se caracteriza por tener partículas muy finas que son menores a 0.08mm, su propiedad principal es la cohesión desde un punto de vista mecánico y favorable para la ingeniería. La cohesión de un suelo es la fuerza inter particular producida por el agua, con la condición de que este suelo no se encuentre saturado,

esta propiedad es importante para una estabilidad de taludes, debido a que aumenta la resistencia del suelo a esfuerzos cortantes o de cizalla [2].

En los suelos cohesivos se encuentran dos grandes grupos que son los limos y las arcillas, éstas son compuestas por partículas microscópicas procedentes de la meteorización química de las rocas, la diferencia entre estos dos tipos de suelos son sus propiedades plásticas [2].

### **Limos**

Los limos son aquellos suelos de granos finos que contienen poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en canteras, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, este último caso tiene propiedades plásticas [6].

La composición de las partículas de los limos se encuentra comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm, son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas, su color varía desde gris claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su compresibilidad muy alta. Los limos que no se encuentran en estado denso a menudo son muy malos para realizar una cimentación [4].

### **Arcillas**

Las arcillas son un tipo de suelo que contienen partículas sólidas con un diámetro menor de 0.005 mm, sus partículas tienen la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua [6]. Estos minerales tienen una estructura generalmente cristalina complicada y sus átomos tienen forma laminar [4].

#### **2.1.3.4 Cangahua**

La cangahua es un tipo de suelo formado mediante material volcánico, en el Ecuador existen suelos volcánicos que presentan capas duras denominadas cangahua la cual es

una tierra estéril, es proveniente de flujos piroplásticos en condiciones climáticas iguales [12].

#### **2.1.4 EXPLORACIÓN Y MUESTREO**

La exploración en campo es el reconocimiento preliminar de un sitio con el fin de identificar la formación superficial [7].

##### **2.1.4.1 Pozo a Cielo Abierto**

Los pozos a cielo abierto o conocidas como Calicatas es un método de extracción de muestras que permite ver y examinar un perfil de suelo en su estado natural, su excavación se la puede realizar manual o con equipos mecánicos. En un suelo con grava, el único método de exploración es la calicata, entrega información confiable y es un medio de exploración y muestreo efectivo para suelos de fundación [7].

Es importante llevar un registro de la ubicación y la elevación de cada calicata, la profundidad está determinada por la importancia de la investigación, generalmente está dado por el nivel freático y sus secciones mínimas son 0,8 metros por 1,0 metro con el fin de permitir una inspección adecuada [1].

##### **2.1.4.2 Muestreo**

Existen dos maneras para obtener las muestras de suelos, depende del tipo de ensayo que se va a realizar [7].

##### **Muestras Alteradas**

No son exactamente como se encuentra el suelo en su estado natural antes de la obtención de la muestra. Se utilizan para ensayos sencillos y en particular para los que se pueden realizar en el mismo terreno [7].

## **Muestras Inalteradas:**

Son las muestras que reflejan exactamente como se encuentra el suelo en su estado natural. Este tipo de muestras es necesario tomar con mayor precaución debido a que deben reflejar exactamente la naturaleza del suelo [7]

## **2.1.5 ENSAYOS**

### **2.1.5.1 Tipos de Ensayos**

#### **Ensayos de laboratorio**

Los ensayos de laboratorio se realizan para determinar aquellas propiedades físicas y mecánicas de un suelo, se elaboran sobre las muestras de suelo los ensayos necesarios para clasificar el suelo y obtener sus parámetros geotécnicos para la redacción de los Estudios Geotécnicos. [4]

#### **Ensayos In Situ**

Los ensayos "in situ" son literalmente los que se realizan en el mismo lugar donde se encuentra el suelo que se quiere analizar, en la geotecnia se aplica este término a los ensayos que se ejecutan sobre un terreno para determinar sus características, los mismos que forman parte de las técnicas de reconocimiento geotécnico, constituyendo una alternativa o complemento a los ensayos de laboratorio sobre muestras extraídas [1].

#### **Normativa para los ensayos**

- American Society for Testing Materials (ASTM).
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

### **2.1.5.2 Contenido de Humedad**

Norma ASTM S2216-71/ AASHTO T217-67/ INEN 690

El contenido de humedad es la cantidad de agua que se encuentra en un material, la importancia de esta propiedad del suelo se representa junto con la cantidad de aire, son dos grandes características que explican el comportamiento de un terreno, pueden ser los cambios de volumen, cohesión, estabilidad [11].

El análisis para determinar el contenido de humedad se realiza en laboratorio, mediante el secado de la muestra en un horno, donde la relación es expresada en porcentaje entre el peso del agua y el peso de las partículas sólidas de una masa [4].

### **2.1.5.3 Granulometría**

Norma ASTM D421-78/ AASHTO T87-70

El estudio de la granulometría determina el tamaño de las partículas y mide la importancia que tiene dependiendo de la fracción de suelo que representa, se pueden encontrar gravas, arenas, limos y arcillas [5]

La granulometría tiene como finalidad obtener la distribución por tamaño de las partículas en una muestra de suelo, de esta manera se clasifica en el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) [13]. El análisis granulométrico por tamizado se enfoca en la separación del suelo ordenando los tamices de mayor a menor abertura, se calcula analíticamente mediante tablas los porcentajes retenidos por cada tamiz y mediante una gráfica se expresa una curva representada en un papel denominado "log-normal" el cual tiene en el eje horizontal una escala logarítmica y en el eje vertical una escala natural [11].

Los suelos están conformados por partículas que pueden ser grandes y fáciles de manipular, hasta pequeñas que no se puedan ver con un microscopio. La granulometría es un parámetro útil para la construcción de proyectos tanto estructurales como viales [11].

En suelos granulares la permeabilidad es buena y sus propiedades son favorables en la ingeniería, en los suelos cohesivos su comportamiento depende de la permeabilidad y la cohesión del suelo [11].

Mediante este ensayo se obtiene información que puede utilizarse para predecir movimientos del agua a través del suelo, los ensayos de permeabilidad son comúnmente utilizados para determinar aquello [11].

#### **2.1.5.4 Límites de Atterberg**

Son límites de consistencia que especifican el comportamiento de suelos finos, los cuales pueden variar dependiendo del tiempo. Su consistencia varía según su contenido de humedad en suelos que se encuentran en estado seco, al agregarle agua poco a poco, pasa a los estados semisólido, plástico, semilíquido y finalmente líquido, variando las diferentes propiedades físicas y mecánicas en cada cambio de estado [11].

De los estados anteriormente mencionados es de gran importancia determinar el límite líquido y límite plástico, debido a que estos límites presentan una alta deformabilidad del suelo.

##### **Límite Líquido**

Norma ASTM D424-71/ AASHTO T90-70/ INEN 691

El Límite Líquido se da cuando del estado semilíquido pasa a un estado plástico, para cuantificar este límite se utiliza la Cuchara de Casagrande [7].

##### **Límite Plástico**

Norma ASTM D424-71/ AASHTO T90-70/ INEN 691

El Límite Plástico se da cuando un suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se la define como la menor humedad de un suelo que permite realizar con él cilindros de tres milímetros de diámetro sin que se desmorone [7].

### **2.1.5.5 Resistencia del suelo**

Para la Ingeniería Civil el comportamiento mecánico del suelo es un factor muy importante para el diseño de un pavimento y cualquier tipo de estructura, la resistencia del suelo es la propiedad más fundamental debido a que da mayor estabilidad mecánica, de forma que los esfuerzos transmitidos de la estructura al suelo sean de manera uniforme y progresiva, para evitar asentamientos excesivos o un colapso de la estructura [11].

#### **Capacidad portante**

En la Mecánica de Suelos se analizan métodos para establecer la resistencia al corte de los suelos, técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media del contacto entre la cimentación y el terreno de tal manera que no se produzca fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo, la capacidad portante en la rama de la ingeniería se utiliza para referir a la capacidad de una estructura para soportar las cargas aplicadas sobre la misma. [7]

Los ensayos geotécnicos in situ constituyen una serie de técnicas variadas e independientes con un objetivo común como la caracterización física y mecánica de las capas que componen el suelo a través de parámetros medidos en el propio medio natural [1].

La utilización de ensayos in situ permite determinar de forma directa o indirecta parámetros de resistencia a corte en suelos residuales mediante la utilización de procedimientos sencillos o complejos [1].

Los análisis en laboratorio son muy importantes, mediante este medio se puede realizar el ensayo más común para determinar la capacidad portante del suelo en diseños viales, este es el California Bearing Ratio (CBR) [5].



### **2.1.5.6 Ensayo de compactación Próctor**

Norma AASHTO T180

En la mecánica de suelos uno de los estudios fundamentales para el procedimiento y control de calidad de la compactación de un terreno es el ensayo de compactación Próctor. Mediante este ensayo es posible determinar la densidad seca máxima de un suelo en relación con su grado de humedad, en función a una energía de compactación [11].

Existen dos tipos de ensayo Próctor normalizados:

- Ensayo Próctor Standard
- Ensayo Próctor Modificado

La diferencia entre ambos ensayos es la energía de compactación, en el Próctor Standard se deja caer un martillo de 5 libras a una altura de 12 pulgadas, compactando la tierra en 3 capas de 56 golpes, el Próctor Modificado se utiliza un martillo de 10 libras a una altura de 18 pulgadas, compactando la tierra en 5 capas de 56 golpes [11].

El origen de estos ensayos se debe al ingeniero Ralph R. Próctor (1933) que determina la máxima densidad de un suelo, es posible alcanzar en varios tipos para condiciones de humedad y energía [11].

Estos ensayos consisten en compactar una parte de suelo en un cilindro con volumen conocido, variando la humedad para energía de compactación, obteniendo la curva que relaciona la humedad y la densidad seca máxima. El punto máximo de esta curva corresponde la densidad seca máxima en el eje vertical y la humedad óptima en eje horizontal [7].

### **2.1.5.7 Ensayo California Bearing Ratio (CBR) - Relación de Soporte de California.**

Norma AASHTO T1883-73

El ensayo CBR determina la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, para evaluar la calidad de un terreno se realiza dicho ensayo en condiciones controladas de densidad y humedad [5].

Se elaboran 3 probetas las cuales tienen diferentes energías de compactación, usualmente son de 56, 27 y 11 golpes. Este ensayo se aplica a un suelo que pase el tamiz #4 [5].

En los estudios geotécnicos previos a una construcción es necesario realizar un ensayo de CBR, Próctor y un análisis Granulométrico del terreno. Uno de los procedimientos necesarios para medir la carga es penetrar un pistón de dimensiones fijas a una velocidad previamente dada en una muestra de suelo compactada al haberla sumergido durante 4 días bajo el agua en un estado de saturación nocivo, debe ser medido su hinchamiento durante este tiempo. Al sumergir la muestra provee la hipotética situación de acumulación de humedad en el suelo luego de realizar la construcción. Luego de estar compactado el suelo se lo penetra con un pistón que está conectado a un pequeño plotter, en una gráfica registra la carga con respecto a la profundidad la cual ha penetrado el pistón dentro de la muestra [5].

Este ensayo tiene como finalidad determinar la resistencia a corte del suelo, con una humedad óptima y niveles de compactación variada. Este método se desarrolló en el Estado de California por la división de carreteras para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos [5].

El SUCS ofrece rangos de valores para el CBR in situ según el tipo de suelo, estas características permiten relacionar resultados dentro de rangos aceptables para los CBR determinados en este proyecto. Las características de los suelos según el SUCS se encuentran en la tabla 3 disponible en el anexo B.

### 2.1.5.8 Ensayo Penetrómetro Cónico Estático (PCE)

Norma AASHTO T 49-93

#### Penetrómetro

Un penetrómetro es un instrumento que penetra el suelo para recabar una serie de informaciones directas e indirectas. Para este equipo se pueden diferenciar dos tipos de ensayo de penetración, el cono dinámico y el cono estático, el estático es referido al ensayo de penetración estándar [1].

**Imagen 2.** Penetrómetro de Cono Estático Tipo Americano.



Es un instrumento con una punta cónica de 30 grados en el que se aplica una carga o presión que se utiliza para determinar la resistencia de sub-niveles o para medir la compactación de los suelos [1]. El penetrómetro también sirve para establecer rápidamente la resistencia a la penetración de los suelos en trabajos de exploración a poca profundidad [10].

Este tipo de ensayo determina el esfuerzo necesario para el desplazamiento lento de un cono incrustado en el suelo. Existe una variación en las puntas de este cono, éstas pueden comprender 30° a 90° y también existe una variación en los diámetros están comprendidos entre 36 a 50 mm. El penetrómetro de cono estático facilita información sobre la resistencia del suelo con variaciones muy pequeñas [10].

Los resultados de las resistencias que se pueden obtener mediante el penetrómetro cónico estático se utilizan para calcular la capacidad de soporte, densidad y resistencia de los suelos para partículas pequeñas [10].

Algunos penetrómetros tienen conos con un medidor electrónico que entrega información más precisa. Una aplicación general los problemas de estabilización de taludes, es determinar la resistencia al cortante no drenada de suelos cohesivos [10].

La aplicación de estos penetrómetros es en suelos blandos tanto granulares como cohesivos, especialmente en estos últimos. Si el uso es sobre gravas, suelos cementados o rocas producen un rechazo en el hincamiento, también pueden ocasionar daños graves en el equipo, no es recomendable su uso en estos tipos de suelos [10].

Los penetrómetros estáticos existen en dos tipos:

- Los penetrómetros estáticos de punta mecánica
- Los penetrómetros estáticos de punta eléctrica

### **Penetrómetros estáticos de punta mecánica**

Son sencillos y fueron los primeros penetrómetros que se utilizaron en la ingeniería, éstos disponen de un manómetro de forma análoga o digital que se mide aplicando presión para hincar el penetrómetro en la superficie del suelo. Este parámetro se obtiene multiplicando la sección del cono con la fuerza necesaria para incrustar el pistón en el suelo [10].

## **Penetrómetros estáticos de punta eléctrica**

Las puntas eléctricas son más complejas y permiten medir el esfuerzo de penetración en punta y la fricción directamente utilizando sensores electrónicos en la punta del cono [10].

### **2.1.6 CORRELACIÓN**

Una correlación está dada por la relación o dependencia que existe entre dos variables que interceden en una distribución bidimensional, si existen cambios en una de las variables e influye en los cambios de otra, estas variables están correlacionadas entre ellas [14].

El coeficiente de correlación es una propiedad que no varía al hacer una medición, de tal manera si se expresa un valor en metros o en centímetros, el coeficiente de correlación no varía en absoluto [14].

La determinación del signo del coeficiente de correlación es el mismo de la covarianza, si la covarianza es positiva se dice que la correlación es directa, si la covarianza es negativa hay una correlación inversa y si la covarianza es nula no existe correlación [14].

### **Diagramas de Correlación**

Los diagramas de correlación muestran la relación de dos variables, aunque no siempre sea causa y efecto. Al relacionar estadísticamente la variable dependiente y variable independiente se puede obtener un mejor ajuste al minimizar la desviación entre lo que se predice y algo real [10].

Los diagramas de dispersión son útiles para relacionar dos variables y examinar posibles relaciones entre causa y efecto. Esto permite demostrar que una variable es causa de la otra variable [10].

## **2.2 HIPÓTESIS**

Los ensayos de CBR y Penetrómetro Cónico Estático son estratégicamente eficientes presentando una correlación en diferentes tipos de suelos

## **2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS**

### **Variable independiente:**

Diferentes tipos de suelos

### **Variable dependiente:**

Ensayos de CBR y Penetrómetro Cónico Estático

### **Nexo:**

Correlación

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1 Nivel de Investigación**

El presente trabajo de investigación “Estudio de la Correlación del CBR con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos“. Corresponde a una serie de análisis y procesos que tienden a varios niveles de investigación.

##### **Nivel Exploratorio**

Este proyecto tiene como fin analizar las propiedades mecánicas en varios tipos de suelos, utilizando el ensayo CBR y Penetrómetro Cónico Estático.

##### **Nivel Descriptivo**

La interpretación de los resultados del CBR y la resistencia a corte en varios tipos de suelos es fundamental para hallar una correlación adecuada y confiable.

##### **Nivel Relacional**

Este proyecto está encaminado a relacionar variables que miden y evalúan la resistencia del suelo, durante la aplicación de dos métodos diferentes en varios tipos de suelos.

##### **Nivel Explicativo**

La investigación en este proyecto es correlacionar el CBR en función de la resistencia a corte del suelo en varios tipos.

### **3.1.2 Tipo de investigación**

La investigación realizada es de tipo correlacional debido a que el propósito del proyecto es relacionar los resultados del ensayo CBR con los resultados del ensayo Penetrómetro Cónico Estático para determinar la resistencia a corte en varios tipos de suelos.

## **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **Población**

Esta Investigación corresponde a un proyecto experimental, por lo cual la población son los tipos de suelos que inciden sobre los ensayos CBR y Penetrómetro Cónico Estático.

Tipos de suelos:

- Arena, Clasificación según el SUCS (SM)
- Limo, Clasificación según el SUCS (ML)
- Arcilla, Clasificación según el SUCS (CL)
- Cangahua, Clasificación según el SUCS (SM)

### **Muestra**

La toma de muestras se realizó siguiendo las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB).

En el capítulo 4 “Estructura del Pavimento”, sección 401 “Superficies de rodadura”, ítem 401-1.04 “Ensayos y tolerancias”. Especifica los ensayos necesarios para los estudios de suelos previos a la construcción de la capa de rodadura.



### 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

<b>VARIABLE</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>CONCEPTUALIZACIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALAS DE MEDICIÓN</b>
<b>Ensayos de CBR y Penetrómetro Cónico Estático</b>	Dependiente	Se utiliza para la determinar la resistencia a corte de un suelo.	Ensayos de Laboratorio  Ensayos In situ  Resistencia a Corte	Nominal
<b>Diferentes tipos de suelos</b>	Independiente	Una vía se construye principalmente sobre el suelo por lo cual tiene gran importancia su análisis y estudios previos.	Suelos granulares  Suelos cohesivos	Ordinal

### **3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Se realizó un recorrido en los Cantones Ambato, Mocha y Baños en las Parroquias Huachi Grande – Salasaca – Quisapincha, Pinguilí y Río Verde – Río Negro, respectivamente para la identificación de los suelos necesarios en la investigación de este proyecto.

Se realizaron dos tomas de muestras para los siguientes tipos de suelos:

- Arena, Clasificación según el SUCS (SM), Ambato (Huachi Grande – Salasaca)
- Limo, Clasificación según el SUCS (ML), Mocha (Pinguilí)
- Arcilla, Clasificación según el SUCS (CL), Baños (Río Verde – Río Negro)
- Cangahua, Clasificación según el SUCS (SM), Ambato (Quisapincha)

En estos tipos de suelos se efectuaron los siguientes ensayos para obtener la resistencia a corte:

- Contenido de Humedad
- Granulometría
- Límites Atterberg:
  - Límite Líquido
  - Límite Plástico
- Próctor Modificado
- CBR
- PCE

### **3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

Para el procesamiento de la información se efectuó un estudio de suelos en las zonas Ambato (Huachi Grande – Salasaca – Quisapincha), Mocha (Pinguilí) y Baños (Río Verde – Río Negro), luego de haber realizado los ensayos correspondientes para determinar la resistencia al corte del suelo se obtuvo un análisis e interpretación de los resultados obtenidos en cada ensayo.

**CAPÍTULO IV**  
**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

**4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS**

**4.1.1 Cuadro de resumen del ensayo para la granulometría de los suelos**

**Tabla 4.** Clasificación de los tipos de suelos según el SUCS y su Contenido de humedad Natural.

PUNTO	COORDENADA	UBICACIÓN (Parroquia-Cantón)	GRANULOMETRÍA	HUMEDAD NATURAL %
1	17 S, 764795, 9855357	Huachi Grande - Ambato	SM (Arena Limosa)	11.0%
2	17 S, 770330, 9854056	Salasaca - Ambato	SM (Arena Limosa)	8.3%
3	17 S, 760342, 9845100	Pinguilí - Mocha	ML (Limo de baja plasticidad)	16.1%
4	17 S, 762273, 9845536	Pinguilí - Mocha	ML (Limo de baja plasticidad)	12.6%
5	17 S, 757767, 9863205	Quisapincha - Ambato	CANGAHUA SM (Arena Limosa)	13.0%
6	17 S, 756807, 9863704	Quisapincha - Ambato	CANGAHUA SM (Arena Limosa)	19.5%
7	17 S, 800823, 9844998	Río Verde - Baños	CL (Arcilla de baja plasticidad)	29.3%
8	17 S, 814340, 9839747	Río Negro - Baños	CL (Arcilla de baja plasticidad)	24.5%

Fuente: Autor

#### 4.1.2 Cuadro de resumen del ensayo para los Límites de Atterberg

**Tabla 5.** Límites de consistencia de cada tipo de suelo.

PUNTO	COORDENADA	UBICACIÓN (Parroquia-Cantón)	LÍMITES DE ATTERBERG	
			Límite Líquido	Límite Plástico
1	17 S, 764795, 9855357	Huachi Grande – Ambato	26.6%	No se puede determinar
2	17 S, 770330, 9854056	Salasaca – Ambato	19.9%	No se puede determinar
3	17 S, 760342, 9845100	Pinguilí – Mocha	32.3%	No se puede determinar
4	17 S, 762273, 9845536	Pinguilí – Mocha	19.5%	18.30%
5	17 S, 757767, 9863205	Quisapincha – Ambato	24.4%	23.93%
6	17 S, 756807, 9863704	Quisapincha – Ambato	33.0%	31.22%
7	17 S, 800823, 9844998	Río Verde – Baños	34.5%	26.96%
8	17 S, 814340, 9839747	Río Negro – Baños	31.0%	24.39%

Fuente: Autor

#### 4.1.3 Cuadro de resumen del ensayo para la compactación Próctor Modificado

**Tabla 6.** Densidad Seca Máxima y Contenido de Humedad Óptimo de cada tipo de suelo.

PUNTO	COORDENADA	UBICACIÓN (Parroquia-Cantón)	PRÓCTOR MODIFICADO	
			Densidad Seca Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	Contenido de Humedad Óptimo
1	17 S, 764795, 9855357	Huachi Grande – Ambato	1.763	13.0%
2	17 S, 770330, 9854056	Salasaca – Ambato	1.690	12.8%
3	17 S, 760342, 9845100	Pinguilí – Mocha	1.530	21.7%
4	17 S, 762273, 9845536	Pinguilí – Mocha	1.228	27.7%
5	17 S, 757767, 9863205	Quisapincha – Ambato	1.550	11.9%
6	17 S, 756807, 9863704	Quisapincha – Ambato	1.533	14.4%
7	17 S, 800823, 9844998	Río Verde – Baños	1.550	21.1%
8	17 S, 814340, 9839747	Río Negro – Baños	1.575	18.8%

Fuente: Autor

#### 4.1.4 Cuadro de resumen del ensayo para el CBR

**Tabla 7.** Valor de Soporte de California (CBR) de cada tipo de suelo expresado en Porcentaje.

PUNTO	COORDENADA	UBICACIÓN (Parroquia-Cantón)	CBR %
1	17 S, 764795, 9855357	Huachi Grande – Ambato	15.5%
2	17 S, 770330, 9854056	Salasaca - Ambato	16.0%
3	17 S, 760342, 9845100	Pinguilí - Mocha	13.2%
4	17 S, 762273, 9845536	Pinguilí - Mocha	11.6%
5	17 S, 757767, 9863205	Quisapincha – Ambato	12.0%
6	17 S, 756807, 9863704	Quisapincha - Ambato	15.40%
7	17 S, 800823, 9844998	Río Verde – Baños	11.40%
8	17 S, 814340, 9839747	Río Negro - Baños	13.0%

Fuente: Autor

#### 4.1.5 Cuadro de resumen del ensayo para el PCE

**Tabla 8.** Resistencia a Corte de cada tipo de suelo expresado en kilogramos por cada centímetro cuadrado (Kg/cm<sup>2</sup>).

PUNTO	COORDENADA	UBICACIÓN (Parroquia-Cantón)	RESISTENCIA A CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	17 S, 764795, 9855357	Huachi Grande – Ambato	0.166
2	17 S, 770330, 9854056	Salasaca - Ambato	0.196
3	17 S, 760342, 9845100	Pinguilí – Mocha	0.295
4	17 S, 762273, 9845536	Pinguilí – Mocha	0.416
5	17 S, 757767, 9863205	Quisapincha – Ambato	0.295
6	17 S, 756807, 9863704	Quisapincha - Ambato	0.302
7	17 S, 800823, 9844998	Río Verde – Baños	0.417
8	17 S, 814340, 9839747	Río Negro - Baños	0.350

Fuente: Autor

## **4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

### **4.2.1 Análisis de la correlación**

Para llevar a cabo la correlación entre el ensayo CBR y Penetrómetro Cónico Estático (PCE), es necesario analizar cada uno de sus resultados expresados en porcentaje (%) para el ensayo CBR y (Kg/cm<sup>2</sup>) para la resistencia al corte del PCE.

Para la determinación de una correlación no es necesario que ambas variables se expresen las mismas unidades.

La covarianza indicará el signo de la correlación, de esta depende si la correlación es positiva o negativa.

Para este proyecto se utilizará tres métodos de correlación:

- Método de Karl Pearson
- Método Normal utilizando fórmula Clásica.
- Método de Excel utilizando Fórmulas y Gráficas

Se analizarán la variación entre los 3 métodos y si existe alguna similitud en los resultados entre estos métodos obtendremos un coeficiente más confiable.

#### **4.2.1.1 Análisis las variables**

##### **Análisis del CBR**

Los resultados del CBR son expresados en porcentajes, los cuales representan la capacidad portante que tiene cada tipo de suelo. Los resultados se obtuvieron mediante una serie de ensayos realizados en laboratorio.



