



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

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

TEMA:

**“CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL
ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA
RESISTENCIA DEL SUELO DE LA PARROQUIA
AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO”**

AUTORA:

Salazar Vaca María Victoria

TUTORA:

Ing. Mg. Lorena Pérez

Ambato, Ecuador

2016

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Graduación, Certifico que la presente Tesis realizada por la **Srta. María Victoria Salazar Vaca**, Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, previo a la Obtención del Título de Ingeniera Civil, se desarrolló bajo mi tutoría, es un trabajo personal e inédito, y ha sido bajo el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO.”**, el cual reúne todos los requisitos para ser sometido a evaluación, se ha concluido de manera satisfactoria.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, Mayo del 2016

.....
Ing. Lorena Pérez

TUTOR

AUTORÍA

La presente investigación, así como los criterios, opiniones, ideas y demás concepciones vertidas y expuestas en este trabajo, son de absoluta y exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Mayo del 2016

.....

Egda. María Victoria Salazar Vaca.

CI. 180437573-9

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, Mayo del 2016

.....

Egda. María Victoria Salazar Vaca.

CI. 180437573-9

DEDICATORIA

*Este presente trabajo está dedicado al esfuerzo tan grande de mis padres **Víctor Hugo y Marthita** por nunca dejarme sola en ningún momento de mi vida, por ser ese apoyo incondicional, por darme ese empuje grande, por sus consejos, por sus cuidados, por tantas cosas y especialmente por enseñarme a nunca darme por vencida y cumplir con responsabilidad todas mis metas que me he planteado a lo largo de mi vida tanto estudiantil como personal.*

He aquí el fruto de sus enseñanzas y de sus principios les amo tanto papitos que Dios les pague por tanta dicha y felicidad que me han regalado.

¡Lo logramos papitos!

Ma. Victoria Salazar

AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, agradezco a **Dios** por estar siempre presente en cada día de mi vida estudiantil y darme las fuerzas necesarias para culminar con mi carrera.*

*A mis padres **Víctor Hugo y Marthita** por ser mi apoyo incondicional Dios les pague por todo.*

*A la **Ing. Lorena Pérez**, tutora de mi proyecto por ayudarme a culminar con el mismo y por su tiempo.*

*Al **Ing. Byron López** por ayudarme a realizar todos los ensayos en los laboratorios y por todo su tiempo.*

*A la **Universidad Técnica de Ambato**.*

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PRELIMINARES

| | |
|-------------------------|------|
| PORTADA..... | i |
| CERTIFICACIÓN | ii |
| AUTORÍA..... | iii |
| DERECHOS DE AUTOR..... | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO..... | vi |
| RESUMEN EJECUTIVO | xiii |

CAPÍTULO I..... 1

ANTECEDENTES 1

| | |
|----------------------------------|---|
| 1.1 TEMA | 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..... 4

FUNDAMENTACIÓN 4

| | |
|--|----|
| 2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 4 |
| 2.1.1 GENERALIDADES | 4 |
| 2.1.2 EL SUELO SU ORIGEN Y FORMACIÓN..... | 5 |
| 2.1.3 AGENTES GENERADORES DE SUELOS Y SUS MECANISMOS..... | 6 |
| 2.1.4 TIPOS DE SUELO | 9 |
| 2.1.5 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS EN LA INGENIERÍA CIVIL | 11 |

| | | |
|--------------------------|--|-----------|
| 2.1.5.1 | Identificación Visual Manual de los Suelos | 11 |
| 2.1.5.2 | Identificación en el Campo de los Suelos Gruesos | 12 |
| 2.1.5.3 | Identificación en el Campo de los Suelos Finos..... | 12 |
| 2.1.6 | PROCESOS DE COMPACTACIÓN DE LOS SUELOS Y MÉTODOS DEL LABORATORIO..... | 15 |
| 2.1.6.1 | Antecedentes..... | 15 |
| 2.1.6.2 | Objetivos Técnicos | 16 |
| 2.1.6.3 | Energía de Compactación..... | 18 |
| 2.1.7 | FACTORES QUE AFECTAN LA COMPACTACIÓN | 19 |
| 2.1.8 | MÉTODOS DE COMPACTACIÓN | 21 |
| 2.1.8.1. | Procedimiento..... | 23 |
| 2.1.9 | ENSAYO DE CBR | 25 |
| 2.1.9.1 | Definición de CBR | 25 |
| 2.1.9.2 | Definición de número CBR | 25 |
| 2.1.9.3 | Procedimiento..... | 26 |
| 2.2 | HIPÓTESIS..... | 27 |
| 2.3 | SEÑALAMIENTO DE VARIABLES..... | 27 |
| 2.3.1 | Variable Independiente. | 27 |
| 2.3.2 | Variable Dependiente..... | 27 |
| CAPÍTULO III..... | | 28 |
| METODOLOGÍA | | 28 |
| 3.1 | NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 28 |
| 3.2 | POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 30 |
| 3.1.1 | Población..... | 30 |
| 3.1.2 | Muestra..... | 30 |
| 3.3 | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 30 |
| 3.4 | PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN | 31 |
| 3.5 | PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS..... | 32 |