**Tabla 9.** Identificación de la primera variable para la correlación (CBR)

<b>Tipo de Suelo</b>	<b>CBR</b>
<b>SUCS</b>	<b>%</b>
<b>Arena</b> <b>SM</b>	15,5
<b>Arena</b> <b>SM</b>	16,0
<b>Limo</b> <b>ML</b>	13,2
<b>Limo</b> <b>ML</b>	11,6
<b>Cangahua</b> <b>SM</b>	12,0
<b>Cangahua</b> <b>SM</b>	15,4
<b>Arcilla</b> <b>CL</b>	11,4
<b>Arcilla</b> <b>CL</b>	13,0

Fuente: Autor

### **Análisis del PCE**

Los resultados del ensayo Penetrómetro Cónico Estático son expresados en kilogramos por cada centímetro cuadrado, los cuales representan la resistencia a corte en la superficie que tiene cada tipo de suelo. Los resultados se obtuvieron mediante un ensayo en sitio utilizando un instrumento de aplicación directa al suelo superficial.

**Tabla 10.** Identificación de la segunda variable para la correlación (PCE)

<b>Tipo de Suelo</b> <b>SUCS</b>	<b>PCE</b> <b>Kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Arena</b> <b>SM</b>	0,166
<b>Arena</b> <b>SM</b>	0,196
<b>Limo</b> <b>ML</b>	0,295
<b>Limo</b> <b>ML</b>	0,416
<b>Cangahua</b> <b>SM</b>	0,295
<b>Cangahua</b> <b>SM</b>	0,302
<b>Arcilla</b> <b>CL</b>	0,417
<b>Arcilla</b> <b>CL</b>	0,350

Fuente: Autor

### **Aplicación de las variables CBR y PCE**

La variable CBR expresa la capacidad de soporte que tiene cada tipo de suelo, y la variable PCE es la resistencia a corte que pueden soportar estos tipos de suelos. El análisis de la correlación corresponde a la aplicación de la variable CBR sobre la variable PCE.

**Tabla 11.** Identificación de las variables CBR y PCE

<b>Tipo de Suelo</b> <b>SUCS</b>	<b>C.B.R</b> <b>%</b>	<b>P.C.E</b> <b>Kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Arena</b> <b>SM</b>	15,5	0,166
<b>Arena</b> <b>SM</b>	16,0	0,196
<b>Limo</b> <b>ML</b>	13,2	0,295
<b>Limo</b> <b>ML</b>	11,6	0,416
<b>Cangahua</b> <b>SM</b>	12,0	0,295
<b>Cangahua</b> <b>SM</b>	15,4	0,302
<b>Arcilla</b> <b>CL</b>	11,4	0,417
<b>Arcilla</b> <b>CL</b>	13,0	0,350

Fuente: Autor

#### 4.2.1.2 Coeficiente de Correlación Método de Karl Pearson

##### Determinación de la Covarianza

**Tabla 12.** Covarianza de las variables CBR y PCE utilizando el método de Karl Pearson

N	X CBR	Y PCE	$x = X - \bar{X}$	$y = Y - \bar{Y}$	xy
1	15,5	0,166	1,987	-0,1386	-0,276
2	16,0	0,196	2,487	-0,1086	-0,270
3	13,2	0,295	-0,312	-0,0096	0,003
4	11,6	0,416	-1,912	0,1113	-0,213
5	12,0	0,295	-1,512	-0,0096	0,015
6	15,4	0,302	1,887	-0,0026	-0,005
7	11,4	0,417	-2,112	0,1123	-0,237
8	13,0	0,350	-0,512	0,0453	-0,023
	$\bar{X}$ 13.5125	$\bar{Y}$ 0.3046			$\sum xy$ -1,00676

Fuente: Autor

$$Covarianza = \frac{\sum xy}{N}$$

$$Covarianza = \frac{-0.276 - 0.270 + 0.003 - 0.213 + 0.015 - 0.005 - 0.237 - 0.023}{8}$$

$$Covarianza = -0.1258$$

##### Nomenclatura:

- N Número de muestras ensayadas
- X Valores obtenidos de CBR
- Y Valores obtenidos de la resistencia a corte mediante el ensayo PCE
- $\bar{X}$  Media aritmética de los valores del CBR
- $\bar{Y}$  Media aritmética de los valores del PCE
- x Diferencia de cada valor de CBR y la media aritmética ( $x=X- \bar{X}$ )
- y Diferencia de cada valor de PCE y la media aritmética ( $y=Y- \bar{Y}$ )
- xy Producto la media aritmética del CBR y la resistencia a corte
- $\sum xy$  Sumatoria del producto de la media aritmética del CBR y PCE

### Determinación del factor de Correlación (r)

**Tabla 13.** Coeficiente de correlación de las variables CBR y PCE utilizando el método de Karl Pearson

N	X	Y	$x = X - \bar{X}$	$y = Y - \bar{Y}$	$x^2$	$y^2$	xy
1	15,5	0,166	1,987	-0,1386	3,950	0,019	-0,276
2	16,0	0,196	2,487	-0,1086	6,188	0,012	-0,270
3	13,2	0,295	-0,312	-0,0096	0,098	0,000	0,003
4	11,6	0,416	-1,912	0,1113	3,658	0,012	-0,213
5	12,0	0,295	-1,512	-0,0096	2,288	0,000	0,015
6	15,4	0,302	1,887	-0,0026	3,563	0,000	-0,005
7	11,4	0,417	-2,112	0,1123	4,463	0,013	-0,237
8	13,0	0,350	-0,512	0,0453	0,263	0,002	-0,023
	$\bar{X}$ 13.5125	$\bar{Y}$ 0.3046			$\sum x^2$ 24,46875	$\sum y^2$ 0.0583	$\sum xy$ -1,00676

Fuente: Autor

#### Coeficiente de correlación:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)^2 (\sum y^2)^2}}$$

$$r = \frac{-1.00676}{\sqrt{(24.46875)^2 (0.0583)^2}}$$

$$r = -0.706$$

#### Nomenclatura:

$x^2$  Doble producto de cada valor de CBR

$y^2$  Doble producto de cada valor del PCE

$\sum xy$  Sumatoria del producto del CBR y PCE

$\sum x^2$  Sumatoria del doble producto de cada valor de CBR

$\sum y^2$  Sumatoria del doble producto de cada valor de PCE

#### 4.2.1.3 Coeficiente de Correlación Método Normal utilizando fórmula Clásica.

##### Determinación de la Covarianza utilizando la fórmula Clásica

**Tabla 14.** Covarianza de las variables CBR y PCE utilizando el método normal

N	X CBR	Y PCE	XY
1	15,5	0,166	2.573
2	16	0,196	3.136
3	13,2	0,295	3.894
4	11,6	0,416	4.8256
5	12	0,295	3.54
6	15,4	0,302	4.6508
7	11,4	0,417	4.7538
8	13	0,350	4.55
	$\bar{X}$ 13.5125	$\bar{Y}$ 0.3046	$\sum XY$ 31.9232

Fuente: Autor

##### Covarianza:

$$\sigma_{XY} = \frac{\sum XY}{N} - (\bar{X} * \bar{Y})$$

$$\sigma_{XY} = \frac{31.9232}{8} - (13.5125 * 0.3046)$$

$$\sigma_{XY} = -0.1258$$

##### Nomenclatura:

**N** Número de muestras

**X** Valores obtenidos de CBR

**Y** Valores obtenidos de la resistencia a corte mediante el ensayo PCE

$\bar{X}$  Media aritmética de los valores del CBR

$\bar{Y}$  Media aritmética de los valores de la resistencia a corte

**XY** Producto del CBR y la resistencia a corte

$\sum XY$  Sumatoria del producto del CBR y la resistencia a corte

$\sigma_{XY}$  Covarianza

**Determinación del Coeficiente de Correlación (r) utilizando la fórmula Clásica**

**Tabla 15.** Coeficiente de Correlación de las variables CBR y PCE utilizando el método Normal

N	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	15,5	0,166	2.573	240.25	0.027556
2	16	0,196	3.136	256	0.038416
3	13,2	0,295	3.894	174.24	0.087025
4	11,6	0,416	4.8256	134.56	0.173056
5	12	0,295	3.54	144	0.087025
6	15,4	0,302	4.6508	237.16	0.091204
7	11,4	0,417	4.7538	129.96	0.173889
8	13	0,35	4.55	169	0.1225
	$\sum X$ 108,1	$\sum Y$ 2,437	$\sum XY$ 31.9232	$\sum X^2$ 1485.17	$\sum Y^2$ 0.800671

Fuente: Autor

**Coeficiente de Correlación:**

$$r = \sqrt{\frac{(\sum XY - \frac{\sum X \cdot \sum Y}{N})^2}{(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N})(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N})}} = \sqrt{\frac{(31.9232 - \frac{108.1 \cdot 2.437}{8})^2}{(1485.17 - \frac{(108.1)^2}{8})(0.800671 - \frac{(2.437)^2}{8})}}$$

$$r = \sqrt{0.71057174}$$

$$r = 0.8429$$

**Covarianza es negativo  $\sigma_{XY} = -0.1258$     ∴    Coeficiente de Correlación es negativo**

$$r = - 0.8429$$

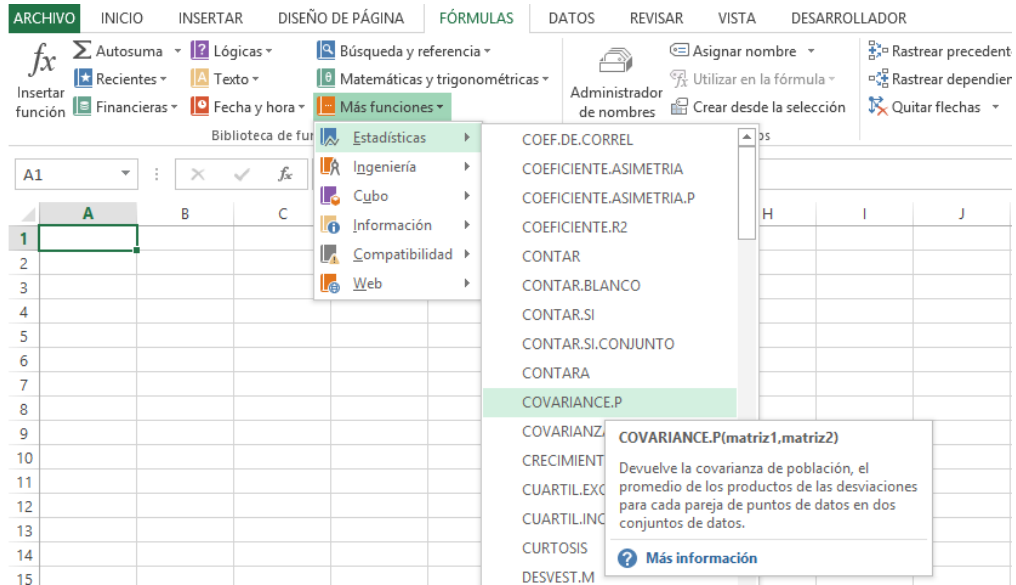
**Nomenclatura:**

- N      Número de muestras
- $\sum X$     Sumatoria de los valores obtenidos de CBR
- $\sum Y$     Sumatoria de los valores obtenidos de PCE
- $\sum X^2$    Sumatoria del doble producto del CBR
- $\sum Y^2$    Sumatoria del doble producto del PCE
- r      Coeficiente de Correlación

#### 4.2.1.4 Coeficiente de Correlación Método de Excel utilizando Fórmulas y Gráficas

### Determinación de la Covarianza utilizando la fórmula en Excel

Imagen 3. Fórmula en Excel para determinar la Covarianza



Fuente: Autor

Imagen 4. Utilización de la Fórmula de Covarianza en Excel

The image shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F
1	X	Y				
2	15.5	0.166				
3	16	0.196				
4	13.2	0.295				
5	11.6	0.416				
6	12	0.295				
7	15.4	0.302				
8	11.4	0.417				
9	13	0.35				
10						
11		-0.12584531	=COVARIANZA.P(A2:A9,B2:B9)			
12						
13						

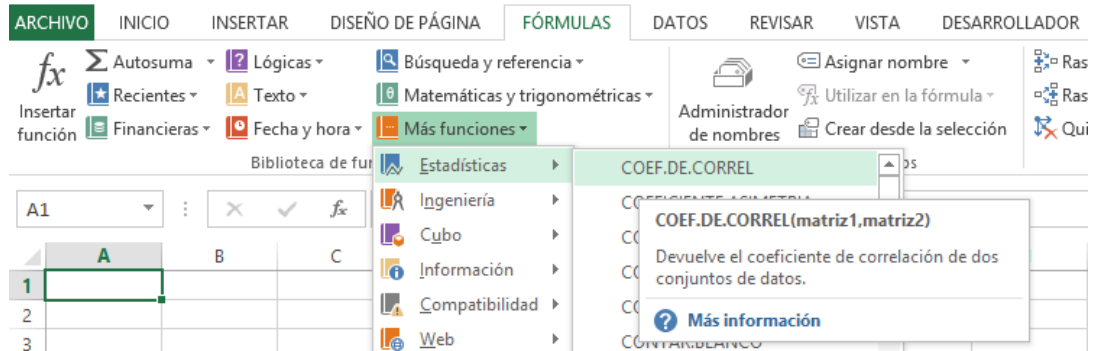
Fuente: Autor

**Covarianza = -0.1258**



## Determinación del Coeficiente de Correlación utilizando la fórmula en Excel

**Imagen 5.** Fórmula en Excel para determinar el Coeficiente de Correlación



Fuente: Autor

**Imagen 6.** Utilización de la Formula del Coeficiente de Correlación en Excel

	A	B	C	D	E	F
1	X	Y				
2	15.5	0.166				
3	16	0.196				
4	13.2	0.295				
5	11.6	0.416				
6	12	0.295				
7	15.4	0.302				
8	11.4	0.417				
9	13	0.35				
10						
11		-0.84292188	=COEF.DE.CORREL(A2:A9,B2:B9)			
12			COEF.DE.CORREL(matriz1, matriz2)			
13						

Fuente: Autor

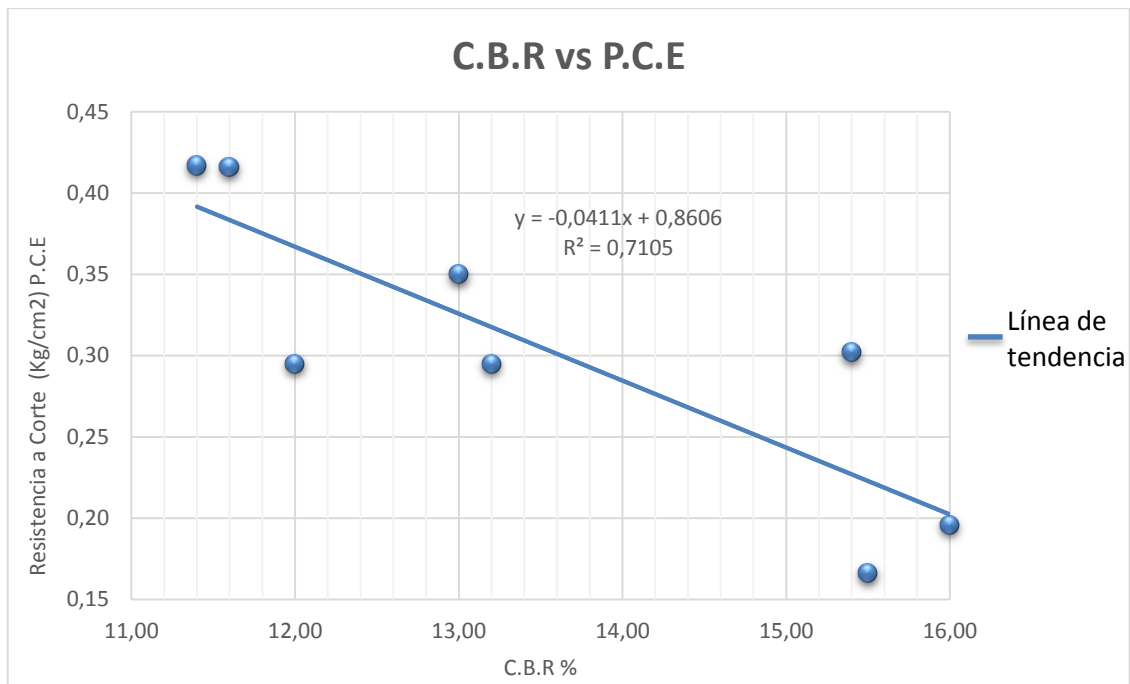
**Coeficiente de Correlación** =  $-0.8429$

$r = -0.8429$

## Gráfica de Dispersión utilizando Excel

La gráfica representa los valores de CBR vs PCE de cada tipo suelo, y su respectiva línea de tendencia.

**Gráfica 1.** CBR vs PCE



Fuente: Autor

### Datos obtenidos de la gráfica:

$$Y = -0.0411X + 0.8606$$

$$R^2 = 0.7105$$

### Nomenclatura:

**Y** Ecuación Lineal de la línea de tendencia.

**R<sup>2</sup>** Valor de relación del eje x (C.B.R) con respecto al eje y (P.C.E)

## 4.2.2 Interpretación de la Correlación

### 4.2.2.1 Interpretación de la Covarianza

- La covarianza interpreta el signo de la correlación.
  - Si la covarianza es negativa se obtiene un coeficiente de correlación negativa.
  - Si la covarianza es positiva se obtiene un coeficiente de correlación positiva.
  
- El valor de la covarianza aplicando cada método es:
  - Método de Karl Pearson: ***Covarianza = -0.1258***
  - Método Normal  **$\sigma_{XY} = -0.1258$**
  - Método de Excel ***Covarianza = -0.1258***
  
- La covarianza en todos los métodos es el mismo valor, por lo tanto es un análisis confiable.
  
- La covarianza es de signo negativo, por lo tanto se obtiene una correlación negativa.

### 4.2.2.2 Interpretación del Coeficiente de la Correlación

- El valor del Coeficiente de Correlación aplicando cada método es:
  - Método de Karl Pearson:  **$r = -0.706$**
  - Método Normal utilizando fórmula Clásica  **$r = -0.8429$**
  - Método de Excel utilizando Fórmulas y Gráficas  **$r = -0.8429$**
  
- El coeficiente de correlación ( **$r$** ) es de -0,706, de acuerdo al método de Karl Pearson, el cual no tiene mucha variación con los coeficientes determinados con los métodos Normal y de Excel que son  **$r = -0.8429$** .

- Mediante la aplicación del Método Normal y del Método de Excel se obtuvo un coeficiente de correlación similar de  $r = -0.8429$ , por lo tanto el análisis es confiable.
- El coeficiente de correlación está comprendido entre  $-1 \leq r \leq 1$ , Si el valor de la correlación toma valores cercanos a -1 y 1 existe mayor dependencia de la variable CBR sobre la variable PCE.
- El coeficiente de correlación  $r = -0.8429$  se encuentra dentro del rango (-0,7 a -0,89), por lo tanto la correlación es negativa alta, esto implica que la dependencia de la variable PCE incide de manera inversa sobre la variable CBR.

**Tabla 16.** Interpretación del Coeficiente de Correlación

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a 0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a 0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a 0,69	Correlación negativa moderada
-0,3 a 0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a 0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,1 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: M. Suarez, *Correlación y Regresión Empleando Excel y Graph*. Ibarra – Ecuador, 2014. pp. 3.

### 4.2.2.3 Interpretación de la Gráfica de Dispersión de Excel

- Mediante la Gráfica de dispersión se determina un coeficiente de relación  $R^2$  de 0.7105, que representa la relación que tiene la variable del CBR con respecto a la variable de la resistencia a corte.
- Si se resuelve la raíz del coeficiente de relación  $R^2$  se obtiene lo siguiente:

$$R^2 = 0.7105$$

$$R = \sqrt{0.7105}$$

$$R = 0.842911$$

De esta manera se establece el Coeficiente de Correlación, por lo tanto el análisis gráfico también es confiable.

- La gráfica 1 también expresa una función de Y que es la Resistencia al Corte, con respecto a X que representa el CBR, dicha función es  $Y = -0.0411X + 0.8606$ , la cual expresa la variación de cada CBR con respecto a la Resistencia al corte del PCE

### 4.2.3 Interpretación de los ensayos

La determinación de las propiedades del suelo son fundamentales para efectuar diseños de pavimentos, para el CBR se realizaron dos calicatas con dimensiones de 1,0 metro de largo y 1,0 metro de ancho a una profundidad aproximada de 1,0 metro para cada tipo de suelo. Para establecer la resistencia al corte se utilizó el ensayo Penetrómetro Cónico Estático.

La recolección de datos se obtuvo mediante la exploración de suelo de pozo a cielo abierto, las cuales se ensayaron obteniendo los siguientes resultados:

#### **4.2.3.1 Granulometría**

En el Cantón de Ambato existe una gran variedad en el tipo de suelo, la cangahua ubicada en la Parroquia de Quisapincha tiene una clasificación SUCS (SM Arena Limosa).

En el Cantón de Baños en la Parroquia de Río Verde, el suelo tiene clasificación SUCS (CL arcilla de baja plasticidad), su contenido de humedad es el más alto con respecto al resto de las muestras.

Para hallar una muestra de Limo se realizó una exploración visual para ubicar tierra negra en la Parroquia Pinguilí en el Cantón Mocha, el suelo tiene clasificación SUCS (ML Limo de baja plasticidad).

#### **4.2.3.2 Límites de Atterberg**

En la Provincia de Tungurahua, todas las muestras ensayadas obtuvieron un resultado de las propiedades de Límite Líquido y Límite Plástico muy bajas, debido a que los suelos que se encuentran en la región sierra son áridos y con bajo contenido de humedad, a excepción de los suelos que se acercan a la región oriente que tienen un contenido de humedad moderado.

Existen cuatro muestras SM (Arena Limosa), los cuales tienen el Límite Líquido bajo, la Cangahua presenta Límite Plástico a diferencia los suelos SM obtenidos en Salsaca y Huachi Grande, debido a que ese suelo tiene un estado natural más húmedo y tiene mayor compactación natural.

Las muestras CL (Arcilla de baja plasticidad), tienen un estado natural más húmedo y su compactación natural es más alta.

### 4.2.3.3 Compactación Próctor Modificado

Los suelos en Tungurahua poseen una relación de vacíos alta los cuales los hacen más compresibles, en las muestras de Arena SM (Arena Limosa) obtenidas en Salasaca y Huachi Grande tienen una densidad seca alta, los cuales contienen un grado de compactación alto. La Cangahua (SM) tiene menor densidad debido a que su compactación natural es alta.

Las muestras de suelo ML (Limo de baja plasticidad) poseen menor grado de compactación, en especial la muestra 2 que tiene una densidad seca muy baja, lo cual lo hace un suelo poco compactable, debido a que en su estado natural, el suelo se encuentra muy compactado.

### 4.2.3.4 CBR

Utilizando la Tabla 3. Características de los suelos según el SUCS disponible en el Anexo B obtenemos rangos de CBR para cualquier tipo de suelo.

**Tabla 17.** Comparación del CBR con los rangos de CBR según el SUCS

TIPO DE SUELO SUCS	RANGO CBR % SUCS	CBR %
SM	10 - 20	15.5%
SM	10 - 20	16.0%
ML	5 - 15	13.2%
ML	5 - 15	11.6%
CANGAHUA SM	10 - 20	12.0%
CANGAHUA SM	10 - 20	15.40%
CL	5 - 15	11.40%
CL	5 - 15	13.0%

Fuente: SUCS, Sistema de clasificación de suelos, Modificado

Todos los tipos de suelos cumplen con los requerimientos establecidos por el SUCS.

#### **4.2.3.5 Penetrómetro Cónico Estático**

El ensayo Penetrómetro Cónico Estático es un análisis superficial del suelo, en las arenas existe una resistencia a corte más baja a comparación del resto de las muestras, esto es debido a que este tipo de suelo no tiene una buena compactación en su estado natural.

También podemos observar que las muestras que presentan menor densidad seca obtenido por el Método de Compactación Próctor Modificado, tienen mayor resistencia a corte, debido a que el estado natural de estos suelos es muy compacto en la superficie.



### 4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Una vez determinado el coeficiente de correlación de las variables CBR y PCE, utilizando tres métodos de análisis diferentes los cuales arrojaron resultados similares y confiables, se propone las siguientes hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** Los ensayos de CBR y Penetrómetro Cónico Estático no son estratégicamente eficientes presentando una correlación en diferentes tipos de suelos.

**H<sub>i</sub>:** Los ensayos de CBR y Penetrómetro Cónico Estático son estratégicamente eficientes presentando una correlación en diferentes tipos de suelos.

Para plantear resultados en la hipótesis se utilizará la Tabla 16. (Interpretación del Coeficiente de Correlación, rechazando las correlaciones bajas para la hipótesis), de la siguiente manera obtenemos los valores aceptables para la correlación:

➤ Hipótesis Nula:

- Si el Coeficiente de Correlación es Positivo ***H<sub>0</sub>:  $r \leq 0.39$ .***
- Si el Coeficiente de Correlación es Negativo ***H<sub>0</sub>:  $r \geq -0.39$ .***

➤ Hipótesis Alternativa:

- Si el Coeficiente de Correlación es Positivo ***H<sub>i</sub>:  $r \geq 0.39$ .***
- Si el Coeficiente de Correlación es Negativo ***H<sub>i</sub>:  $r \leq -0.39$ .***

#### **Coeficiente de Correlación Negativo**

$$r = -0.8429$$

### **Hipótesis Nula**

$$H_0 = r \geq -0.39$$

$$H_0 = -0.8429 \leq -0.39$$

Se comprueba que el Coeficiente de Correlación no es menor al establecido, de esta manera se rechaza la Hipótesis Nula.

### **Hipótesis Alternativa**

$$H_i = r \leq -0.39$$

$$H_i = -0.8429 \leq -0.39$$

Se comprueba que el Coeficiente de Correlación es menor al establecido, de esta manera se acepta la Hipótesis Alternativa (**Hi**) Los ensayos de CBR y Penetrómetro Cónico Estático son estratégicamente eficientes presentando una correlación en diferentes tipos de suelos.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Los ensayos se realizaron siguiendo los procedimientos que establece la norma para la construcción de caminos y puentes del MTOP, se determinó el CBR en un estado de compactación del suelo, debido a que se analizan sus propiedades mecánicas a una profundidad de 1,0 metro mediante la exploración de Calicatas.
- Los valores de CBR permiten hallar la capacidad que tiene un suelo de soportar cargas, según el SUCS en la Tabla 3 disponible en el Anexo B, delimita valores de CBR admisibles para cada tipo de suelo, los valores determinados en laboratorio se encuentran dentro de los rangos establecidos por el SUCS.
- Los suelos CL (Arcilla de baja plasticidad) y ML (Limo de baja plasticidad) tienen CBR bajos, lo que indican que tienen una Subrasante regular y deben ser mejorados. Los suelos SM (Arena Limosa) tienen un CBR aceptable lo cual implica que tienen una Subrasante Buena.
- Los ensayos realizados en sitio utilizando el Penetrómetro Cónico Estático cumplen con la Norma AASHTO T 49-93 y determina la resistencia al corte en la superficie del suelo en un estado natural no compactado.
- El ensayo Penetrómetro Cónico Estático es aplicable en suelos de clasificación fina, es decir aplica para Arenas con más de 12% de finos pasantes del Tamiz N°200 y suelos de grano fino con más de 50% de partículas pasantes del Tamiz N°200, sus resultados no aplican para suelos de fracción gruesa (Gravas y Arenas gruesas), debido a que la punta del Penetrómetro no se incrusta en estos materiales y su análisis no es confiable.

- Los resultados del ensayo CBR se expresan en Porcentaje de capacidad que soporta el suelo y los resultados del ensayo Penetrómetro Cónico Estático se expresan en kilogramos por cada centímetro cuadrado ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) de resistencia que soporta el suelo a corte. Las unidades de estas dos variables son distintas y para el análisis de la correlación no tiene importancia, debido a que el análisis de las variables implica un estudio estadístico que indica la fuerza y dirección de una relación lineal y proporcionalidad entre dichas variables.
- La covarianza en todos los métodos es  $\sigma_{XY} = -0.1258$ , por lo tanto es un análisis confiable. Este coeficiente interpreta el signo de la correlación el cual es negativo, por lo tanto se obtiene un coeficiente de correlación negativo.
- El coeficiente de correlación  $r = -0.706$  de acuerdo al método de Karl Pearson, el cual no tiene mucha variación el coeficiente determinados con los métodos Normal y de Excel que es  $r = -0.8429$ , por lo tanto el análisis es confiable.
- El coeficiente de correlación debe estar comprendido entre  $-1 \leq r \leq 1$ , Si el valor de la correlación toma valores cercanos a -1 y 1 existe mayor dependencia de la variable CBR sobre la variable PCE. Mediante la aplicación de tres métodos de correlación se determinó que existe una correlación en el análisis de las variables CBR y PCE, el coeficiente es  $r = -0.8429$ , por lo tanto la correlación es negativa alta, esto implica que la dependencia de la variable PCE incide de manera inversa sobre la variable CBR. Según el libro “*Correlación y Regresión Empleando Excel y Graph*” del Autor M. Suarez, indica factores de correlación disponibles en la Tabla 16.
- La aplicación de la gráfica de dispersión en Excel facilita la interpretación visual de los resultados y su relación entre las variables CBR y PCE, el coeficiente de relación entre dichas variables es  $R^2 = 0.7105$  indica las probabilidades de un 71.05% de determinar la resistencia a corte mediante el resultado de un CBR. La línea de tendencia indica una ecuación lineal que expresa el PCE (Y) con respecto al cambio de cada valor de CBR(X)  $Y = -0.0411X + 0.8606$ .

- El coeficiente de correlación  $r = -0.8429$  se encuentra dentro del rango (-0,7 a -0,89), por lo tanto la correlación es negativa alta, esto implica que la dependencia de la variable PCE incide de manera inversa sobre la variable CBR.
- Se concluye que la determinación de la resistencia al corte utilizando el ensayo Penetrómetro Cónico Estático mediante el valor de CBR es viable debido a que existe una correlación alta.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Utilizar una cantidad mayor de muestras para cada tipo de suelo, de las cuales se obtengan más resultados que faciliten con el análisis de correlación y este resultado sea más adecuado y preciso.
- Analizar correlaciones para cada tipo suelo por separado, debido a que el ensayo Penetrómetro Cónico Estático determina la resistencia a corte superficial y cada tipo de suelo tiene un estado de compactación natural diferente.
- Emplear correlaciones en un estado de compactación, aplicando el Ensayo Penetrómetro Cónico Estático sobre el ensayo de compactación Próctor (Estándar o Modificado), lo cual analizará la resistencia a corte en un estado de compactación confinado.
- Recordar que para el uso del equipo Penetrómetro Cónico Estático es necesario extraer la capa vegetal para evitar errores en la toma de datos, su aplicación debe ser perpendicular a la superficie.
- Para la recolección de datos del ensayo Penetrómetro Cónico Estático es muy importante encerar este equipo y realizar la lectura correcta de ambos Diales.
- Para el ensayo de CBR se debe tener en cuenta que las muestras extraídas deben estar bien secas, caso contrario en el ensayo de compactación Próctor no se obtendrán resultados confiables, por lo tanto el valor de CBR será erróneo.
- Hacer los ensayos utilizando sus normas correspondientes establecidas en el MTOP para obtener resultados adecuados y confiables.

## **C.- MATERIALES DE REFERENCIA**

### **1. BIBLIOGRAFÍA**

#### **1.1. Referencias**

[1] M. Cassan, *Los Ensayos “In Situ” de Mecánica de Suelos*. Editores Técnicos Asociados SA. Barcelona, 1982, pp. 14-16.

[2] L. Domingo, *Mecánica de Rocas y Técnicas de Voladura*, 2012, pp. 5.

[3] I. Fernández y COOPPEL (2001). *Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM*, Valladolid - España, 2011, pp.1-3.

[4] E. Juárez y A. Rico, *Mecánica De Suelos*. LIMUSA. México DF, 1987.

[5] M. Macías, *Diseño de pavimento rígido para la vía BABA – LA ESTRELLA*. Guayaquil - Ecuador, 2011. Cap.1 pp. 4.

[6] F. Mantilla, *Mecánica de suelos elemental en la ingeniería civil*. Ambato - Ecuador. 2012

[7] F. Mantilla, *Mecánica de Suelos Técnica para el ingeniero Civil*. Ambato - Ecuador, 2012.

[8] L. Marín, *Curso de Mecánica de Suelos Escuela de Ingeniería Civil*. Guayaquil - Ecuador, 2012. pp. 18.

[9] *82 años construyendo obras viales en el Ecuador*, Ministerio de transporte y obras públicas.

[10] D. Rey, *Usos y aplicaciones del penetrómetro de cono CN-973*. Obregón - Chile. 2012. Cap. 2 pp. 12.

[11] W. Lambe y R. Whitman, *Mecánica de suelos*. Limusa, México, 1997.

[12] C. Zebrowski, *Los Suelos con Cangahua en el Ecuador*. Quito - Ecuador, 1996.

[13] J. Gonzáles, *Geotecnia*. Granada – España, 2011.

[14] P. Salinas, *Metodología de la investigación científica*. Mérida – Venezuela, 2007.

[15] L. Banon y J. Beviá, *Manual de Carreteras 2*. Alicante - España.

## 1.2. Bibliografía Adicional

- *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*, MOP – 01 – F 2002, Quito 2002.
- *Load Ring Penetrometer*. Instruction Manual, May1990.
- SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelo
- F. Mantilla, *Apuntes Mecánica de Suelos 2*. Sexto Semestre, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato.
- G. Sosa, *Estudio de la Correlación entre el Ensayo de VSR y el Penetrómetro Estático de Cono*. Centro de Investigaciones Viales UTN – FRLP, Buenos Aires, 2011.
- L. Pérez, *Apuntes Mecánica de Suelos 1*. Quinto Semestre, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador.



- M. Suarez, *Correlación y Regresión Empleando Excel y Graph*. Ibarra – Ecuador, 2014.
- W. Rivera, *Correlación del Valor de Soporte de California (C.B.R) con la Resistencia a la Compresión Inconfinada y la Plasticidad del Suelo*. Santiago de Cali, 2013.
- L. Rodriguez, *Tipos y niveles de investigación científica*. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/97318021/Tipos-y-Niveles-de-Investigacion-Cientifica>
- M. Jerez, *Prueba de Hipótesis sobre el Coeficiente de Correlación*. 2014. Disponible en: <https://prezi.com/fyb5u387ljl-/prueba-de-hipotesis-sobre-el-coeficiente-de-correlacion/>

## **2. ANEXOS**

**Anexo A:** Ubicación de la toma de muestras

**Anexo B:** Tablas de clasificación y características de suelos según el SUCS

- Tabla 1: Identificación de los Suelos mediante el SUCS
- Tabla 2: Clasificación de los Suelos mediante el SUCS
- Tabla 3: Características de los Suelos según el SUCS

**Anexo C:** Ensayos para la determinación del CBR

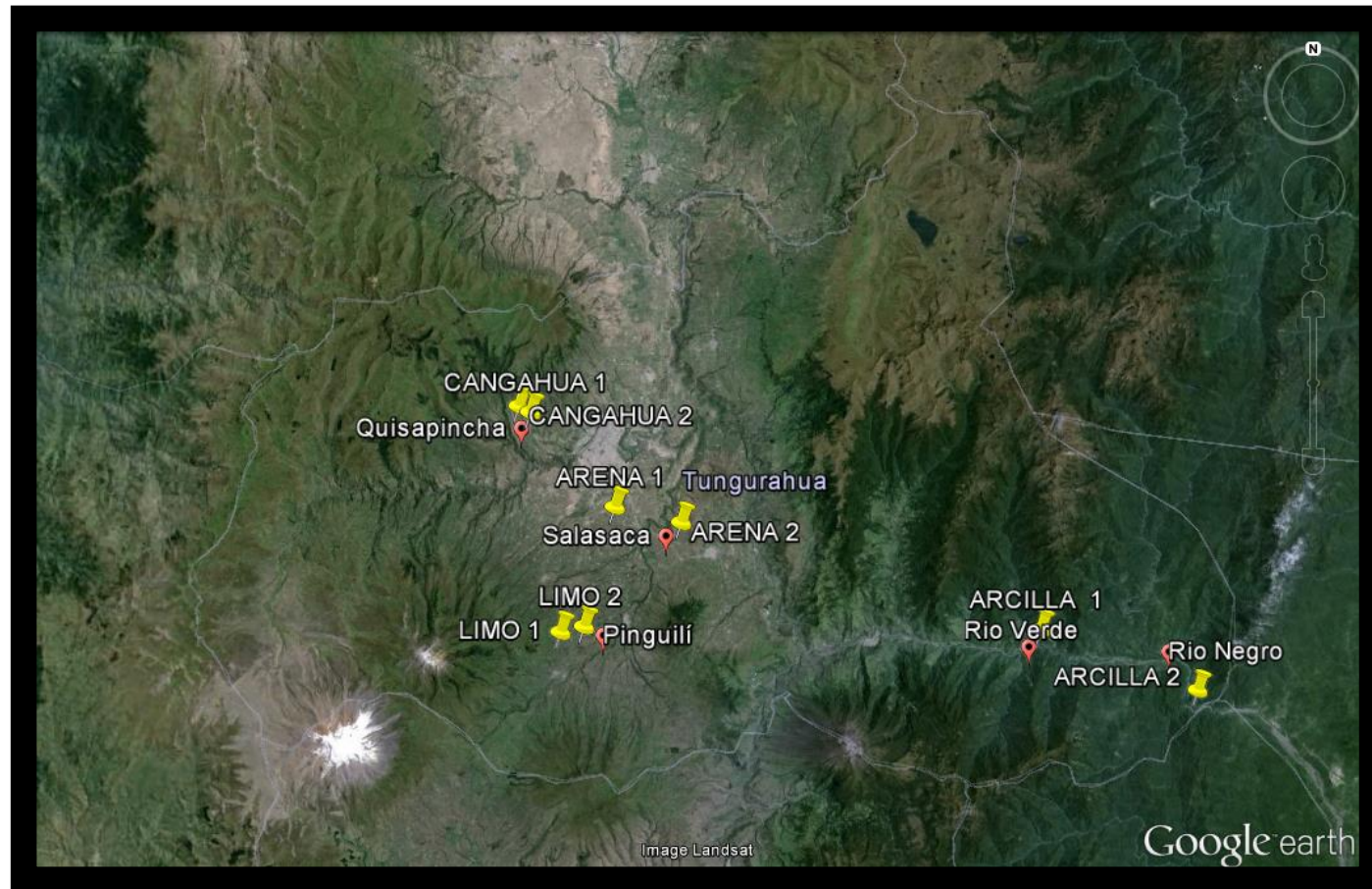
**Anexo D:** Ensayo Penetrómetro Cónico Estático

**Anexo E:** Archivo Fotográfico

# **ANEXO A**

## **Ubicación de la Toma de Muestras**

**Imagen 1. Ubicación georeferenciada de la toma de muestras en la provincia de Tungurahua**



**Fuente: Google Eart**

# **ANEXO B**

## **Tablas de Clasificación y Características de Suelos Según el SUCS**

**Tabla 1. Identificación de los Suelos mediante el SUCS**

**PRIMERA Y/O SEGUNDA LETRA**

**SEGUNDA LETRA**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>G</b>	Grava
<b>S</b>	Arena
<b>M</b>	Limo
<b>C</b>	Arcilla
<b>O</b>	Orgánico

<b>LETRA</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>P</b>	Pobrementemente gradado (tamaño de partícula uniforme)
<b>W</b>	Bien gradado (tamaños de partícula diversos)
<b>H</b>	Alta plasticidad
<b>L</b>	Baja plasticidad

Fuente: SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

**Tabla 2. Clasificación de los Suelos mediante el SUCS**

Divisiones mayores	Símbolo del grupo	Nombre de grupo		
<b>Suelos granulares grueso</b> <b>Más del 50% retenido en el matiz n° 200(0.075)</b>	Grava > 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz n°4 (4.75)	Grava limpia menos del 5% pasa el tamiz n°200	GW	Grava bien gradada, grava fina a gruesa
			GP	Grava pobremente gradada
		Grava con más 12% de finos pasantes del tamiz n° 200	GM	Grava limosa
			GC	Grava arcillosa
	Arena ≥ 50% de fracción gruesa que pasa el tamiz n°4	Arena limpia	SW	Arena bien gradada, arena fina a gruesa
			SP	Arena pobremente gradada
		Arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz n° 200	SM	Arena limosa
			SC	Arena arcillosa
<b>Suelos de grano fino</b> <b>Más del 50% pasa el tamiz n°200</b>	Limos y arcillas Límite líquido < 50	Inorgánico	ML	Limo
			CL	Arcilla
	Orgánico	OL	Limo orgánico, arcilla orgánica	
	Limo y arcilla Límite líquido ≥ 50	Inorgánico	MH	Limo de alta plasticidad , limo elástico
			CH	Arcilla de alta plasticidad
		Orgánico	OH	Arcilla orgánica, limo orgánico
<b>Suelos altamente orgánicos</b>			PT	Turba

Fuente: SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

**Tabla 3. Características de los suelos según el SUCS**

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLO	COMPORTAMIENTO MECÁNICO	CAPACIDAD DE DRENAJE	Densidad óptima P.M. gr/cm <sup>3</sup>	CBR In Situ %
SUELOS DE GRANO GRUESO	Gravas	GW	Excelente	Excelente	2.00-2.24	60-80
		GP	Bueno a excelente	Excelente	1.76-2.08	25-60
		GM	Bueno a excelente	Aceptable a mala	2.08-2.32	40-80
		└ d	Bueno	Mala a impermeable	1.91-2.24	20-40
		└ u	Bueno	Mala a impermeable	1.92-2.24	20-40
	Arenas	SW	Bueno	Excelente	1.76-2.08	20-40
		SP	Aceptable a bueno	Excelente	1.60-1.92	10-25
		SM	Aceptable a bueno	Aceptable a mala	1.92-2.16	20-40
	└ d	Aceptable	Mala a impermeable	1.68-2.08	10-20	
	└ u	Malo a aceptable	Mala a impermeable	1.68-2.08	10-20	
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas (LL<50)	ML	Malo a aceptable	Aceptable a mala	1.60-2.00	5-15
		CL	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.60-2.00	5-15
		OL	Malo	Mala	1.44-1.70	4-8
	Limos y arcillas (LL>50)	MH	Malo	Aceptable a mala	1.28-1.60	4-8
		CH	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.44-1.76	3-5
	OH	Malo a muy malo	Casi impermeable	1.28-1.68	3-5	
SUELOS ORGÁNICOS		Pt	Inaceptable	Aceptable a mala	-	-

Fuente: SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, Modificado



# **ANEXO C**

## **Ensayos Para la Determinación del CBR**

## **MUESTRA # 1**

### **Descripción de la Muestra:**

Descripción Visual: Arena

Clasificación SUCS: SM – Arena Limosa

### **Ubicación:**

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia: Huachi Grande

Ubicación Georeferenciada: 17 S, 764795, 9855357



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**GRANULOMETRÍA DE SUELOS**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler **FECHA DE INICIO:** 29-ene-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

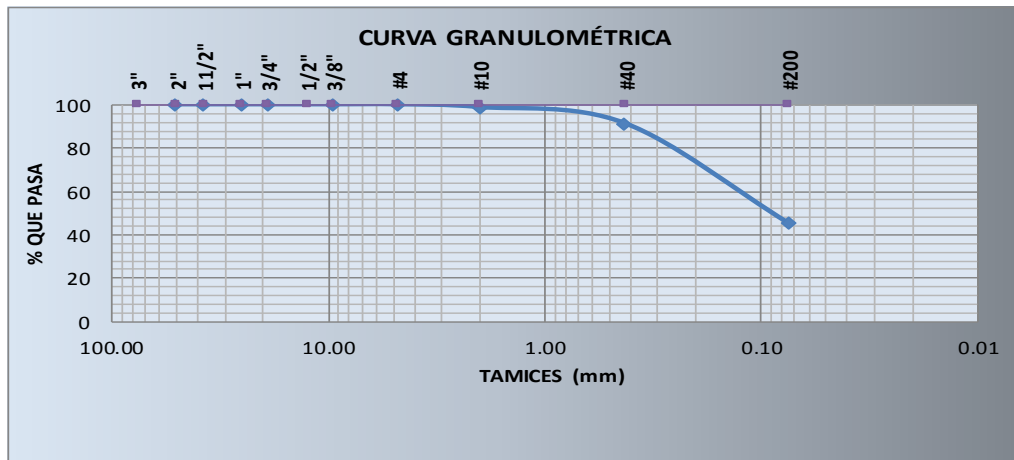
**UBICACIÓN:** Huachi Grande - Ambato - Tungurahua. **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** SM (Arena Limosa)

**COORDENADAS:** 17 S, 764795, 9855357

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS**

TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	100.00
#4	4.76	0.00	0.00	100.00
PASA #4		0.00	0.00	
#10	2.00	5.39	1.26	98.74
#40	0.43	36.80	8.59	91.41
#200	0.075	234.70	54.80	45.20
PASA #200		193.56	45.20	
TOTAL		428.26		
Peso cuarteo antes del lavado (gr)			428.26	
Peso cuarteo después del lavado (gr)			234.70	
Total - Diferencia (gr)			193.56	

**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**



**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente #	27
Recip+S. húmedo	195.7
Recip+S. Seco	179.4
Peso recipiente	31.6
Peso de agua	16.3
Peso suelo seco	147.8
Contenido Humedad w%	11.0



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**LÍMITES DE ATTERBERG**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler **FECHA DE INICIO:** 29-ene-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** SM (Arena Limosa)

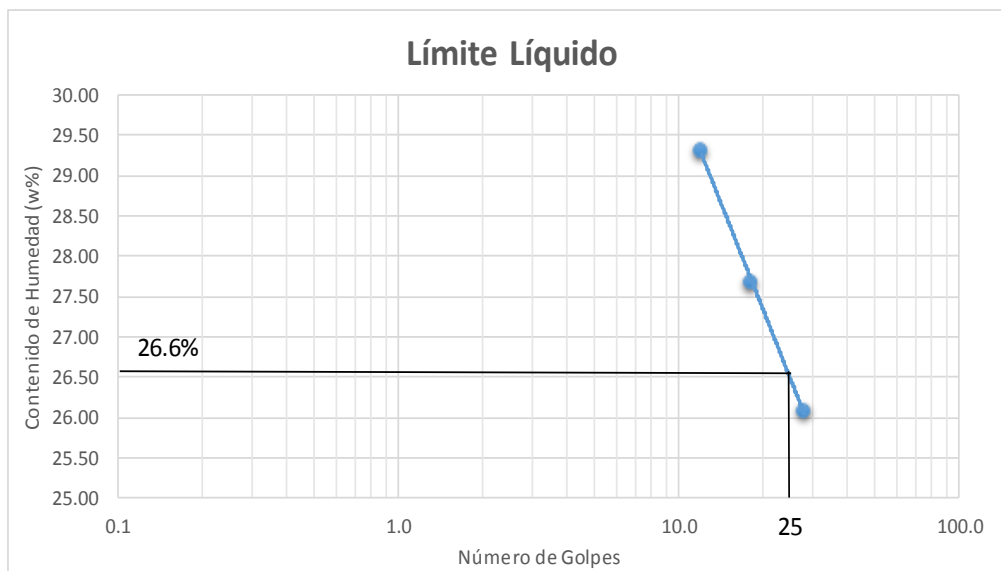
**UBICACIÓN:** Huachi Grande - Ambato - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 764795, 9855357

**ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO**

	28		18		12	
Recipiente #	2-E	3-T	12-E	8-T	11-E	7-E
Peso Húmedo + recip ( <b>Wm + rec</b> )	24.63	19.51	22.99	22.29	23.10	19.71
Peso seco + Recip ( <b>Ws + rec</b> )	21.70	17.82	20.49	19.91	20.48	17.58
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	10.53	11.30	11.44	11.33	11.56	10.30
Peso del agua ( <b>Ww</b> )	2.93	1.69	2.50	2.38	2.62	2.13
Peso del suelo ( <b>Ws</b> )	11.17	6.52	9.05	8.58	8.92	7.28
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	26.23	25.92	27.62	27.74	29.37	29.26
Contenido de Humedad promedio	26.08		27.68		29.32	

**GRÁFICA DE LÍMITE LÍQUIDO**



**LÍMITES DE ATTERBERG**

**Límite Líquido:** 26.60%  
**Límite Plástico:** No se puede determinar  
**Índice Plástico:** No se puede determinar



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"**

**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler **FECHA INICIO:** 01-feb-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** SM (Arena Limosa)

**UBICACIÓN:** Huachi Grande - Ambato - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 764795, 9855357

**ESPECIFICACIONES**

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	14588	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volúmen del Molde	2315.41	cm3
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000

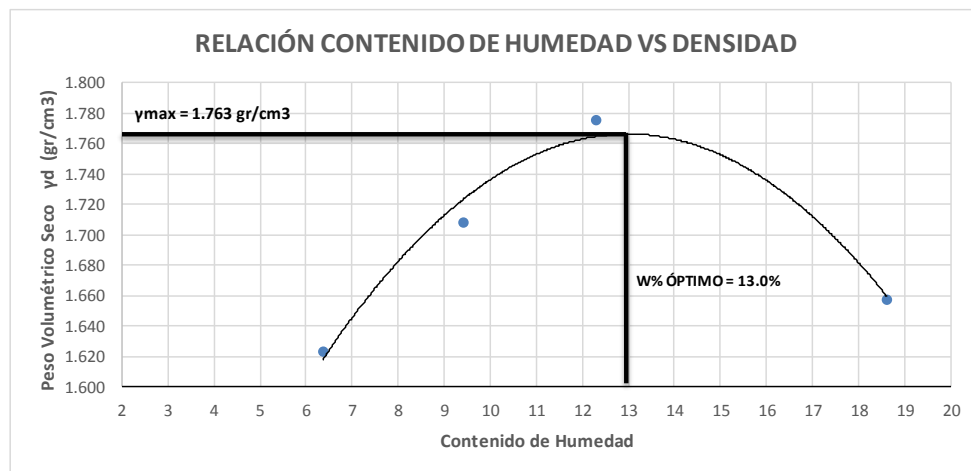
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	15
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18568	18896	19186	19122
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3980	4308	4598	4534
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm3)	1.719	1.861	1.986	1.958

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente número	4	32	22	5	7	20	32	38
Peso del recipiente $W_r$	24.3	27.7	26.2	25.1	24.3	24.7	24.3	23.2
Rec+suelo húmedo $W_r+W_m$	167.8	166.0	161.5	140.2	150.4	164.4	150.6	168.0
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	159.8	158.4	150.3	130.9	137.3	149.4	131.3	145.7
Peso solidos $W_s$	135.5	130.7	124.1	105.8	113.0	124.7	107.0	122.5
Peso del agua $W_w$	8.0	7.6	11.2	9.3	13.1	15.0	19.3	22.3
Cont. Humedad $\omega\%$	5.90	5.81	9.02	8.79	11.59	12.03	18.04	18.20
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	5.86		8.91		11.81		18.12	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm3)	1.624		1.708		1.776		1.658	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

La máxima densidad alcanzada según la gráfica corresponde a **1,763 gr/cm3**, la cual corresponde a un **contenido de humedad óptimo de 13,0 %**, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler **FECHA INICIO:** 02-feb-16  
**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez  
**UBICACIÓN:** Huachi Grande - Ambato - Tungurahua. **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** SM (Arena Limosa)  
**COORDENADAS:** 17 S, 764795, 9855357

**ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO**

<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 lb
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>	18"
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>	13.00

**ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.**

<b>MOLDE</b>	1		2		3	
<b>Nº de Capas</b>	5		5		5	
<b>Nº de Golpes</b>	56		27		11	
<b>Cond. Muestra</b>	<b>Antes del Remojo</b>	<b>Después del Remojo</b>	<b>Antes del Remojo</b>	<b>Después del Remojo</b>	<b>Antes del Remojo</b>	<b>Después del Remojo</b>
P. Hum. + Molde	19939.5	20235.4	19531.7	19917.5	19103	19554.2
Peso Molde	15448	15448	15473	15473	15448	15448
P. Húmedo	4491.5	4787.4	4058.7	4444.5	3655	4106.2
Volúmen Muestra	2303.30	2303.3	2310.60	2310.6	2303.30	2303.3
Densidad Humeda	1.950	2.078	1.757	1.924	1.587	1.783
Densidad Seca	1.722	1.757	1.547	1.593	1.395	1.444
Den. Seca Prom.	1.739		1.570		1.420	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

<b>Recipiente Nº</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>36</b>	<b>25</b>	<b>28</b>
P. Hum. + Recipiente	140.4	114.4	153.8	95.9	151.2	98.7
P. Seco + Recipiente	127.6	101.5	139.2	84.8	136.7	85.9
Peso Recipiente	31	31	31.5	31.3	31.1	31.3
Peso Agua	12.8	12.9	14.6	11.1	14.5	12.8
Peso de Sólidos	96.6	70.5	107.7	53.5	105.6	54.6
Contenido Humedad %	13.25	18.30	13.56	20.75	13.73	23.44
Con. Hum. Prom. %	15.77		17.15		18.59	
Agua Absorbida	5.05		7.19		9.71	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO C.B.R.**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler

**FECHA INICIO:** 02-feb-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**UBICACIÓN:** Huachi Grande - Ambato - Tungurahua.

**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** SM (Arena Limosa)

**COORDENADAS:** 17 S, 764795, 9855357

**ENSAYO C.B.R. DATOS DE ESPONJAMIENTO**

MOLDE			1				2				3			
FECHA	TIEMPO		LECTURA	h	ESPONJAMIENTO		LECTURA	h	ESPONJAMIENTO		LECTURA	h	ESPONJAMIENTO	
día/mes/año	HORA	DÍAS	DIAL	Muestr	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	%
			Pulg	Pulg	*10^-2		Pulg	Pulg			Pulg	Pulg		
02/02/2016	11:45	0	0.1	5	0	0	0	5	0	0	0.02	5	0	0
03/02/2016	11:45	1	0.1		1.21	0.242	0.2		0.43	0.086	0.02		0.65	0.13
04/02/2016	11:45	2	0.2		1.74	0.348	0.3		0.56	0.112	0.04		2.6	0.52

**ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN**

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)

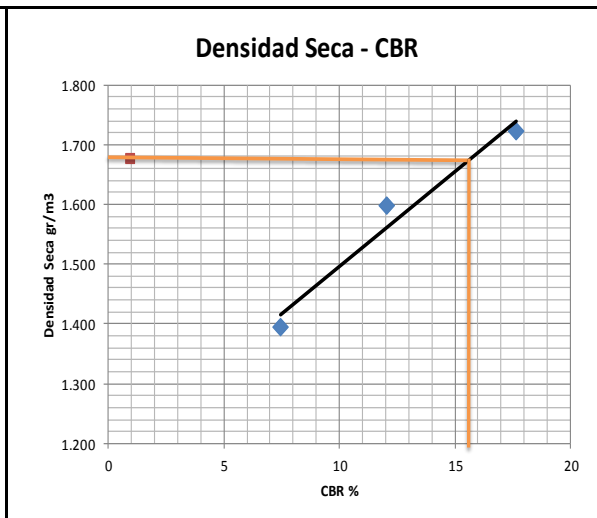
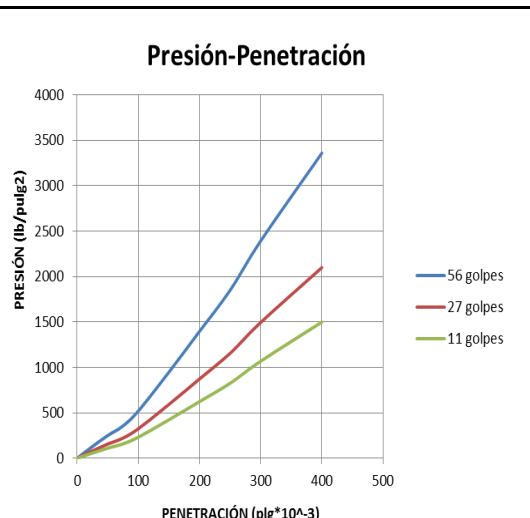
AREA DEL PISTÓN = 3 plg2

NORMA: ASTM D-1883

VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)

Molde Número				1				2				3			
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	mm	plg *10^-3		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
				lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%
		0	0	0	0			0	0.00			0	0		
0	30	0.64	25	156.9	52.29			100.7	33.56			54.0	17.99		
1	0	1.27	50	345.3	115.08			214.6	71.53			99.6	33.20		
1	30	1.91	75	485.8	161.94			320.1	106.71			120.5	40.17		
2	0	2.54	100	529.2	176.40	176.40	17.64	361.2	120.40	120.40	12.04	223.5	74.50	74.50	7.45
3	0	3.81	150	964.6	321.53			546.0	181.99			174.7	58.24		
4	0	5.08	200	1236.7	412.23			647.5	215.85			198.5	66.17		
5	0	6.35	250	1457.5	485.82			741.2	247.06			223.2	74.40		
6	0	7.62	300	1652.2	550.75			815.7	271.88			247.4	82.48		
8	0	10.16	400	2005.2	668.40			988.0	329.32			239.9	79.98		
10	0	12.70	500	2340.5	780.18			1171.7	390.57			296.6	98.85		
<b>CBR Corregido</b>							<b>17.64</b>				<b>12.04</b>				<b>7.45</b>

**GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.**



DENSIDADES	
1.722	gr/cm3
1.597	gr/cm3
1.395	gr/cm3

RESISTENCIAS	
17.64	%
12.04	%
7.45	%

<b>DENSIDAD MAX</b>	1.763	gr/cm3
<b>95% DE DM</b>	1.675	gr/cm3
<b>CBR PUNTUAL</b>	15.50	%

## **MUESTRA # 2**

### **Descripción de la Muestra:**

Descripción Visual: Arena

Clasificación SUCS: SM – Arena Limosa

### **Ubicación:**

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia: Salasaca

Ubicación Georeferenciada: 17 S, 770330, 9854056





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**GRANULOMETRÍA DE SUELOS**



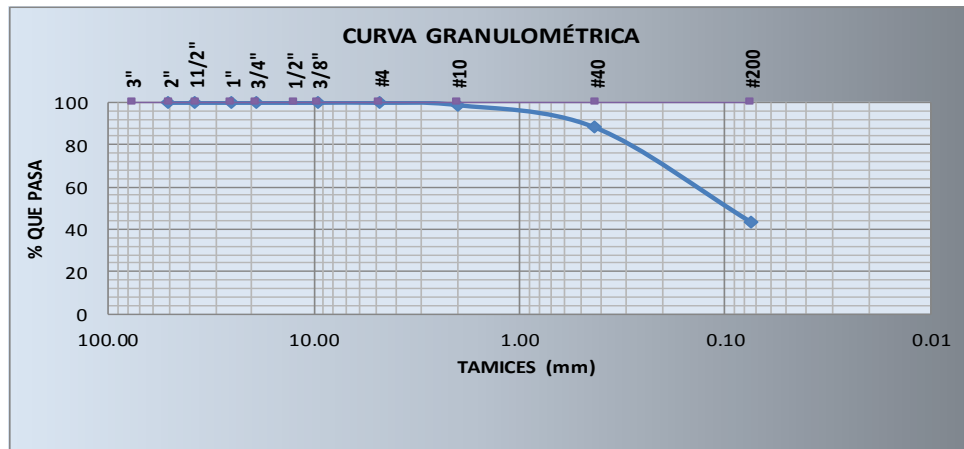
**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler      **FECHA DE INICIO:** 03-feb-16  
**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez  
**UBICACIÓN:** Salasaca - Ambato - Tungurahua.      **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** SM (Arena Limosa)  
**COORDENADAS:** 17 S, 770330, 9854056

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS**

TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	100.00
#4	4.76	0.00	0.00	100.00
PASA #4		0.00	0.00	
#10	2.00	5.65	1.13	98.87
#40	0.43	58.90	11.78	88.22
#200	0.075	284.80	56.96	43.04
PASA #200		215.20	43.04	
<b>TOTAL</b>		500.00		
Peso cuarteo antes del lavado (gr)			500.00	
Peso cuarteo después del lavado (gr)			215.20	
Total - Diferencia (gr)			284.80	

**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**



**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente #	39
Recip+S. húmedo	202.3
Recip+S. Seco	189.2
Peso recipiente	31.5
Peso de agua	13.1
Peso suelo seco	157.7
Contenido Humedad w%	8.3



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**LÍMITES DE ATTERBERG**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler

**FECHA DE INICIO:** 04-feb-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE** SM (Arena

**UBICACIÓN:** Salasaca - Ambato - Tungurahua.

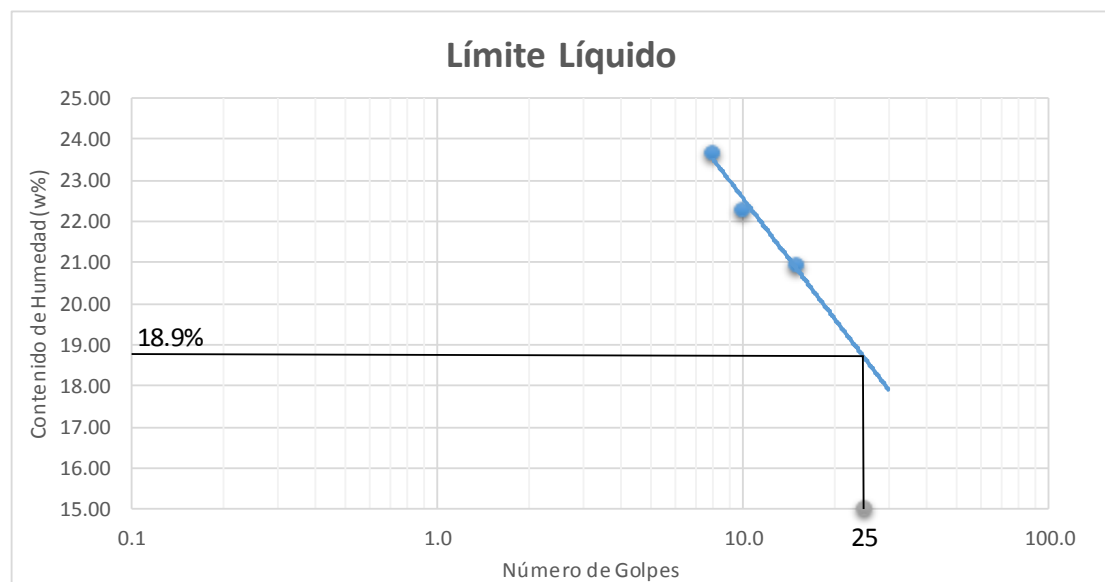
**MUESTRA:** Limosa)

**COORDENADAS:** 17 S, 770330, 9854056

**ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO**

	15		10		8	
Recipiente #	4-F	2-E	6-T	3-T	12-E	3-F
Peso Húmedo + recip ( <b>W<sub>m</sub> + rec</b> )	27.04	19.04	22.21	21.88	25.23	19.81
Peso seco + Recip ( <b>W<sub>s</sub> + rec</b> )	24.32	17.57	20.27	19.95	22.58	18.20
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	11.36	10.53	11.56	11.30	11.44	11.37
Peso del agua ( <b>W<sub>w</sub></b> )	2.72	1.47	1.94	1.93	2.65	1.61
Peso del suelo ( <b>W<sub>s</sub></b> )	12.96	7.04	8.71	8.65	11.14	6.83
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	20.99	20.88	22.27	22.31	23.79	23.57
Contenido de Humedad promedio	20.93		22.29		23.68	

**GRÁFICA DE LÍMITE LÍQUIDO**



**LÍMITES DE ATTERBERG**

**Límite Líquido:** 18.90%

**Límite Plástico:** No se puede determinar

**Índice Plástico:** No se puede determinar



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"**

**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler      **FECHA INICIO:** 08-feb-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**UBICACIÓN:** Salasaca - Ambato - Tungurahua.      **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** SM (Arena Limosa)

**COORDENADAS:** 17 S, 770330, 9854056

**ESPECIFICACIONES**

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13249	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volúmen del Molde	2280.27	cm <sup>3</sup>
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000

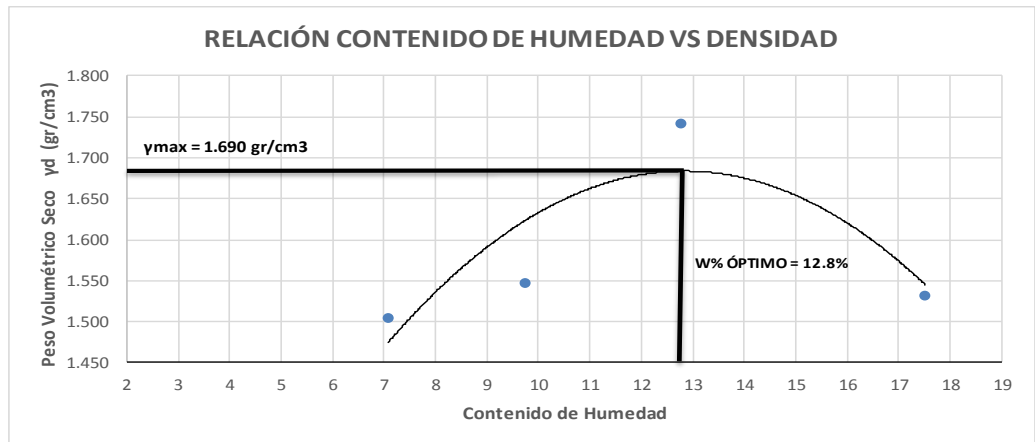
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	15
P. molde+Suelo húmedo (gr)	16906	17104	17708	17339
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3657	3855	4459	4090
Peso unitario húmedo γm (gr/cm <sup>3</sup> )	1.604	1.691	1.955	1.794

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente número	10	29	28	33	32	50	3	4
Peso del recipiente Wr	22.8	24.7	26.5	24.3	24.2	26	31.1	31.5
Rec+suelo húmedo Wr+Wm	154.3	172.8	150.6	156.7	147.9	163.5	144.8	146.9
Rec+suelo seco Ws + Wm	146.4	163.4	140	145.6	134.2	148.7	127.3	129.3
Peso solidos Ws	123.6	138.7	113.5	121.3	110	122.7	102.9	103.4
Peso del agua Ww	7.9	9.4	10.6	11.1	13.7	14.8	17.5	17.6
Cont. Humedad ω%	6.39	6.78	9.34	9.15	12.45	12.06	17.01	17.02
Cont. Humedad promedio ω%	6.58	9.25			12.26		17.01	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm <sup>3</sup> )	1.505	1.548			1.742		1.533	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

La máxima densidad alcanzada según la gráfica corresponde a **1,690gr/cm<sup>3</sup>**, la cual corresponde a un **contenido de humedad óptimo de 12,8 %**, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler

**FECHA INICIO:** 09-feb-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE**

**UBICACIÓN:** Salasaca - Ambato - Tungurahua.

**MUESTRA:**

SM (Arena Limosa)

**COORDENADAS:** 17 S, 770330, 9854056

**ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO**

<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 lb
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>	18"
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>	12.80

**ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.**

	1		2		3	
MOLDE	1		2		3	
Nº de Capas	5		5		5	
Nº de Golpes	56		27		11	
<b>Cond. Muestra</b>	<b>Antes del Remojo</b>	<b>Después del Remojo</b>	<b>Antes del Remojo</b>	<b>Después del Remojo</b>	<b>Antes del Remojo</b>	<b>Después del Remojo</b>
P. Hum. + Molde	19880.1	20131.9	19467.9	19858.7	19168.2	19654.6
Peso Molde	15473	15473	15448	15448	15473	15473
P. Húmedo	4407.1	4658.9	4019.9	4410.7	3695.2	4181.6
Volúmen Muestra	2310.60	2310.6	2303.30	2303.3	2310.60	2310.6
Densidad Humeda	1.907	2.016	1.745	1.915	1.599	1.810
Densidad Seca	1.693	1.707	1.529	1.561	1.414	1.441
Den. Seca Prom.	1.700		1.545		1.427	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente Nº	29	46	25	36	17	22
P. Hum. + Recipiente	139.9	100.3	163.2	104.4	129.4	116.7
P. Seco + Recipiente	126.9	88.9	146.8	90.9	117.5	98.3
Peso Recipiente	24.1	25.9	31.1	31.3	26.8	26.4
Peso Agua	13	11.4	16.4	13.5	11.9	18.4
Peso de Sólidos	102.8	63	115.7	59.6	90.7	71.9
Contenido Humedad %	12.65	18.10	14.17	22.65	13.12	25.59
Con. Hum. Prom. %	15.37		18.41		19.36	
Agua Absorbida	5.45		8.48		12.47	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO C.B.R.**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler

**FECHA INICIO:** 09-feb-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** SM (Arena Limosa)

**UBICACIÓN:** Salasaca - Ambato - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 770330, 9854056

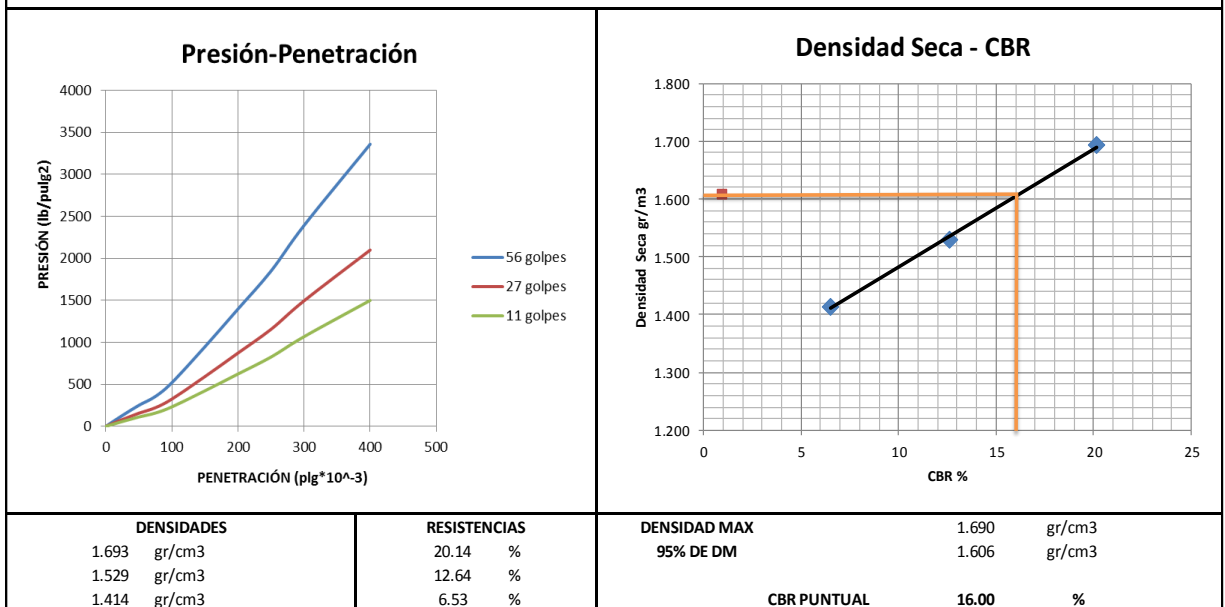
**ENSAYO C.B.R. DATOS DE ESPONJAMIENTO**

MOLDE		1					2					3				
FECHA	TIEMPO	LECTURA		h	ESPONJAMIENTO		LECTURA		h	ESPONJAMIENTO		LECTURA		h	ESPONJAMIENTO	
dia/mes/año	HORA	DÍAS	DIAL	Muestr	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	%		
			Pulg	Pulg	*10 <sup>-2</sup>		Pulg	Pulg			Pulg	Pulg				
09/02/2016	10:15	0	0.03	5	0	0	0.02	5	0	0	0.02	5	0	0		
10/02/2016	10:15	1	0.03		0.12	0.024	0.02		0.41	0.082	0.02		0.87	0.174		
11/02/2016	10:15	2	0.04		0.3	0.06	0.03		0.66	0.132	0.03		1.35	0.27		

**ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN**

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)						AREA DEL PISTÓN = 3 plg2	NORMA: ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)								
Molde Número		1					2					3				
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	
Min.	Seg.	mm	plg *10 <sup>-3</sup>	lb	Leida	Corregida		lb	Leida	Corregida		lb	Leida	Corregida		
					lb/pulg2		%		lb/pulg2		%		lb/pulg2		%	
0	30	0.64	25	166.8	55.60			0	0.00			0	0			
1	0	1.27	50	338.0	112.66			130.9	43.62			36.8	12.26			
1	30	1.91	75	515.8	171.93			241.5	80.49			43.2	14.39			
2	0	2.54	100	604.2	201.40	20.14		355.8	118.61			48.3	16.08			
3	0	3.81	150	1079.2	359.72			379.2	126.40	126.40	12.64	195.9	65.30	65.30	6.53	
4	0	5.08	200	1393.6	464.52			666.3	222.09			66.3	22.11			
5	0	6.35	250	1726.0	575.35			853.8	284.59			76.7	25.56			
6	0	7.62	300	1882.0	627.35			984.2	328.07			86.8	28.94			
8	0	10.16	400	2331.3	777.10			1096.4	365.45			93.2	31.07			
10	0	12.70	500	2744.6	914.87			1366.5	455.49			115.9	38.63			
<b>CBR Corregido</b>							<b>20.14</b>					<b>12.64</b>			<b>6.53</b>	

**GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.**



## **MUESTRA # 3**

### **Descripción de la Muestra:**

Descripción Visual: Tierra Negra

Clasificación SUCS: ML – Limo de baja plasticidad

### **Ubicación:**

Provincia: Tungurahua

Cantón: Mocha

Parroquia: Pinguilí

Ubicación Georeferenciada: 17 S, 760342, 9845100



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**GRANULOMETRÍA DE SUELOS**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler

**FECHA DE INICIO:** 11-feb-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** ML (Limo de baja plasticidad)

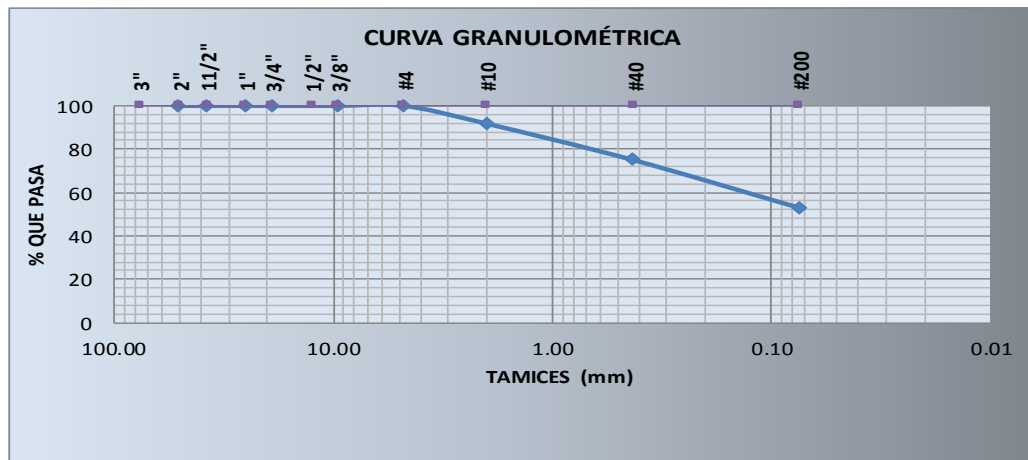
**UBICACIÓN:** Pinguilí - Mocha - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 760342, 9845100

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS**

TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	100.00
#4	4.76	0.00	0.00	100.00
PASA #4		0.00	0.00	
#10	2.00	40.90	8.18	91.82
#40	0.43	124.50	24.90	75.10
#200	0.075	234.70	46.94	53.06
PASA #200		265.30	53.06	
TOTAL		500.00		
Peso cuarteo antes del lavado (gr)			500.00	
Peso cuarteo después del lavado (gr)			265.30	
Total - Diferencia (gr)			234.70	

**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**



**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente #	39
Recip+S. húmedo	108.0
Recip+S. Seco	97.3
Peso recipiente	30.9
Peso de agua	10.7
Peso suelo seco	66.4
Contenido Humedad w%	16.1

**CLASIFICACIÓN SEGÚN EL SUCS**

ML (Limo - Baja Plasticidad)



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**LÍMITES DE ATTERBERG**



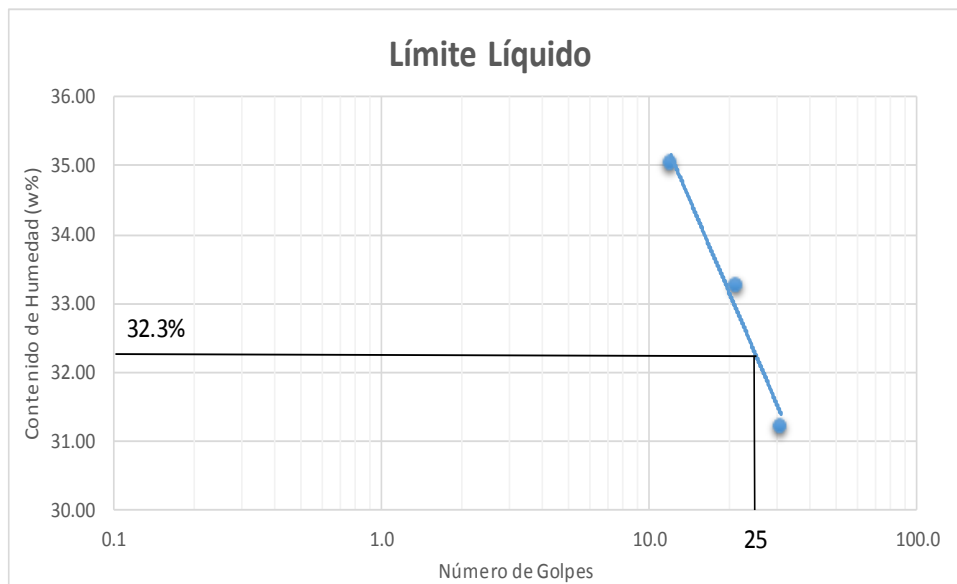
**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler **FECHA DE INICIO:** 11-feb-16  
**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** ML (Limo de baja plasticidad)  
**UBICACIÓN:** Pinguilí - Mocha - Tungurahua.  
**COORDENADAS:** 17 S, 760342, 9845100

**ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO**

	31		21		12	
Recipiente #	12-E	2-E	8-T	2-T	11-E	3-T
Peso Húmedo + recip ( <b>Wm + rec</b> )	30.31	29.20	27.91	28.08	27.50	26.48
Peso seco + Recip ( <b>Ws + rec</b> )	25.80	24.78	23.71	24.01	23.29	22.36
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	11.44	10.53	11.33	11.53	11.56	10.30
Peso del agua ( <b>Ww</b> )	4.51	4.42	4.20	4.07	4.21	4.12
Peso del suelo ( <b>Ws</b> )	14.36	14.25	12.38	12.48	11.73	12.06
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	31.41	31.02	33.93	32.61	35.89	34.16
Contenido de Humedad promedio	31.21		33.27		35.03	

**GRÁFICA DE LÍMITE LÍQUIDO**



**LÍMITES DE ATTERBERG**

**Límite Líquido:** 32.30%  
**Límite Plástico:** No se puede determinar  
**Índice Plástico:** No se puede determinar





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler **FECHA INICIO:** 15-feb-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** ML (Limo de baja plasticidad)

**UBICACIÓN:** Pinguilí - Mocha - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 760342, 9845100

**ESPECIFICACIONES**

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	14588	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volúmen del Molde	2315.41	cm3
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	6000

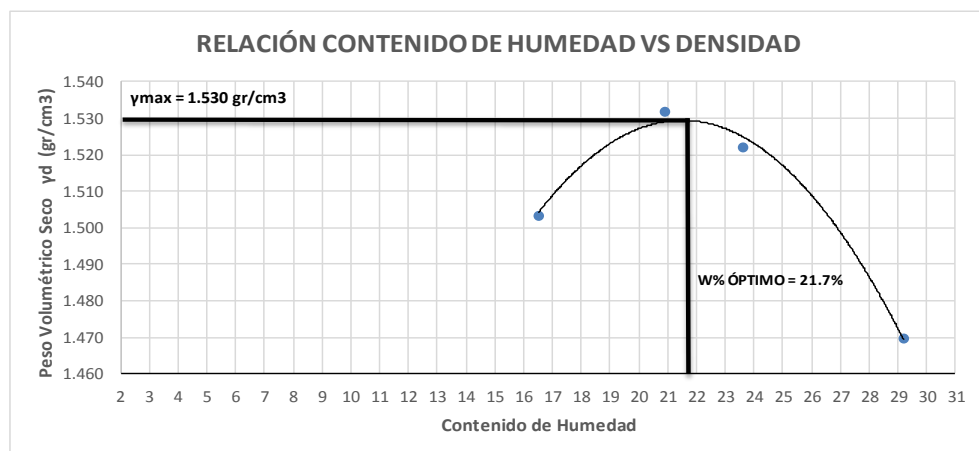
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	15
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18626.1	18859.9	18927.2	18968
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4038.1	4271.9	4339.2	4380
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm3)	1.744	1.845	1.874	1.892

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente número	17	11	23	39	30	33	21	10
Peso del recipiente $W_r$	30.4	30.2	30.9	30.9	30.9	30.9	30.7	30.5
Rec+suelo húmedo $W_r+W_m$	140	143.1	141.9	139.8	136.1	131.3	137.9	139.1
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	124.8	127.6	122.8	121.6	116.3	112.5	108.6	109.2
Peso solidos $W_s$	94.4	97.4	91.9	90.7	85.4	81.6	102.9	103.4
Peso del agua $W_w$	15.2	15.5	19.1	18.2	19.8	18.8	29.3	29.9
Cont. Humedad $\omega\%$	16.10	15.91	20.78	20.07	23.19	23.04	28.47	28.92
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	16.01	20.42	23.11	28.70				
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm3)	1.503	1.532	1.522	1.470				

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

La máxima densidad alcanzada según la gráfica corresponde a **1,530gr/cm3**, la cual corresponde a un **contenido de humedad óptimo de 21.7 %**, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO C.B.R.**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler

**FECHA INICIO:** 15-feb-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** ML (Limo de baja plasticidad)

**UBICACIÓN:** Pingüilí - Mocha - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 760342, 9845100

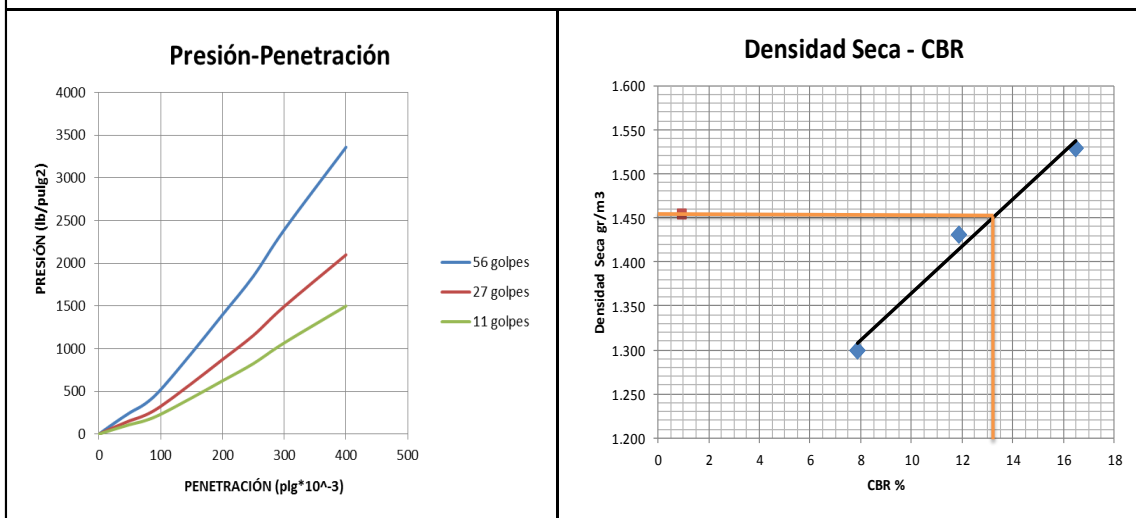
**ENSAYO C.B.R. DATOS DE ESPONJAMIENTO**

MOLDE			1				2				3									
FECHA		TIEMPO	LECTURA		h	ESPONJAMIENTO			LECTURA		h	ESPONJAMIENTO			LECTURA		h	ESPONJAMIENTO		
día/mes/año	HORA	DÍAS	DIAL	Muestr	Pulg	%	Pulg	Pulg	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	%		
			Pulg	Pulg	*10 <sup>-2</sup>		Pulg	Pulg			Pulg	Pulg			Pulg	Pulg				
15/02/2016	15:25	0	0.01	5	0	0	0.02	5	0	0	0.01	5	0	0	0.01	5	0	0		
16/02/2016	15:25	1	0.05		2.51	0.502	0.04		2.45	0.49	0.03		2.34	0.468						
17/02/2016	15:25	2	0.07		3.95	0.79	0.06		3.81	0.762	0.05		3.59	0.718						

**ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN**

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2	NORMA: ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)								
Molde Número				1			2			3					
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	mm	plg *10 <sup>-3</sup>	lb	Leida	Corregida		lb	Leida	Corregida		lb	Leida	Corregida	
		0	0	0	0		%	0	0.00		%	0	0		%
0	30	0.64	25	132.6	44.20			130.5	43.50			100.2	33.40		
1	0	1.27	50	170.1	56.70			178.8	59.60			148.8	49.60		
1	30	1.91	75	301.5	100.50			298.2	99.40			180.3	60.10		
2	0	2.54	100	494.4	164.80	164.80	16.48	356.7	118.90	118.90	11.89	236.7	78.90	78.90	7.89
3	0	3.81	150	693.3	231.10			520.2	173.40			276.9	92.30		
4	0	5.08	200	718.5	239.50			677.1	225.70			376.8	125.60		
5	0	6.35	250	1006.8	335.60			959.1	319.70			437.7	145.90		
6	0	7.62	300	1337.1	445.70			1120.5	373.50			507.6	169.20		
8	0	10.16	400	1582.5	527.50			1310.7	436.90			572.1	190.70		
10	0	12.70	500	1676.7	558.90			1492.8	497.60			686.1	228.70		
<b>CBR Corregido</b>							<b>16.48</b>				<b>11.89</b>				<b>7.89</b>

**GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.**



<b>DENSIDADES</b>	<b>RESISTENCIAS</b>	<b>DENSIDAD MAX</b>	1.530	gr/cm3
1.529	16.48	<b>95% DE DM</b>	1.454	gr/cm3
1.431	11.89	<b>CBR PUNTUAL</b>	<b>13.20</b>	%
1.299	7.89			

## **MUESTRA # 4**

### **Descripción de la Muestra:**

Descripción Visual: Tierra Negra

Clasificación SUCS: ML – Limo de baja plasticidad

### **Ubicación:**

Provincia: Tungurahua

Cantón: Mocha

Parroquia: Pinguilí

Ubicación Georeferenciada: 17 S, 762273, 9845536



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**GRANULOMETRÍA DE SUELOS**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler

**FECHA DE INICIO:** 18-feb-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**UBICACIÓN:** Pinguilí - Mocha - Tungurahua.

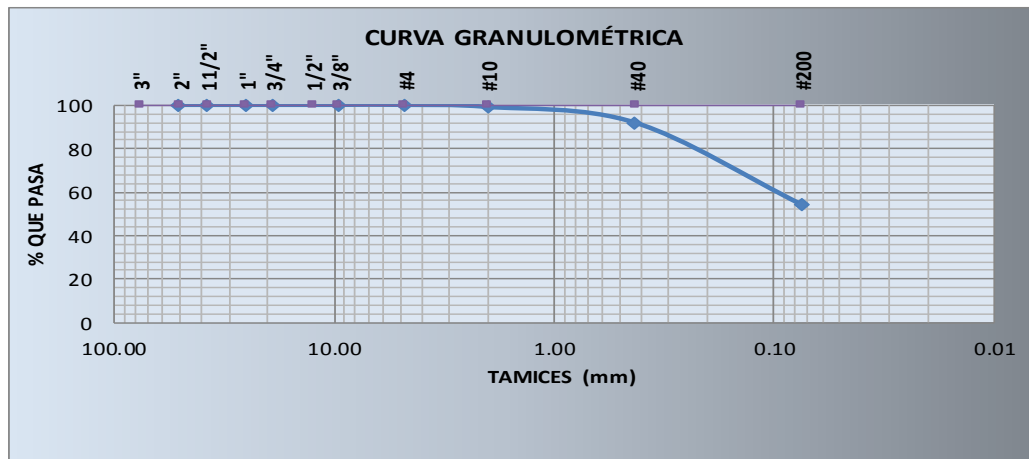
**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** ML (Limo de baja plasticidad)

**COORDENADAS:** 17 S, 762273, 9845536

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS**

TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	100.00
#4	4.76	0.00	0.00	100.00
PASA #4		0.00	0.00	
#10	2.00	4.70	0.94	99.06
#40	0.43	40.56	8.11	91.89
#200	0.075	229.15	45.83	54.17
PASA #200		270.85	54.17	
TOTAL		500.00		
Peso cuarteo antes del lavado (gr)		500.00		
Peso cuarteo después del lavado (gr)		270.85		
Total - Diferencia (gr)		229.15		

**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**



**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente #	27
Recip+S. húmedo	203.53
Recip+S. Seco	184.25
Peso recipiente	31.6
Peso de agua	19.28
Peso suelo seco	152.65
Contenido Humedad w%	12.63

**CLASIFICACIÓN SEGÚN EL SUCS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**LÍMITES DE ATTERBERG**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler

**FECHA DE INICIO:** 18-feb-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** ML (Limo de baja plasticidad)

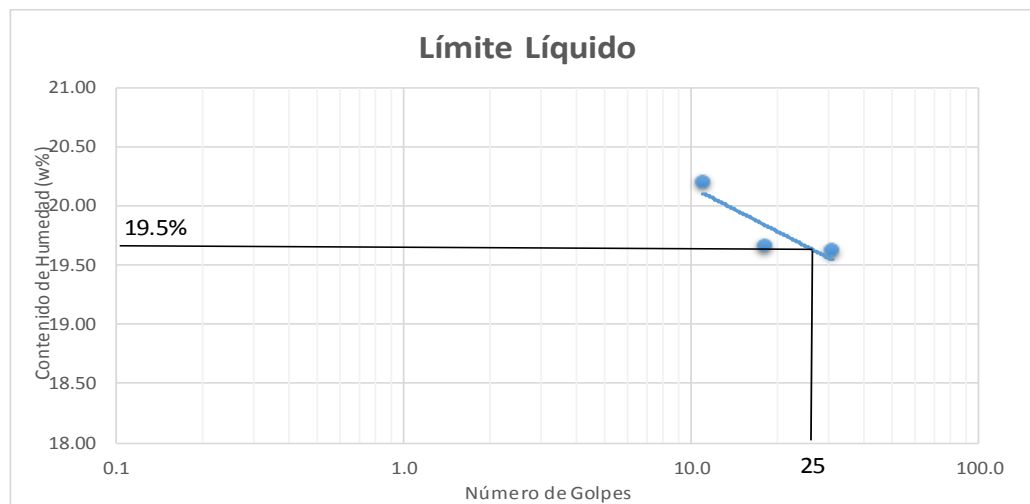
**UBICACIÓN:** Pinguilí - Mocha - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 762273, 9845536

**ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO**

	31		18		11	
Recipiente #	12-E	2-E	8-T	2-E	6-T	4-F
Peso Húmedo + recip ( <b>Wm + rec</b> )	19.85	25.39	20.80	20.23	24.58	18.24
Peso seco + Recip ( <b>Ws + rec</b> )	18.50	22.90	19.25	18.63	22.40	17.10
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	11.44	10.53	11.33	10.53	11.56	11.48
Peso del agua ( <b>Ww</b> )	1.35	2.49	1.55	1.60	2.18	1.14
Peso del suelo ( <b>Ws</b> )	7.06	12.37	7.92	8.10	10.84	5.62
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	19.12	20.13	19.57	19.75	20.11	20.28
Contenido de Humedad promedio	19.63		19.66		20.20	

**GRÁFICA DE LÍMITE LÍQUIDO**



**ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE PLÁSTICO**

Recipiente #	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
Peso Húmedo + recip ( <b>Wm + rec</b> )	5.04	5.35	6.14	5.49	5.34	6.06
Peso seco + Recip ( <b>Ws + rec</b> )	4.94	5.20	5.86	5.31	5.21	5.80
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	4.40	4.37	4.34	4.35	4.46	4.41
Peso del agua ( <b>Ww</b> )	0.10	0.15	0.28	0.18	0.13	0.26
Peso del suelo ( <b>Ws</b> )	0.54	0.83	1.52	0.96	0.75	1.39
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	18.52	18.07	18.42	18.75	17.33	18.71
Contenido de Humedad promedio	18.30					

**LÍMITES DE ATTERBERG**

**Límite Líquido:** 19.50%  
**Límite Plástico:** 18.30%  
**Índice Plástico:** 1.20%



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"**

**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler      **FECHA INICIO:** 22-feb-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez      **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** ML (Limo de baja plasticidad)

**UBICACIÓN:** Pinguilí - Mocha - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 762273, 9845536

**ESPECIFICACIONES**

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	14588	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volúmen del Molde	2315.41	cm <sup>3</sup>
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

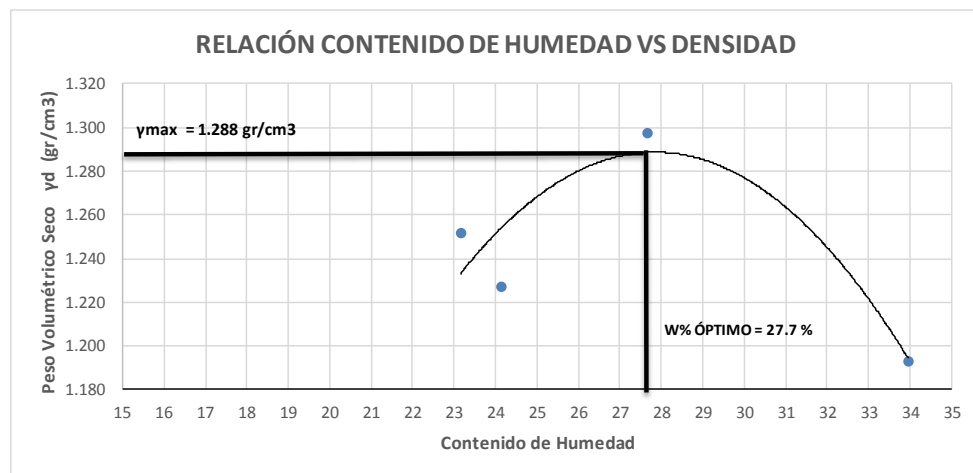
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	15
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18157.6	18115.9	18423.5	18288.7
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3569.6	3527.9	3835.5	3700.7
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.542	1.524	1.657	1.598

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente número	3	23	28	33	4	32	22	5
Peso del recipiente $W_r$	31.1	30.9	26.5	24.3	24.3	27.7	26.2	25.1
Rec+suelo húmedo $W_r+W_m$	119.33	102.63	114.19	94.6	99.85	116.44	144.51	110.91
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	102.76	89.13	97.31	80.8	84.15	96.44	114.93	88.87
Peso sólidos $W_s$	71.66	58.23	70.81	56.5	59.85	68.74	88.73	63.77
Peso del agua $W_w$	16.57	13.5	16.88	13.8	15.7	20	29.58	22.04
Cont. Humedad $\omega\%$	23.12	23.18	23.84	24.42	26.23	29.10	33.34	34.56
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	23.15	24.13	27.66	33.95				
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.252	1.227	1.298	1.193				

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

La **máxima densidad alcanzada** según la gráfica corresponde a **1,288gr/cm<sup>3</sup>**, la cual corresponde a un **contenido de humedad óptimo de 27.7 %**, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler **FECHA INICIO:** 23-feb-16  
**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** ML (Limo de baja plasticidad)  
**UBICACIÓN:** Pingulí - Mocha - Tungurahua.  
**COORDENADAS:** 17 S, 762273, 9845536

**ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO**

<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 lb
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>	18"
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):</b>	27.70

**ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.**

MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde	19226.1	19413.9	19072.5	19317.5	18913.6	19261.4
Peso Molde	15473	15473	15448	15448	15473	15473
P. Húmedo	3753.1	3940.9	3624.5	3869.5	3440.6	3788.4
Volúmen Muestra	2310.60	2310.6	2303.30	2303.3	2310.60	2310.6
Densidad Humeda	1.624	1.706	1.574	1.680	1.489	1.640
Densidad Seca	1.256	1.245	1.216	1.182	1.146	1.116
Den. Seca Prom.	1.251		1.199		1.131	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente N°	29	46	25	36	17	22
P. Hum. + Recipiente	151.7	114.1	159.2	102.8	141.8	113.8
P. Seco + Recipiente	122.8	90.3	130.1	81.6	115.3	85.9
Peso Recipiente	24.1	25.9	31.1	31.3	26.8	26.4
Peso Agua	28.9	23.8	29.1	21.2	26.5	27.9
Peso de Sólidos	98.7	64.4	99	50.3	88.5	59.5
Contenido Humedad %	29.28	36.96	29.39	42.15	29.94	46.89
Con. Hum. Prom. %	33.12		35.77		38.42	
Agua Absorbida	7.68		12.75		16.95	





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO C.B.R.**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler

**FECHA INICIO:** 23-feb-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** ML (Limo de baja plasticidad)

**UBICACIÓN:** Pinguilí - Mocha - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 762273, 9845536

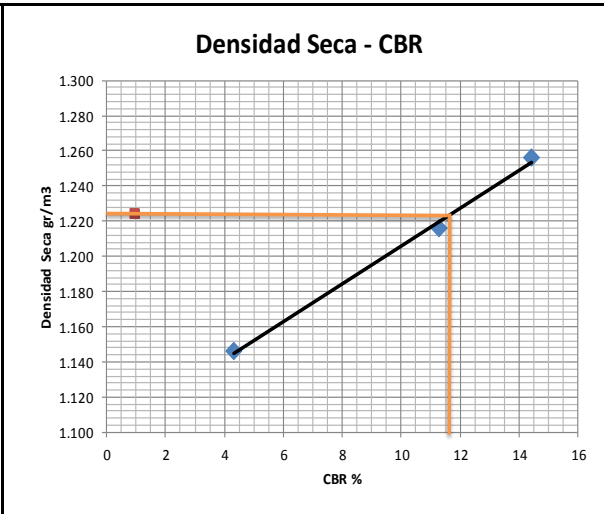
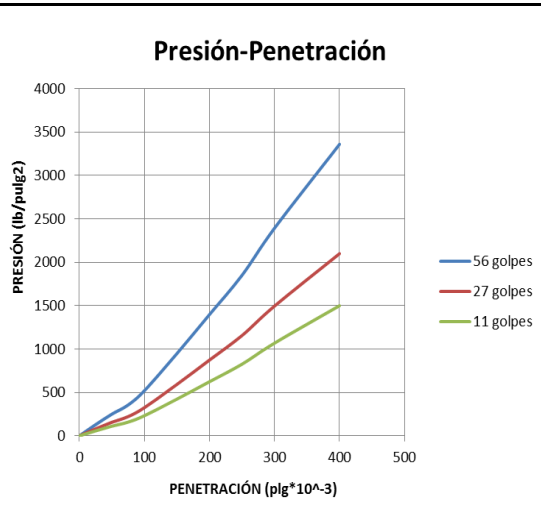
**ENSAYO C.B.R. DATOS DE ESPONJAMIENTO**

MOLDE			1				2				3						
FECHA	TIEMPO		LECTURA		h	ESPONJAMIENTO		LECTURA		h	ESPONJAMIENTO		LECTURA		h	ESPONJAMIENTO	
	día/mes/año	HORA	DÍAS	DIAL		Muestr	Pulg	%	DIAL		Muestr	Pulg	%	DIAL		Muestr	Pulg
23/02/2016	9:30	0	0.01	5	0	0	0	0.01	5	0	0	0	0.02	5	0	0	
24/02/2016	9:30	1	0.04		2.78	0.556	0.04		2.95	0.59	0.05		1.95	0.39			
25/02/2016	9:30	2	0.06		4.35	0.87	0.06		4.38	0.876	0.06		3.79	0.758			

**ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN**

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)				AREA DEL PISTÓN = 3 plg2		NORMA: ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)							
Molde Número				1				2				3			
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	mm	plg *10^-3		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
				lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%
0	30	0	0	0	0			0	0.00			0	0		
1	0	0.64	25	85.5	28.50			80.0	26.66			51.8	17.26		
1	30	1.27	50	190.6	63.53			173.0	57.65			87.7	29.23		
1	30	1.91	75	308.7	102.89			264.0	87.98			108.8	36.28		
2	0	2.54	100	433.4	144.46	144.46	14.45	338.4	112.81	112.81	11.28	129.3	43.11	43.11	4.31
3	0	3.81	150	510.9	170.31			461.4	153.79			153.1	51.04		
4	0	5.08	200	904.2	301.41			553.0	184.34			172.3	57.43		
5	0	6.35	250	1071.2	357.08			624.6	208.21			187.9	62.65		
6	0	7.62	300	1131.8	377.27			664.7	221.58			199.8	66.61		
8	0	10.16	400	1316.0	438.67			777.5	259.18			226.7	75.57		
10	0	12.70	500	1465.4	488.47			862.6	287.53			261.3	87.10		
<b>CBR Corregido</b>							<b>14.45</b>				<b>11.28</b>				<b>4.31</b>

**GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.**



DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1.256	gr/cm3	14.45	%	1.288	gr/cm3	1.224	gr/cm3	11.60	%
1.216	gr/cm3	11.28	%						
1.146	gr/cm3	4.31	%						

## **MUESTRA # 5**

### **Descripción de la Muestra:**

Descripción Visual: Cangahua

Clasificación SUCS: SM – Arena limosa

### **Ubicación:**

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia: Quisapincha

Ubicación Georeferenciada: 17 S, 757767, 9863205



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**GRANULOMETRÍA DE SUELOS**



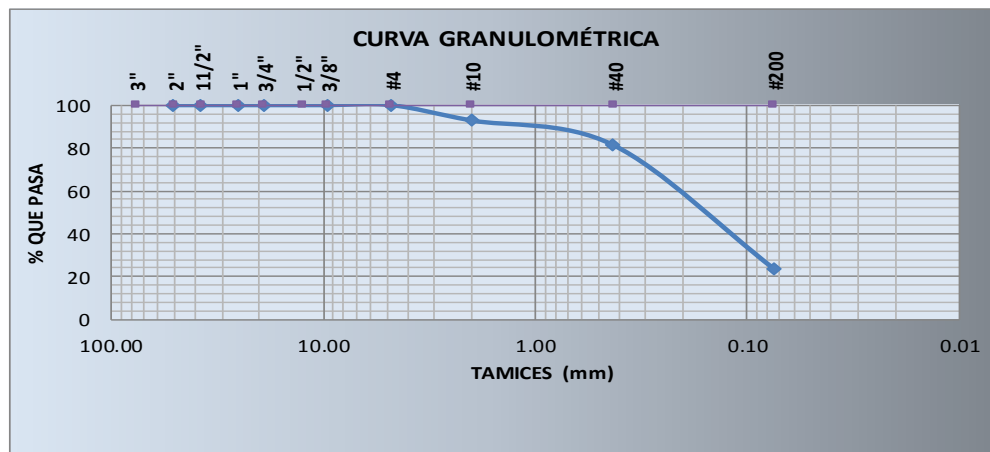
**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler      **FECHA DE INICIO:** 24-feb-16  
**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez  
**UBICACIÓN:** Quisapincha - Ambato - Tungurahua.      **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CANGAHUA SM (Arena Limosa)  
**COORDENADAS:** 17 S, 757767, 9863205

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS**

TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	100.00
#4	4.76	0.00	0.00	100.00
PASA #4		0.00	0.00	
#10	2.00	35.60	7.12	92.88
#40	0.43	92.50	18.50	81.50
#200	0.075	380.60	76.12	23.88
PASA #200		119.40	23.88	
<b>TOTAL</b>		<b>500.00</b>		
Peso cuarteo antes del lavado (gr)			500.00	
Peso cuarteo después del lavado (gr)			439.70	
Total - Diferencia (gr)			60.30	

**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**



**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente #	39
Recip+S. húmedo	102.9
Recip+S. Seco	94.7
Peso recipiente	31.5
Peso de agua	8.2
Peso suelo seco	63.2
Contenido Humedad w%	13.0

**CLASIFICACIÓN SEGÚN EL SUCS**

SM (Arena Limosa)



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**LÍMITES DE ATTERBERG**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

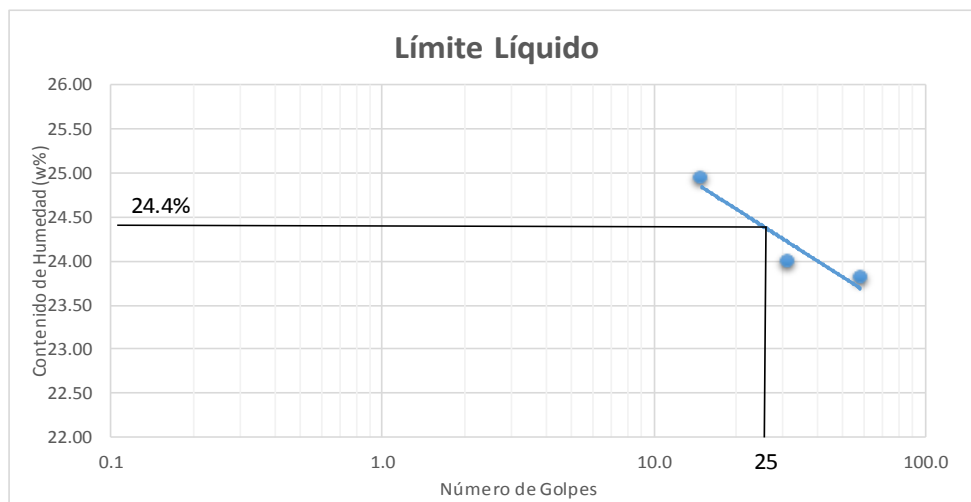
**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler  
**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez  
**UBICACIÓN:** Quisapincha - Ambato - Tungurahua.  
**COORDENADAS:** 17 S, 757767, 9863205

**FECHA DE INICIO:** 24-feb-16  
**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CANGAHUA SM (Arenas Límicas)

**ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO**

	58		31		15	
Recipiente #	6-T	8-T	11-E	4-F	12-E	3-T
Peso Húmedo + recip ( <b>Wm + rec</b> )	22.96	22.13	24.96	22.88	22.64	21.10
Peso seco + Recip ( <b>Ws + rec</b> )	20.76	20.06	22.36	20.68	20.34	19.20
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	11.56	11.33	11.56	11.48	11.44	11.30
Peso del agua ( <b>Ww</b> )	2.20	2.07	2.60	2.20	2.30	1.90
Peso del suelo ( <b>Ws</b> )	9.20	8.73	10.80	9.20	8.90	7.90
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	23.91	23.71	24.07	23.91	25.84	24.05
Contenido de Humedad promedio	23.81		23.99		24.95	

**GRÁFICA DE LÍMITE LÍQUIDO**



**ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE PLÁSTICO**

Recipiente #	A-4	A-3	A-6	A-5	A-1	A-2
Peso Húmedo + recip ( <b>Wm + rec</b> )	6.25	6.44	6.51	6.91	6.20	6.37
Peso seco + Recip ( <b>Ws + rec</b> )	5.85	6.04	6.20	6.46	5.80	5.97
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	4.35	4.34	4.41	4.46	4.40	4.37
Peso del agua ( <b>Ww</b> )	0.40	0.40	0.31	0.45	0.40	0.40
Peso del suelo ( <b>Ws</b> )	1.50	1.70	1.79	2.00	1.40	1.60
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	26.67	23.53	17.32	22.50	28.57	25.00
Contenido de Humedad promedio	23.93					

**LÍMITES DE ATTERBERG**

**Límite Líquido:** 24.40%  
**Límite Plástico:** 23.93%  
**Índice Plástico:** 0.47%



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"**

**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler **FECHA INICIO:** 29-feb-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CANGAHUA SM (Arena Limosa)

**UBICACIÓN:** Quisapincha - Ambato - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 757767, 9863205

**ESPECIFICACIONES**

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13249	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volúmen del Molde	2280.27	cm <sup>3</sup>
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	

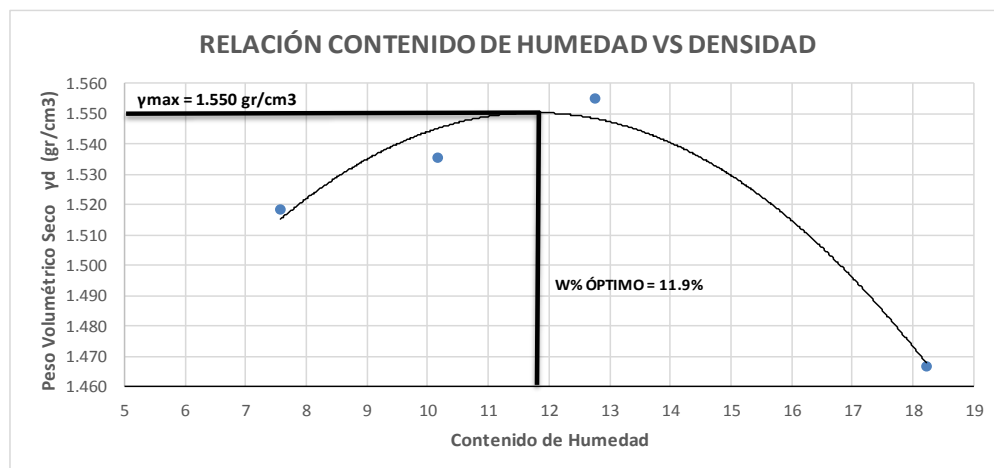
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	15
P. molde+Suelo húmedo (gr)	16974.9	17107.2	17248.5	17202.9
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3725.9	3858.2	3999.5	3953.9
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.634	1.692	1.754	1.734

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente número	33	5	21	39	10	32	28	4
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	24.3	25.1	30.7	30.9	30.5	27.7	26.5	24.3
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	100.5	99.4	96.3	97.5	89.6	95.8	95.8	104.2
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	95.1	94.2	90.3	91.3	82.9	88.1	85.2	91.8
Peso sólidos W <sub>s</sub>	70.8	69.1	59.6	60.4	52.4	60.4	58.7	67.5
Peso del agua W <sub>w</sub>	5.4	5.2	6	6.2	6.7	7.7	10.6	12.4
Cont. Humedad $\omega$ %	7.63	7.53	10.07	10.26	12.79	12.75	18.06	18.37
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	7.58		10.17		12.77		18.21	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.519		1.536		1.555		1.467	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

La **máxima densidad alcanzada** según la gráfica corresponde a **1,550gr/cm<sup>3</sup>**, la cual corresponde a un **contenido de humedad óptimo de 11.9 %**, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO C.B.R.**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler

**FECHA INICIO:** 01-mar-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CANGAHUA  
SM (Arena Limosa)

**UBICACIÓN:** Quisapincha - Ambato - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 757767, 9863205

**ENSAYO C.B.R. DATOS DE ESPONJAMIENTO**

MOLDE		1				2				3								
FECHA	TIEMPO	LECTURA		h	ESPONJAMIENTO		LECTURA		h	ESPONJAMIENTO		LECTURA		h	ESPONJAMIENTO			
día/mes/año	HORA	DÍAS	DIAL	Muestr	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	%
01/03/2016	10:15	0	0.7	5	0	0	1.2	5	1.252	0.2504	0.5	5	0	0				
02/03/2016	10:15	1	0.7		0.98	0.196	1.2		1.284	0.2568	0.6		0.29	0.058				
03/03/2016	10:15	2	0.7		3.7	0.74	1.3		1.31	0.262	0.6		4.3	0.86				

**ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN**

**Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)**

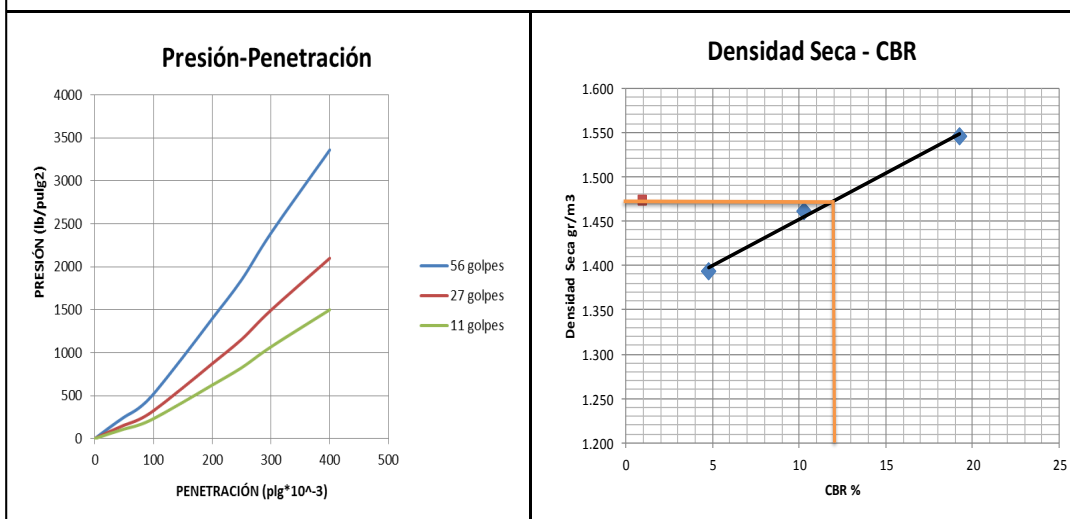
AREA DEL PISTÓN = 3 plg2

NORMA: ASTM D-1883

VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)

Molde Número		1					2					3				
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	
Min.	Seg.	mm	plg *10^-3		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida		
				lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%	
0	30	0	0	0	0			0	0.00			0	0			
1	0	0.64	25	48.5	35.60			45.2	33.20			44.3	32.50			
1	0	1.27	50	70.0	51.40			59.8	43.90			52.6	38.60			
1	30	1.91	75	108.2	79.50			77.2	56.70			61.0	44.80			
2	0	2.54	100	262.0	192.40	19.24		139.7	102.60	10.26		64.8	47.60	4.76		
3	0	3.81	150	338.6	248.70			165.2	121.30			87.0	63.90			
4	0	5.08	200	497.3	365.20			184.5	135.50			102.0	74.90			
5	0	6.35	250	636.1	467.20			225.5	165.60			114.6	84.20			
6	0	7.62	300	788.5	579.10			261.8	192.30			127.4	93.60			
8	0	10.16	400	1019.8	749.00			336.3	247.00			149.9	110.10			
10	0	12.70	500	1196.0	878.40			401.5	294.90			172.1	126.40			
<b>CBR Corregido</b>						<b>19.24</b>				<b>10.26</b>					<b>4.76</b>	

**GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.**



DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1.546	gr/cm3	19.24	%	1.550	gr/cm3	1.473	gr/cm3	12.00	%
1.461	gr/cm3	10.26	%						
1.394	gr/cm3	4.76	%						

## **MUESTRA # 6**

### **Descripción de la Muestra:**

Descripción Visual: Cangahua

Clasificación SUCS: SM – Arena limosa

### **Ubicación:**

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia: Quisapincha

Ubicación Georeferenciada: 17 S, 756807, 9863704





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**GRANULOMETRÍA DE SUELOS**



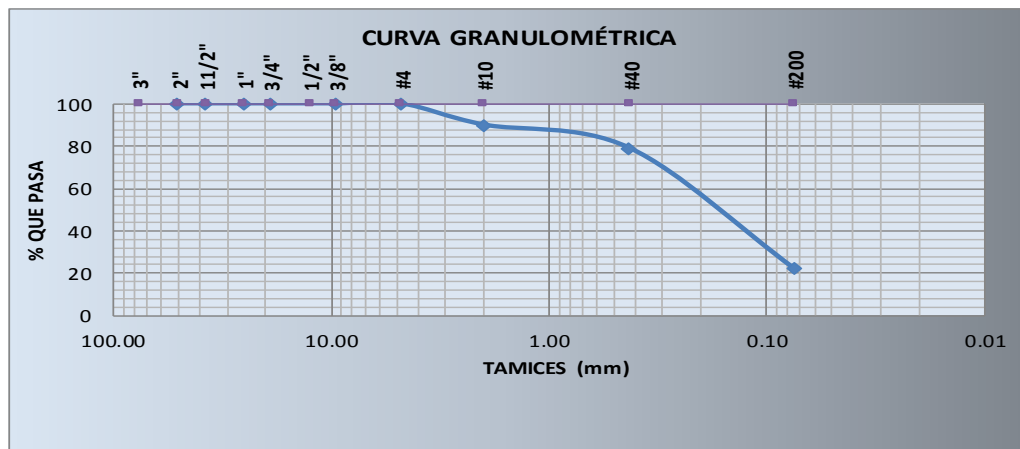
**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler      **FECHA DE INICIO:** 03-mar-16  
**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez  
**UBICACIÓN:** Quisapincha - Tungurahua.      **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CANGAHUA SM (Arena Limosa)  
**COORDENADAS:** 17 S, 756807, 9863704

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS**

TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	100.00
#4	4.76	0.00	0.00	100.00
PASA #4		0.00	0.00	
#10	2.00	49.80	9.96	90.04
#40	0.43	104.30	20.86	79.14
#200	0.075	389.40	77.88	22.12
PASA #200		110.60	22.12	
TOTAL		500.00		
Peso cuarteo antes del lavado (gr)			500.00	
Peso cuarteo después del lavado (gr)			440.50	
Total - Diferencia (gr)			59.50	

**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**



**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente #	17
Recip+S. húmedo	110.6
Recip+S. Seco	97.6
Peso recipiente	30.9
Peso de agua	13
Peso suelo seco	66.7
Contenido Humedad w%	19.49

**CLASIFICACIÓN SEGÚN EL SUCS**

SM (Arena Limosa)



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**LÍMITES DE ATTERBERG**



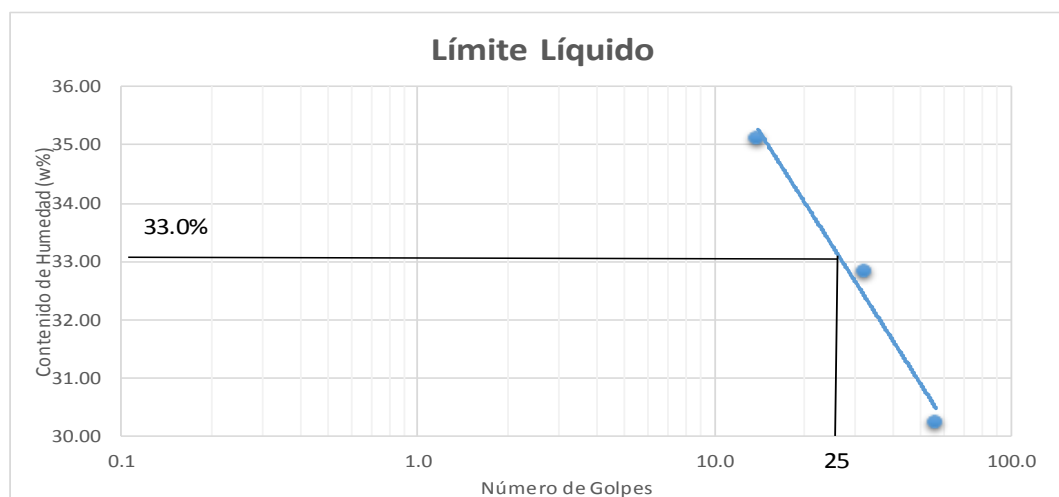
**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler      **FECHA DE INICIO:** 03-mar-16  
**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez      **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CANGAHUA SM (Arena Limosa)  
**UBICACIÓN:** Quisapincha - Ambato - Tungurahua.  
**COORDENADAS:** 17 S, 756807, 9863704

**ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO**

Recipiente #	56		32		14	
	3-T	12-E	6-T	2-E	11-E	8-T
Peso Húmedo + recip ( <b>Wm + rec</b> )	18.60	22.24	19.96	19.53	20.46	22.43
Peso seco + Recip ( <b>Ws + rec</b> )	16.90	19.74	17.86	17.33	18.16	19.53
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	11.30	11.44	11.56	10.53	11.56	11.33
Peso del agua ( <b>Ww</b> )	1.70	2.50	2.10	2.20	2.30	2.90
Peso del suelo ( <b>Ws</b> )	5.60	8.30	6.30	6.80	6.60	8.20
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	30.36	30.12	33.33	32.35	34.85	35.37
Contenido de Humedad promedio	30.24		32.84		35.11	

**GRÁFICA DE LÍMITE LÍQUIDO**



**ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE PLÁSTICO**

Recipiente #	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
Peso Húmedo + recip ( <b>Wm + rec</b> )	5.80	5.57	5.44	6.15	5.86	5.81
Peso seco + Recip ( <b>Ws + rec</b> )	5.47	5.27	5.20	5.75	5.50	5.47
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	4.40	4.37	4.34	4.35	4.46	4.41
Peso del agua ( <b>Ww</b> )	0.33	0.30	0.24	0.40	0.36	0.34
Peso del suelo ( <b>Ws</b> )	1.07	0.90	0.86	1.40	1.04	1.06
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	30.84	33.33	27.91	28.57	34.62	32.08
Contenido de Humedad promedio	31.22					

**LÍMITES DE ATTERBERG**

**Límite Líquido:** 33.00%  
**Límite Plástico:** 31.22%  
**Índice Plástico:** 1.78%



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"**

**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler  
**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez  
**UBICACIÓN:** Quisapincha - Ambato - Tungurahua.  
**COORDENADAS:** 17 S, 756807, 9863704

**FECHA INICIO:** 07-mar-16  
**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CANGAHUA SM (Arena Limosa)

**ESPECIFICACIONES**

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13249	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volúmen del Molde	2280.27	cm <sup>3</sup>
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

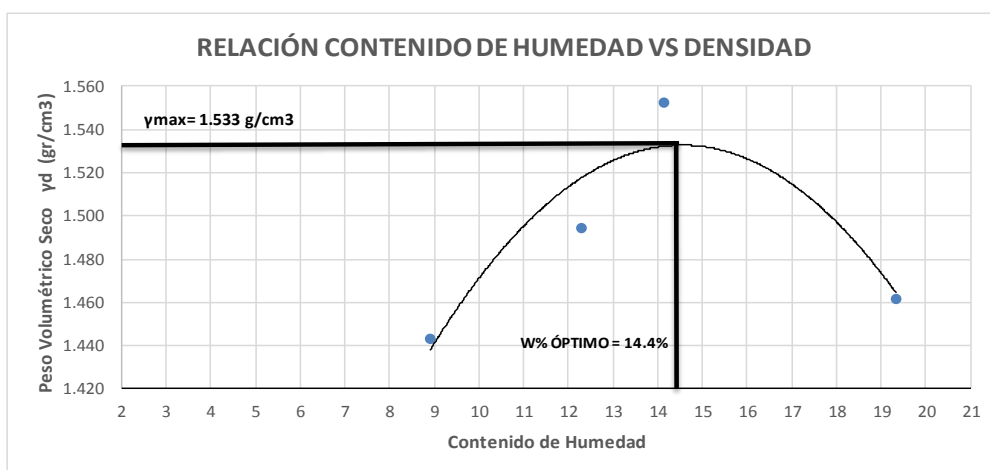
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	15
P. molde+Suelo húmedo (gr)	16818.1	17059.8	17271.9	17210.4
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3569.1	3810.8	4022.9	3961.4
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.565	1.671	1.764	1.737

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente número	28	33	4	3	32	39	30	50
Peso del recipiente $W_r$	26.5	24.3	24.3	31.1	24.2	30.9	30.9	26
Rec+suelo húmedo $W_r+W_m$	89.1	98.4	82.4	89.5	72	95.8	89.3	78.57
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	83.7	93.3	76.2	83.4	66.2	88.1	80.1	70.2
Peso sólidos $W_s$	57.2	69	51.9	52.3	42	57.2	49.2	44.2
Peso del agua $W_w$	5.4	5.1	6.2	6.1	5.8	7.7	9.2	8.37
Cont. Humedad $\omega\%$	9.44	7.39	11.95	11.66	13.81	13.46	18.70	18.94
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	8.42		11.80		13.64		18.82	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.444		1.495		1.553		1.462	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

La máxima densidad alcanzada según la gráfica corresponde a **1,533gr/cm<sup>3</sup>**, la cual corresponde a un **contenido de humedad óptimo de 14.4 %**, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO C.B.R.**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler

**FECHA INICIO:** 08-mar-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CANGAHUA  
SM (Arena Limosa)

**UBICACIÓN:** Quisapincha - Ambato - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 756807, 9863704

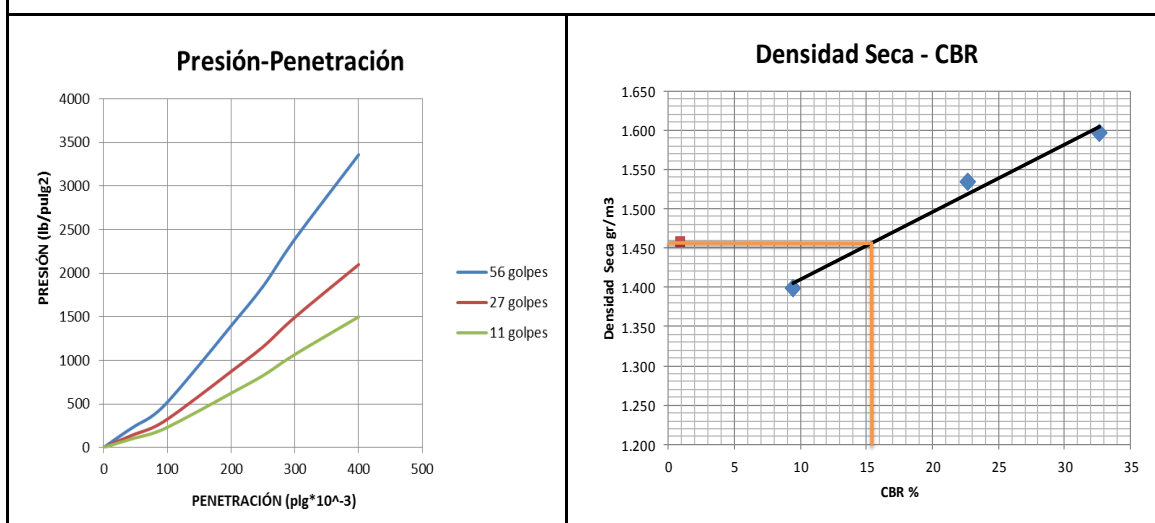
**ENSAYO C.B.R. DATOS DE ESPONJAMIENTO**

MOLDE			1				2				3			
FECHA	TIEMPO		LECTURA	h	ESPONJAMIENTO		LECTURA	h	ESPONJAMIENTO		LECTURA	h	ESPONJAMIENTO	
día/mes/año	HORA	DÍAS	DIAL	Muestr	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	%
			Pulg	Pulg	*10^-2		Pulg	Pulg			Pulg	Pulg		
08/03/2016	15:25	0	0.9	5	0	0	1.3	5	1.252	0.2504	0.6	5	0	0
09/03/2016	15:25	1	0.9		2.73	0.546	1.4		1.284	0.2568	0.7		3.01	0.602
10/03/2016	15:25	2	1		4.64	0.928	1.4		1.31	0.262	0.7		4.34	0.868

**ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN**

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)				AREA DEL PISTÓN = 3 plg <sup>2</sup>		NORMA: ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)							
Molde Número				1				2				3			
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	mm	plg *10^-3		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
				lb	lb/pulg <sup>2</sup>	%	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	%	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	%	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0	30	0.64	25	94.5	69.40		0	0.00		0	0.00		0	0.00	
1	0	1.27	50	257.8	189.30		87.7	64.40		71.9	52.80		102.9	75.60	
1	30	1.91	75	405.1	297.50		138.5	101.70		116.0	85.20		160.0	119.00	
2	0	2.54	100	444.8	326.70	32.67	269.7	198.10	22.67	128.8	94.60	9.46	176.0	129.00	
3	0	3.81	150	660.8	485.30		308.7	226.70	22.67	166.0	121.90		209.0	153.50	
4	0	5.08	200	789.2	579.60		535.8	393.50		189.4	139.10		225.6	165.70	
5	0	6.35	250	906.7	665.90		600.7	441.20		209.0	153.50		262.5	192.80	
6	0	7.62	300	1003.1	736.70		686.0	503.80		225.6	165.70		297.4	218.40	
8	0	10.16	400	1170.0	859.30		746.0	547.90		262.5	192.80				
10	0	12.70	500	1302.4	956.50		857.1	629.50		297.4	218.40				
<b>CBR Corregido</b>						<b>32.67</b>			<b>22.67</b>			<b>9.46</b>			

**GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.**



DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX	
1.596	gr/cm <sup>3</sup>	32.67	%	1.533	gr/cm <sup>3</sup>
1.534	gr/cm <sup>3</sup>	22.67	%	95% DE DM	1.456 gr/cm <sup>3</sup>
1.399	gr/cm <sup>3</sup>	9.46	%	<b>CBR PUNTUAL</b>	<b>15.40 %</b>

## **MUESTRA # 7**

### **Descripción de la Muestra:**

Descripción Visual: Arcilla

Clasificación SUCS: CL – Arcilla de baja plasticidad

### **Ubicación:**

Provincia: Tungurahua

Cantón: Baños

Parroquia: Rio Verde

Ubicación Georeferenciada: 17 S, 800823, 9844998



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**GRANULOMETRÍA DE SUELOS**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler

**FECHA DE INICIO:** 11-mar-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CL (Arcilla de baja plasticidad)

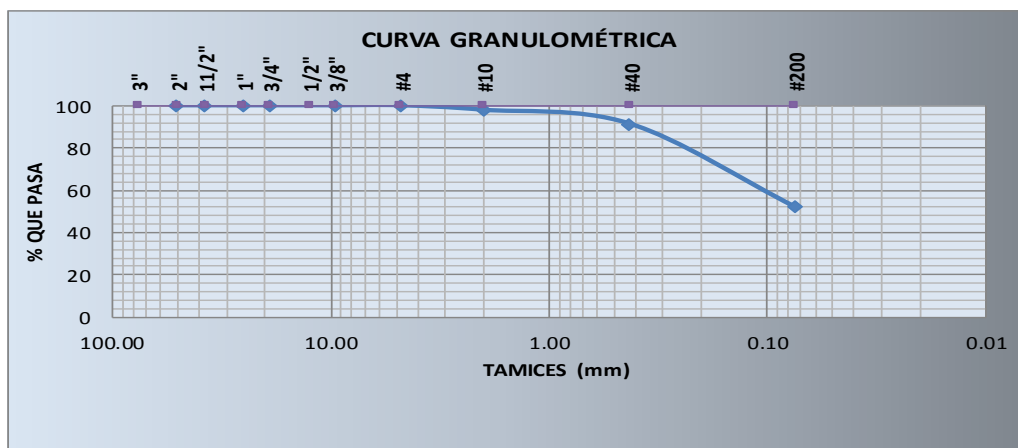
**UBICACIÓN:** Río Verde - Baños - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 800823, 9844998

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS**

TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	100.00
#4	4.76	0.00	0.00	100.00
PASA #4		0.00	0.00	
#10	2.00	10.57	2.11	97.89
#40	0.43	42.98	8.60	91.40
#200	0.075	240.20	48.04	51.96
PASA #200		259.80	51.96	
TOTAL		500.00		
Peso cuarteo antes del lavado (gr)			500.00	
Peso cuarteo después del lavado (gr)			259.80	
Total - Diferencia (gr)			240.20	

**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**



**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente #	27
Recip+S. húmedo	210.3
Recip+S. Seco	169.7
Peso recipiente	31.6
Peso de agua	40.5
Peso suelo seco	138.1
Contenido Humedad w%	29.3

**CLASIFICACIÓN SEGÚN EL SUCS**

CL (Arcilla - Baja Plasticidad)



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**LÍMITES DE ATTERBERG**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler **FECHA DE INICIO:** 11-mar-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE** CL (Arcilla de

**UBICACIÓN:** Río Verde - Baños - Tungurahua.

**MUESTRA:** baja

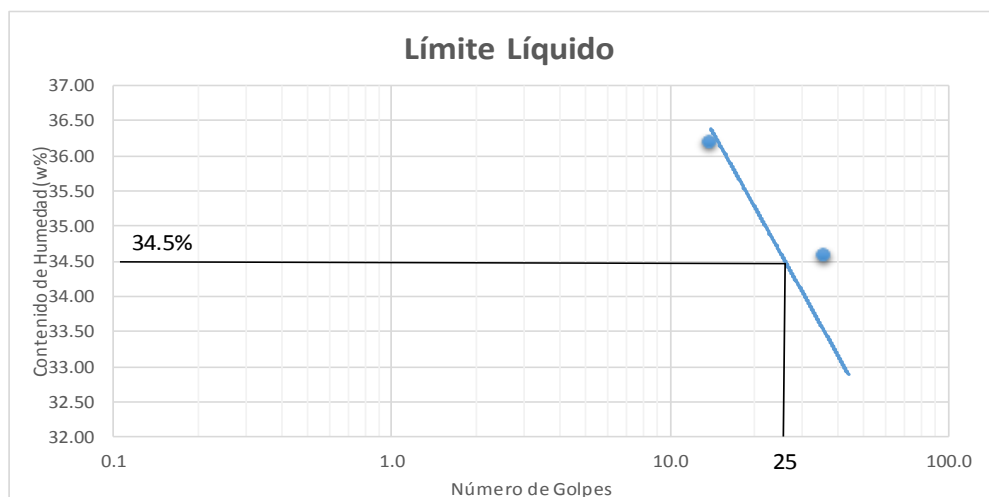
**COORDENADAS:** 17 S, 800823, 9844998

plasticidad)

**ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO**

Recipiente #	44		36		14	
	2-E	3-F	8-T	3-T	4-F	12-E
Peso Húmedo + recip ( <b>Wm + rec</b> )	19.31	26.20	23.37	21.42	28.98	19.86
Peso seco + Recip ( <b>Ws + rec</b> )	17.21	22.56	20.30	18.54	24.30	17.62
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	10.53	11.37	11.33	10.30	11.36	11.44
Peso del agua ( <b>Ww</b> )	2.10	3.64	3.07	2.88	4.68	2.24
Peso del suelo ( <b>Ws</b> )	6.68	11.19	8.97	8.24	12.94	6.18
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	31.44	32.53	34.23	34.95	36.17	36.25
Contenido de Humedad promedio	31.98		34.59		36.21	

**GRÁFICA DE LÍMITE LÍQUIDO**



**ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE PLÁSTICO**

Recipiente #	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
Peso Húmedo + recip ( <b>Wm + rec</b> )	6.21	5.58	5.66	6.48	7.16	7.08
Peso seco + Recip ( <b>Ws + rec</b> )	5.82	5.32	5.37	6.04	6.60	6.52
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	4.40	4.37	4.34	4.35	4.46	4.41
Peso del agua ( <b>Ww</b> )	0.39	0.26	0.29	0.44	0.56	0.56
Peso del suelo ( <b>Ws</b> )	1.42	0.95	1.03	1.69	2.14	2.11
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	27.46	27.37	28.16	26.04	26.17	26.54
Contenido de Humedad promedio	26.96					

**LÍMITES DE ATTERBERG**

**Límite Líquido:** 34.50%

**Límite Plástico:** 26.96%

**Índice Plástico:** 7.54%





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler  
**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez  
**UBICACIÓN:** Río Verde - Baños - Tungurahua.  
**COORDENADAS:** 17 S, 800823, 9844998

**FECHA INICIO:** 14-mar-16  
**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CL (Arcilla de baja plasticidad)

**ESPECIFICACIONES**

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13249	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volúmen del Molde	2280.27	cm <sup>3</sup>
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

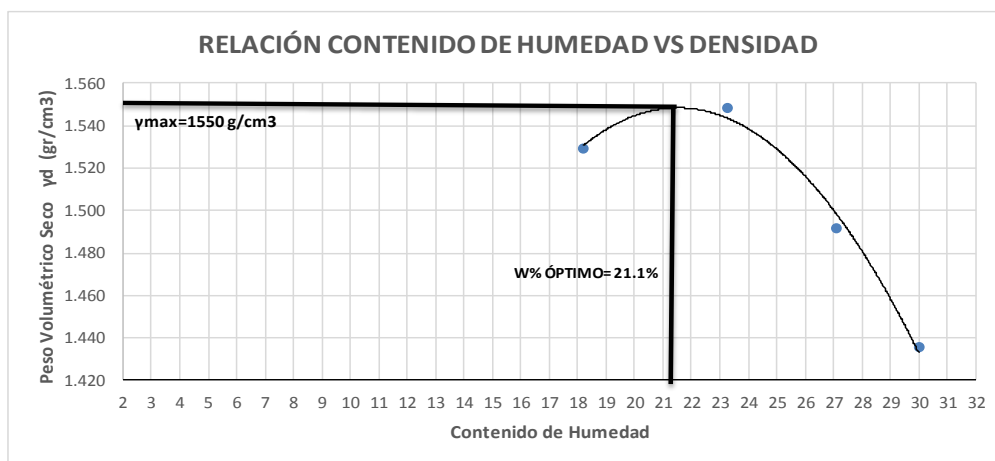
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	15
P. molde+Suelo húmedo (gr)	17342	17583.8	17556.4	17488.5
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4093	4334.8	4307.4	4239.5
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.800	1.901	1.889	1.859

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente número	3	4	23	10	29	32	39	30
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	31.1	31.5	30.9	22.8	24.7	27.7	30.9	30.9
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	146.9	125.5	148.8	105.4	144.7	106.1	121.6	122.4
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	129.7	111.2	126.9	90.1	119.4	89.7	101.1	101.4
Peso solidos W <sub>s</sub>	98.6	79.7	96	67.3	94.7	62	70.2	70.5
Peso del agua W <sub>w</sub>	17.2	14.3	21.9	15.3	25.3	16.4	20.5	21
Cont. Humedad $\omega$ %	17.44	17.94	22.81	22.73	26.72	26.45	29.20	29.79
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	17.69	22.77	26.58	29.49				
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.529	1.548	1.492	1.436				

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

La **máxima densidad alcanzada** según la gráfica corresponde a **1,550gr/cm<sup>3</sup>**, la cual corresponde a un **contenido de humedad óptimo de 21.1 %**, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO C.B.R.**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler

**FECHA INICIO:** 15-mar-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CL (Arcilla de baja plasticidad)

**UBICACIÓN:** Río Verde - Baños - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 800823, 9844998

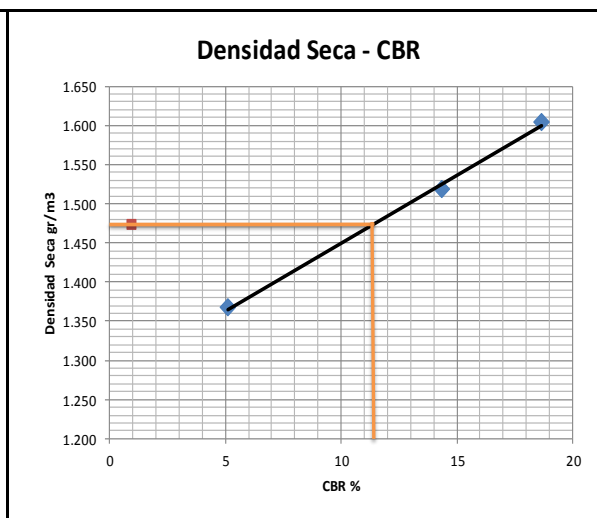
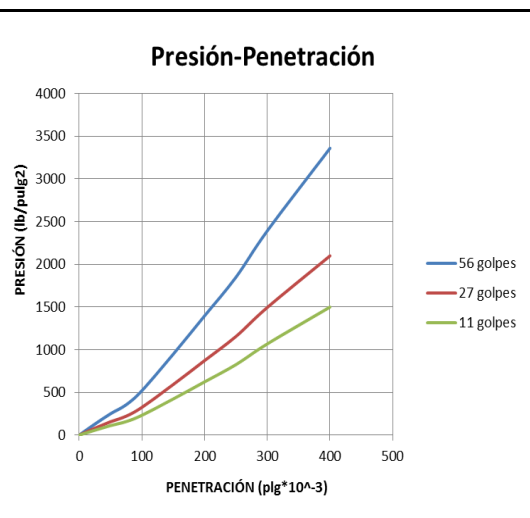
**ENSAYO C.B.R. DATOS DE ESPONJAMIENTO**

MOLDE			1				2				3						
FECHA	TIEMPO		LECTURA		h	ESPONJAMIENTO		LECTURA		h	ESPONJAMIENTO		LECTURA		h	ESPONJAMIENTO	
día/mes/año	HORA	DÍAS	DIAL	Muestr	Pulg	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	Pulg	%
			Pulg	Pulg	*10 <sup>-2</sup>			Pulg	Pulg				Pulg	Pulg			
15/03/2016	14:20	0	0.1	5	0	0		0.07	5	0	0		0.07	5	0	0	
16/03/2016	14:20	1	0.12		1.61	0.322		0.08		1.71	0.342		0.09		2.18	0.436	
17/03/2016	14:20	2	0.13		3.02	0.604		0.09		3.72	0.744		0.11		4.9	0.98	

**ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN**

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg <sup>2</sup>	NORMA: ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)									
Molde Número				1			2			3						
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	
Min.	Seg.	mm	plg *10 <sup>-3</sup>	lb	Leida	Corregida	%	lb	Leida	Corregida	%	lb	Leida	Corregida	%	
				lb	lb/pulg <sup>2</sup>			lb	lb/pulg <sup>2</sup>			lb	lb/pulg <sup>2</sup>			
0	0	0	0	0	0			0	0.00			0	0			
0	30	0.64	25	122.9	40.98			100.7	33.56			57.9	19.32			
1	0	1.27	50	267.5	89.16			210.6	70.21			103.8	34.59			
1	30	1.91	75	435.6	145.20			335.8	111.93			129.1	43.04			
2	0	2.54	100	559.6	186.54	18.65		430.3	143.43	143.43	14.34	153.1	51.04	51.04	5.10	
3	0	3.81	150	749.6	249.85			585.9	195.28			173.8	57.95			
4	0	5.08	200	920.8	306.92			703.5	234.50			186.0	61.99			
5	0	6.35	250	1053.4	351.13			821.4	273.79			200.9	66.98			
6	0	7.62	300	1154.1	384.69			891.7	297.22			215.5	71.83			
8	0	10.16	400	1375.5	458.50			1060.9	353.63			241.5	80.49			
10	0	12.70	500	1621.4	540.46			1240.2	413.41			266.6	88.87			
<b>CBR Corregido</b>							18.65					14.34				5.10

**GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.**



DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX	
1.605	gr/cm <sup>3</sup>	18.65	%	1.550	gr/cm <sup>3</sup>
1.518	gr/cm <sup>3</sup>	14.34	%	95% DE DM	1.473 gr/cm <sup>3</sup>
1.367	gr/cm <sup>3</sup>	5.10	%	CBR PUNTUAL	11.40 %

## **MUESTRA # 8**

### **Descripción de la Muestra:**

Descripción Visual: Arcilla

Clasificación SUCS: CL – Arcilla de baja plasticidad

### **Ubicación:**

Provincia: Tungurahua

Cantón: Baños

Parroquia: Rio Negro

Ubicación Georeferenciada: 17 S, 814340, 9839747



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**GRANULOMETRÍA DE SUELOS**



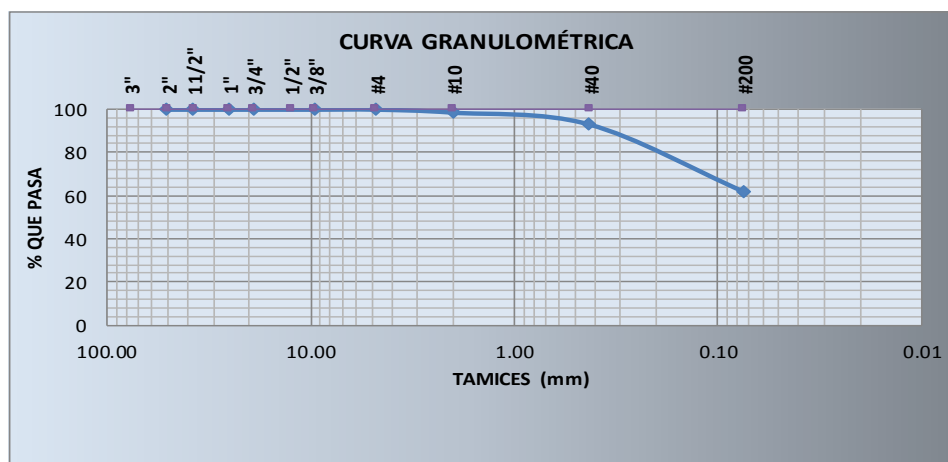
**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler      **FECHA DE INICIO:** 17-mar-16  
**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez  
**UBICACIÓN:** Río Negro - Baños - Tungurahua.      **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CL (Arcilla de baja plasticidad)  
**COORDENADAS:** 17 S, 814340, 9839747

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS**

TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	100.00
#4	4.76	0.00	0.00	100.00
PASA #4		0.00	0.00	
#10	2.00	6.89	1.38	98.62
#40	0.43	34.10	6.82	93.18
#200	0.075	190.04	38.01	61.99
PASA #200		309.96	61.99	
<b>TOTAL</b>		500.00		
Peso cuarteo antes del lavado (gr)			500.00	
Peso cuarteo después del lavado (gr)			309.96	
Total - Diferencia (gr)			190.04	

**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**



**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente #	39
Recip+S. húmedo	155.1
Recip+S. Seco	130.8
Peso recipiente	31.5
Peso de agua	24.3
Peso suelo seco	99.3
Contenido Humedad w%	24.5

**CLASIFICACIÓN SEGÚN EL SUCS**

CL (Arcilla - Baja Plasticidad)



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**LÍMITES DE ATTERBERG**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

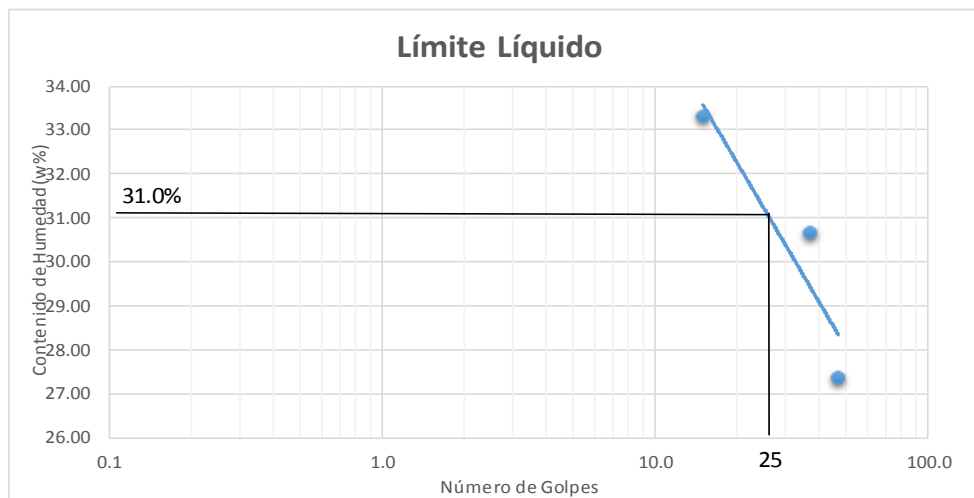
**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler  
**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez  
**UBICACIÓN:** Río Negro - Baños - Tungurahua.  
**COORDENADAS:** 17 S, 814340, 9839747

**FECHA DE INICIO:** 18-mar-16  
**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CL (Arcilla de baja plasticidad)

**ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO**

	47		37		15	
Recipiente #	11-E	4-F	12-E	2-E	6-T	3-T
Peso Húmedo + recip ( <b>Wm + rec</b> )	20.23	28.08	27.26	25.37	22.93	27.93
Peso seco + Recip ( <b>Ws + rec</b> )	18.38	24.49	23.59	21.85	20.10	23.76
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	11.56	11.48	11.44	10.53	11.56	11.30
Peso del agua ( <b>Ww</b> )	1.85	3.59	3.67	3.52	2.83	4.17
Peso del suelo ( <b>Ws</b> )	6.82	13.01	12.15	11.32	8.54	12.46
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	27.13	27.59	30.21	31.10	33.14	33.47
Contenido de Humedad promedio	27.36		30.65		33.30	

**GRÁFICA DE LÍMITE LÍQUIDO**



**ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE PLÁSTICO**

Recipiente #	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
Peso Húmedo + recip ( <b>Wm + rec</b> )	6.84	6.10	6.84	5.87	6.92	6.12
Peso seco + Recip ( <b>Ws + rec</b> )	6.36	5.76	6.35	5.58	6.42	5.79
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	4.40	4.37	4.34	4.35	4.46	4.41
Peso del agua ( <b>Ww</b> )	0.48	0.34	0.49	0.29	0.50	0.33
Peso del suelo ( <b>Ws</b> )	1.96	1.39	2.01	1.23	1.96	1.38
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	24.49	24.46	24.38	23.58	25.51	23.91
Contenido de Humedad promedio	24.39					

**LÍMITES DE ATTERBERG**

**Límite Líquido:** 31.00%  
**Límite Plástico:** 24.39%  
**Índice Plástico:** 6.61%



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO "B"**

<b>PROYECTO:</b>	Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos		
<b>ENSAYADO:</b>	Omar Henry Guamán Iler	<b>FECHA INICIO:</b>	21-mar-16
<b>REVISADO:</b>	Ing. Mg. Lorena Pérez	<b>DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:</b>	CL (Arcilla de baja plasticidad)
<b>UBICACIÓN:</b>	Río Negro - Baños - Tungurahua.	<b>MUESTRA:</b>	
<b>COORDENADAS:</b>	17 S, 814340, 9839747		

**ESPECIFICACIONES**

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	14588	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volúmen del Molde	2315.41	cm <sup>3</sup>
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

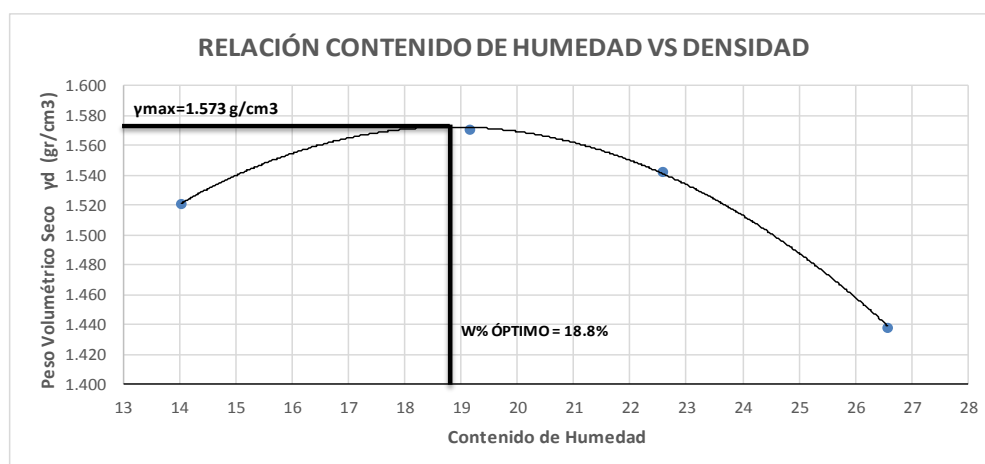
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	15
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18605.2	18922.4	18966.44	18804.4
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4017.2	4334.4	4378.44	4216.4
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.735	1.872	1.891	1.821

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente número	32	22	5	4	33	21	10	28
Peso del recipiente Wr	27.7	26.2	25.1	24.3	30.9	30.7	30.5	26.5
Rec+suelo húmedo Wr+Wm	144.7	107.6	140.4	122.4	140.6	120.8	132.6	112.8
Rec+suelo seco Ws + Wm	130.3	97.6	121.9	106.6	120.4	104.2	111.2	94.64
Peso solidos Ws	102.6	71.4	96.8	82.3	89.5	73.5	80.7	68.14
Peso del agua Ww	14.4	10	18.5	15.8	20.2	16.6	21.4	18.16
Cont. Humedad $\omega\%$	14.04	14.01	19.11	19.20	22.57	22.59	26.52	26.65
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	14.02		19.15		22.58		26.58	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.522		1.571		1.543		1.439	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

La máxima densidad alcanzada según la gráfica corresponde a **1,575gr/cm<sup>3</sup>**, la cual corresponde a un **contenido de humedad óptimo de 18.8 %**, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.







**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO C.B.R.**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Omar Henry Guamán Iler

**FECHA INICIO:** 22-mar-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CL (Arcilla de baja plasticidad)

**UBICACIÓN:** Río Negro - Baños - Tungurahua.

**COORDENADAS:** 17 S, 814340, 9839747

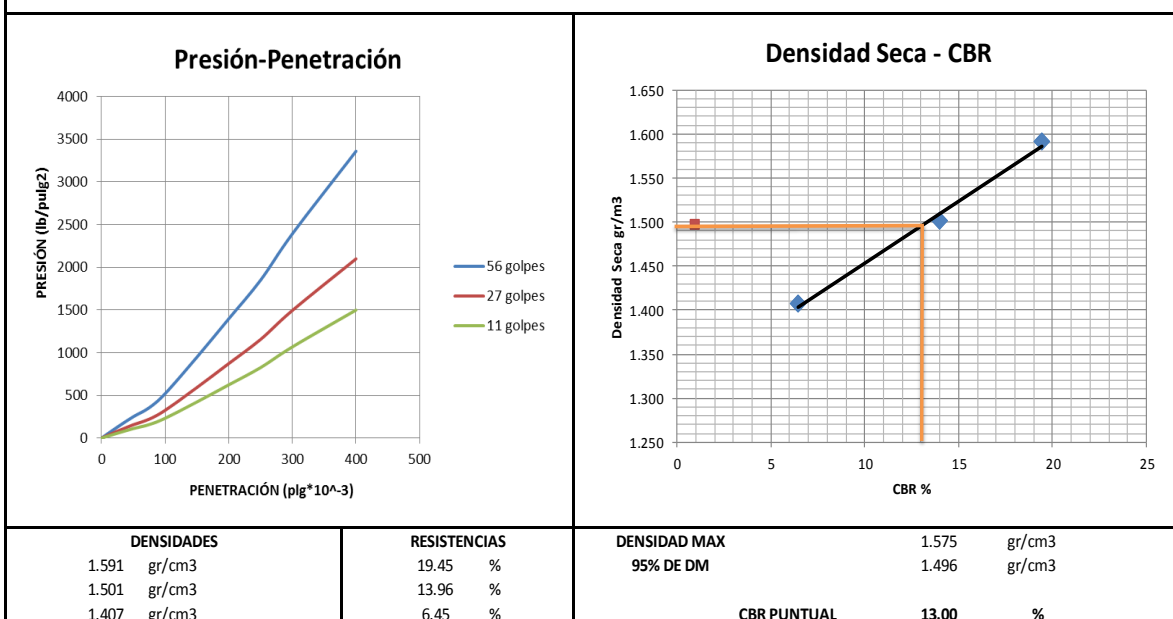
**ENSAYO C.B.R. DATOS DE ESPONJAMIENTO**

MOLDE			1				2				3							
FECHA	TIEMPO		LECTURA		h	ESPONJAMIENTO		LECTURA		h	ESPONJAMIENTO		LECTURA		h	ESPONJAMIENTO		
día/mes/año	HORA	DÍAS	DIAL	Muestr	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	%	DIAL	Muestr	Pulg	%
			Pulg	Pulg	*10^-2		Pulg	Pulg			Pulg	Pulg			Pulg	Pulg		
22/03/2016	16:30	0	0.09	5	0	0	0.07	5	0	0	0.07	5	0	0	0.07	5	0	0
23/03/2016	16:30	1	0.11		1.62	0.324	0.09		1.79	0.358	0.08		1.87	0.374				
24/03/2016	16:30	2	0.12		3.12	0.624	0.11		3.83	0.766	0.1		4.65	0.93				

**ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN**

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)						AREA DEL PISTÓN = 3 plg2	NORMA: ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)							
Molde Número				1			2			3					
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	mm	plg *10^-3	lb	Leida	Corregida		lb	Leida	Corregida		lb	Leida	Corregida	
						lb/pulg2	%			lb/pulg2	%			lb/pulg2	%
0	30	0.64	25	142.6		47.52		120.3		40.10		83.3		27.76	
1	0	1.27	50	301.0	100.32			219.2	73.08			107.7	35.91		
1	30	1.91	75	488.9	162.97			382.3	127.42			139.7	46.56		
2	0	2.54	100	583.5	194.50	194.50	19.45	418.8	139.60	139.60	13.96	193.5	64.50	64.50	6.45
3	0	3.81	150	770.5	256.83			58.2	19.39			197.0	65.66		
4	0	5.08	200	994.8	331.59			739.0	246.33			201.2	67.05		
5	0	6.35	250	1128.3	376.10			876.7	292.23			210.6	70.21		
6	0	7.62	300	1210.5	403.49			922.3	307.43			220.8	73.59		
8	0	10.16	400	1441.4	480.46			1110.9	370.30			244.1	81.37		
10	0	12.70	500	1717.9	572.63			1313.8	437.94			274.3	91.44		
<b>CBR Corregido</b>							19.45				13.96				6.45

**GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.**



# **ANEXO D**

## **Ensayo Penetrómetro**

### **Cónico Estático**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler **FECHA DE INICIO:** 15-ene-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** SM (Arena

**UBICACIÓN:** Huachi Grande - Ambato - Tungurahua.

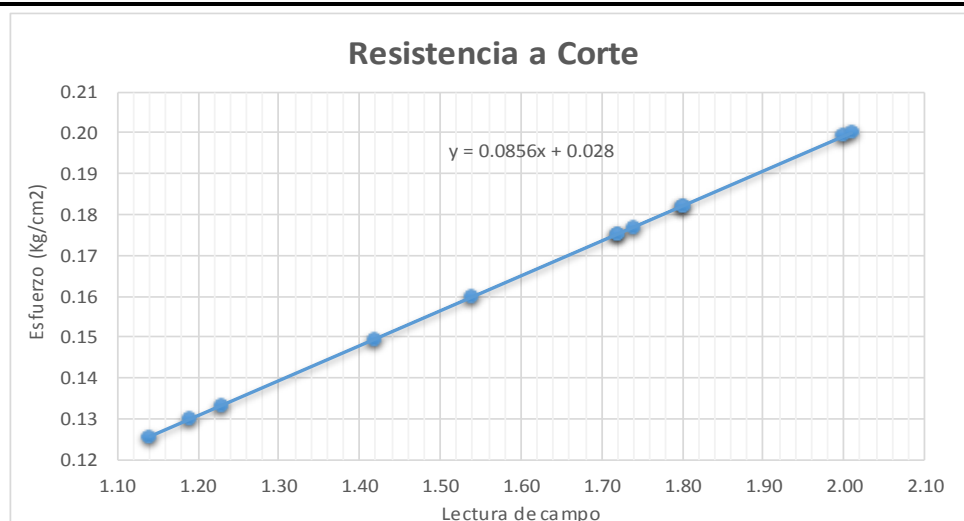
Limosa)

**COORDENADAS:** 17 S, 764795, 9855357

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO**

LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	Y=0.0856X+0.028
1.42	0.150	
1.72	0.175	
1.72	0.175	
1.74	0.177	
1.8	0.182	
1.19	0.130	
1.23	0.133	
1.54	0.160	
1.14	0.126	
1.8	0.182	
2	0.199	
2.01	0.200	
<b>Resistencia promedio(Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>0.166</b>	

**GRÁFICA LECTURA DE CAMPO VS ESFUERZO**



**Observaciones**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler **FECHA DE INICIO:** 15-ene-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** SM (Arena Limosa)

**UBICACIÓN:** Salasaca - Ambato - Tungurahua.

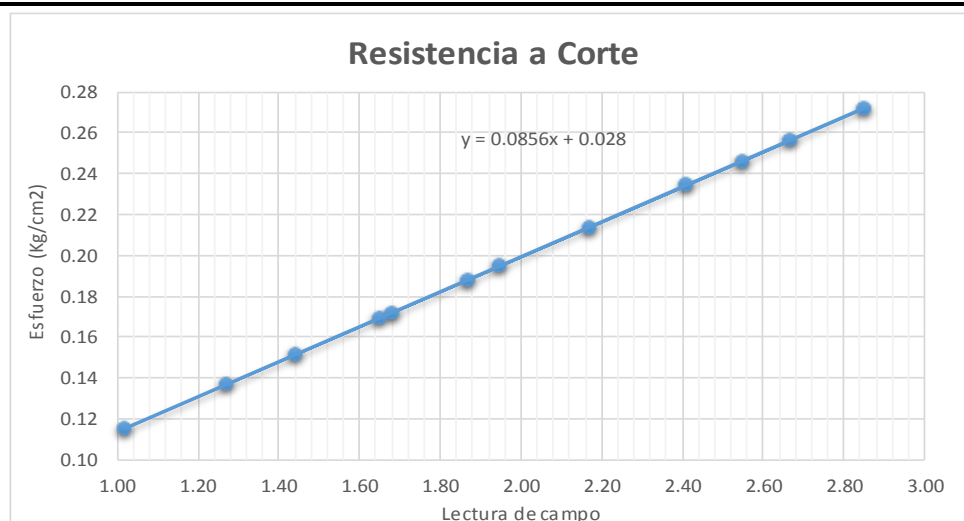
**MUESTRA:** Limosa)

**COORDENADAS:** 17 S, 770330, 9854056

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO**

LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	Y=0.0856X+0.028
1.44	0.151	
1.65	0.169	
2.67	0.257	
1.27	0.137	
1.68	0.172	
2.41	0.234	
1.02	0.115	
1.95	0.195	
1.87	0.188	
2.17	0.214	
2.55	0.246	
2.85	0.272	
<b>Resistencia promedio(Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>0.196</b>	

**GRÁFICA LECTURA DE CAMPO VS ESFUERZO**



**Observaciones**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler

**FECHA DE INICIO:** 16-ene-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE** ML (Limo de

**UBICACIÓN:** Pinguilí - Mocha - Tungurahua.

**MUESTRA:** baja

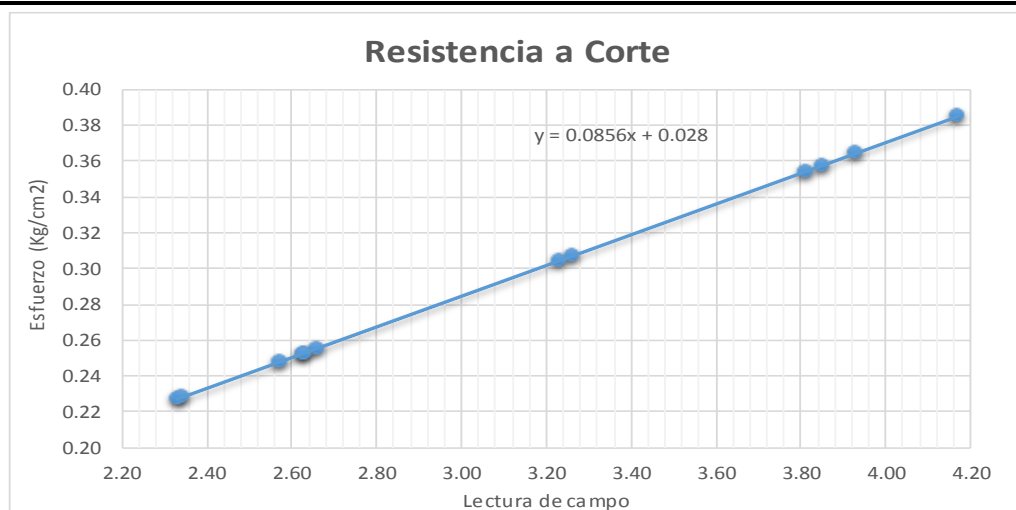
**COORDENADAS:** 17 S, 760342, 9845100

plasticidad )

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO**

LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	Y=0.0856X+0.028
3.81	0.354	
2.66	0.256	
2.63	0.253	
2.33	0.227	
2.34	0.228	
2.63	0.253	
4.17	0.385	
2.57	0.248	
3.26	0.307	
3.23	0.304	
3.93	0.364	
3.85	0.358	
<b>Resistencia promedio(Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>0.295</b>	

**GRÁFICA LECTURA DE CAMPO VS ESFUERZO**



**Observaciones**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler

**FECHA DE INICIO:** 16-ene-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE** ML (Limo de

**UBICACIÓN:** Pinguilí - Mocha - Tungurahua.

baja

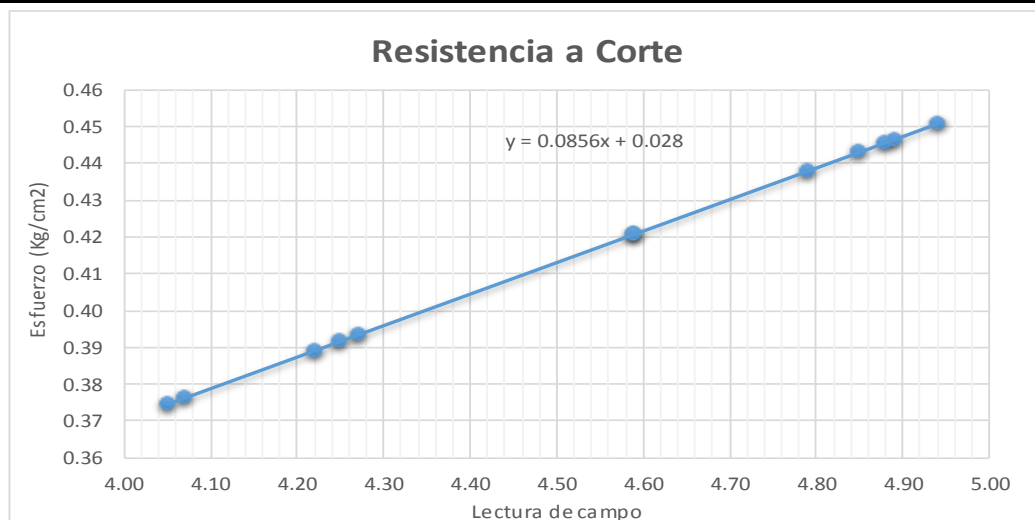
**COORDENADAS:** 17 S, 762273, 9845536

**MUESTRA:** plasticidad

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO**

LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	Y=0.0856X+0.028
4.05	0.375	
4.85	0.443	
4.94	0.451	
4.07	0.376	
4.22	0.389	
4.89	0.447	
4.27	0.394	
4.79	0.438	
4.59	0.421	
4.25	0.392	
4.88	0.446	
4.59	0.421	
<b>Resistencia promedio(Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>0.416</b>	

**GRÁFICA LECTURA DE CAMPO VS ESFUERZO**



**Observaciones**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO**



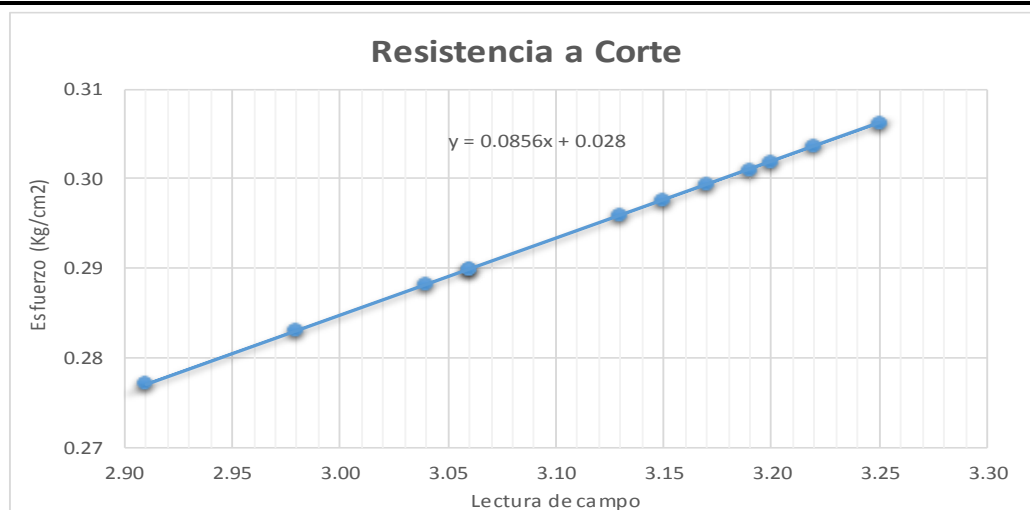
**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler      **FECHA DE INICIO:** 17-ene-16  
**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez      **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CANGAHUA SM (Arena Limosa)  
**UBICACIÓN:** Quisapincha - Ambato - Tungurahua.  
**COORDENADAS:** 17 S, 757767, 9863205

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO**

LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	Y=0.0856X+0.028
3.22	0.304	
3.04	0.288	
3.06	0.290	
2.98	0.283	
2.91	0.277	
3.25	0.306	
3.2	0.302	
3.17	0.299	
3.13	0.296	
3.06	0.290	
3.19	0.301	
3.15	0.298	
<b>Resistencia promedio(Kg/cm<sup>2</sup>)</b>		0.295

**GRÁFICA LECTURA DE CAMPO VS ESFUERZO**



**Observaciones**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO**



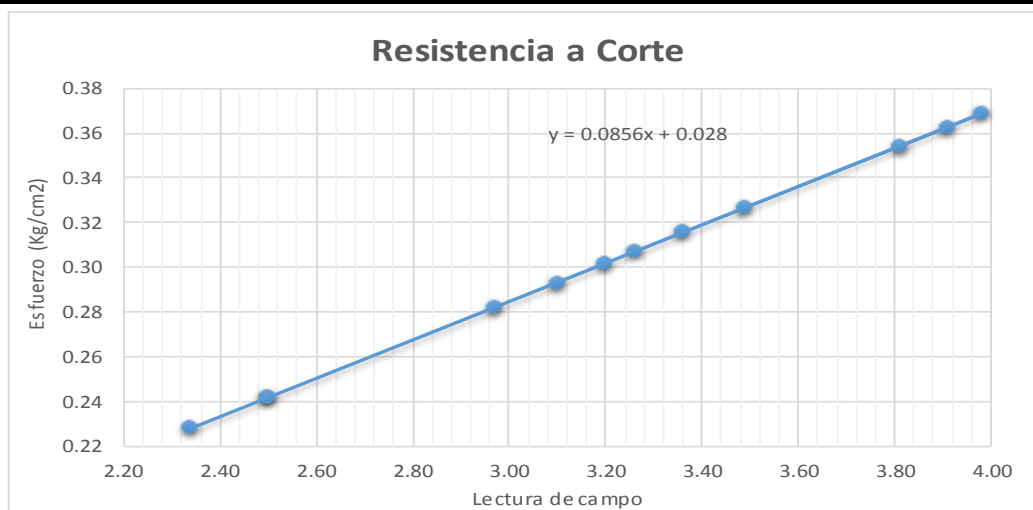
**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler      **FECHA DE INICIO:** 17-ene-16  
**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez      **DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:** CANGAHUA  
**UBICACIÓN:** Quisapincha - Ambato - Tungurahua.      **MUESTRA:** SM (Arena Limosa)  
**COORDENADAS:** 17 S, 756807, 9863704

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO**

LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	Y=0.0856X+0.028
3.20	0.302	
2.34	0.228	
2.97	0.282	
3.10	0.293	
3.91	0.363	
3.26	0.307	
2.50	0.242	
2.50	0.242	
3.49	0.327	
3.81	0.354	
3.98	0.369	
3.36	0.316	
<b>Resistencia promedio(Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>0.302</b>	

**GRÁFICA LECTURA DE CAMPO VS ESFUERZO**



**Observaciones**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler

**FECHA DE INICIO:** 18-ene-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE** CL (Arcilla

**UBICACIÓN:** Río Verde - Baños - Tungurahua.

de baja

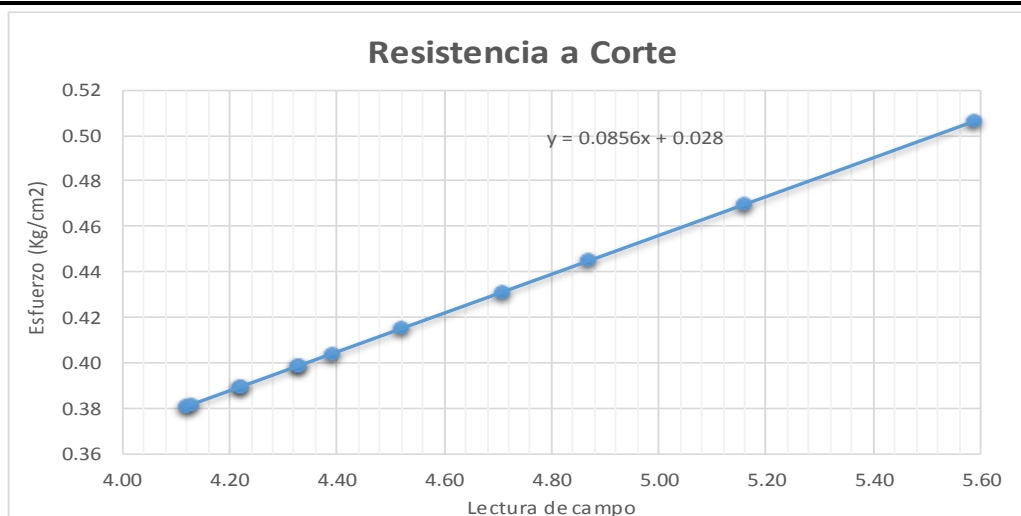
**COORDENADAS:** 17 S, 800823, 9844998

**MUESTRA:** plasticidad )

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO**

LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	Y=0.0856X+0.028
5.59	0.507	
4.52	0.415	
4.33	0.399	
4.71	0.431	
4.12	0.381	
4.39	0.404	
4.87	0.445	
4.22	0.389	
5.16	0.470	
4.22	0.389	
4.33	0.399	
4.13	0.382	
<b>Resistencia promedio(Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>0.417</b>	

**GRÁFICA LECTURA DE CAMPO VS ESFUERZO**



**Observaciones**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO**



**PROYECTO:** Estudio de la correlación del cbr con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos

**ENSAYADO:** Egdo. Omar Henry Guamán Iler

**FECHA DE INICIO:** 18-ene-16

**REVISADO:** Ing. Mg. Lorena Pérez

**DESCRIPCIÓN DE** CL (Arcilla

**UBICACIÓN:** Río Negro - Baños - Tungurahua.

de baja

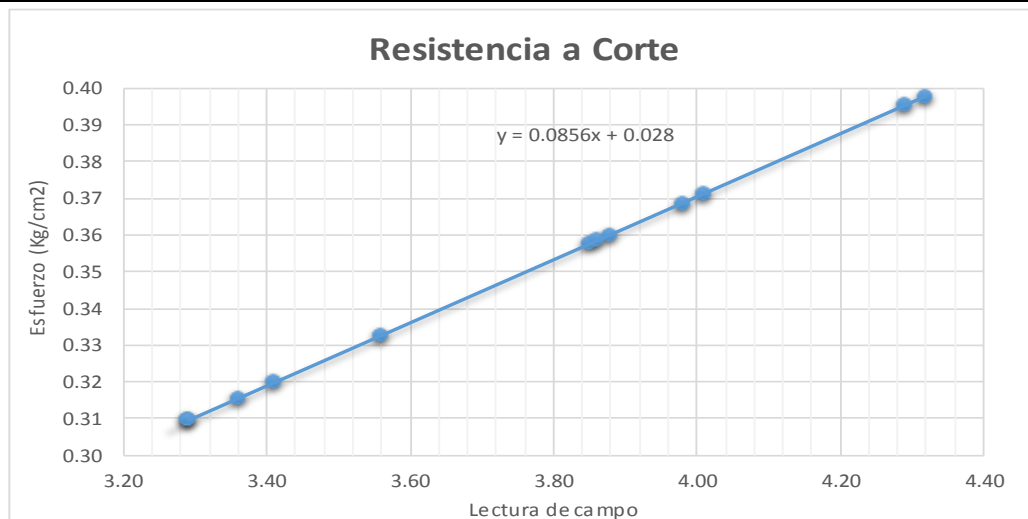
**COORDENADAS:** 17 S, 814340, 9839747

**MUESTRA:** plasticidad )

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO**

LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm2)	Y=0.0856X+0.028
3.56	0.333	
3.29	0.310	
4.29	0.395	
4.32	0.398	
3.88	0.360	
3.85	0.358	
3.86	0.358	
3.41	0.320	
4.01	0.371	
3.29	0.310	
3.98	0.369	
3.36	0.316	
<b>Resistencia promedio(Kg/cm2)</b>	<b>0.350</b>	

**GRÁFICA LECTURA DE CAMPO VS ESFUERZO**



**Observaciones**

# **ANEXO E**

## **Archivo Fotográfico**

## ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO



Limpieza de la superficie



Superficie lista para realizar el ensayo



Ensayo realizado sobre superficie Arenosa



Ensayo realizado sobre Cangahua



Ensayo realizado sobre superficie Limosa



Ensayo realizado sobre superficie Arcillosa



## TOMA DE MUESTRAS



Elaboración de la calicata



Excavación de la calicata



Toma de muestras de la Arena



Toma de muestras de la Cangahua



Toma de muestras del Limo



Toma de muestras de la Arcilla

## ENSAYO DE GRANULOMETRÍA



Máquina de tamizado



Tamizado del material



Muestra de suelo tamizada



## ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG



Mezcla de suelo con agua



Conteo de numero de golpes en la copa de Casagrande



Muestra de suelo para contenido de humedad de Límite Líquido



Muestra de suelo para contenido de humedad de Límite Plástico

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO



Mezcla del suelo con los porcentajes de agua



Suelo añadido al molde por capas



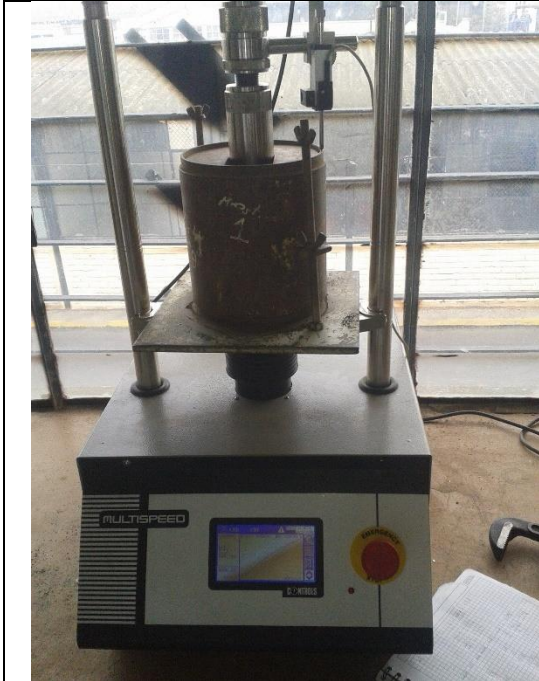
Caída del martillo sobre el molde



56 número de golpes



## ENSAYO CBR



Colocación del molde sobre la máquina de CBR



Registro de datos



Control de datos de la máquina de CBR



Falla producida por la aplicación de carga