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO IV | 34 |
| ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS | 34 |
| 4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS | 34 |
| 4.1.1 Muestra N° 1..... | 35 |
| 4.1.1.1 Tabla N° 1 Ensayo Próctor Estándar | 35 |
| 4.1.1.2 Tabla N° 2 Ensayo Próctor Modificado | 36 |
| 4.1.1.3 Tabla N° 3 Ensayo de Compactación CBR..... | 37 |
| 4.1.1.4 Tabla N° 4 Ensayo CBR..... | 38 |
| 4.1.2 Muestra N° 2..... | 40 |
| 4.1.2.1 Tabla N° 1 Ensayo de Próctor Estándar | 40 |
| 4.1.2.2 Tabla N° 2 Ensayo de Próctor Modificado | 41 |
| 4.1.2.3 Tabla N° 1 Ensayo de Compactación de CBR | 42 |
| 4.1.2.4 Tabla N° 4 Ensayo de CBR..... | 43 |
| 4.1.3 Muestra N ° 3..... | 45 |
| 4.1.3.1 Tabla N° 1 Ensayo Próctor Estándar | 45 |
| 4.1.3.2 Tabla N° 2 Ensayo Próctor Modificado | 46 |
| 4.1.3.3 Tabla N° 4 Ensayo Compactación de CBR..... | 47 |
| 4.1.3.4 Tabla N° 4 Ensayo CBR..... | 48 |
| 4.1.4 Muestra N° 4..... | 50 |
| 4.1.4.1 Tabla N° 1 Ensayo Próctor Estándar | 50 |
| 4.1.4.2 Tabla N° 2 Ensayo Próctor Modificado | 51 |
| 4.1.4.3 Tabla N° 3 Ensayo Compactación de CBR..... | 52 |
| 4.1.4.4 Tabla N° 4 Ensayo CBR..... | 53 |
| 4.1.5 Muestra N ° 5..... | 55 |
| 4.1.5.1 Tabla N° 1 Ensayo Próctor Estándar | 55 |
| 4.1.5.2 Tabla N ° Ensayo Próctor Modificado | 56 |
| 4.1.5.3 Tabla N ° 3 Ensayo de Compactación CBR..... | 57 |
| 4.1.5.1 Tabla N ° 4 Ensayo CBR..... | 58 |
| 4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS..... | 60 |
| 4.2.1 Muestra N° 1..... | 60 |
| 4.2.1.1 Gráfico N ° 1 Curva de Ensayo Próctor Estándar | 60 |

| | | |
|---------|--|----|
| 4.2.1.1 | Gráfico N ° 2 Curva de Ensayo Próctor Modificado..... | 61 |
| 4.2.1.2 | Gráfico N ° 3 Curva de Penetración del Ensayo CBR | 62 |
| 4.2.1.3 | Gráfico N ° 4 Curva de Ensayo CBR | 63 |
| 4.2.2 | Muestra N° 2..... | 64 |
| 4.2.2.1 | Gráfico N ° 1 Curva de Ensayo Próctor Estándar | 64 |
| 4.2.2.2 | Gráfico N °2 Ensayo de Próctor Modificado | 65 |
| 4.2.2.3 | Gráfica N ° 3 Curva de Penetración de Ensayo de CBR..... | 66 |
| 4.2.2.4 | Gráfica N ° 4 Curva de Ensayo CBR | 67 |
| 4.2.3 | Muestra N° 3..... | 68 |
| 4.2.3.1 | Gráfico N ° 1 Curva de Ensayo Próctor Estándar | 68 |
| 4.2.3.2 | Gráfico N ° 2 Curva de Ensayo Próctor Modificado..... | 69 |
| 4.2.3.3 | Gráfico N ° 3 Curva de Penetración de Ensayo de CBR..... | 70 |
| 4.2.3.4 | Gráfico N ° 4 Curva de Ensayo CBR | 71 |
| 4.2.4 | Muestra N° 4..... | 72 |
| 4.2.4.1 | Gráfico N ° 1 Curva de Ensayo Próctor Estándar | 72 |
| 4.2.4.2 | Gráfico N ° 2 Curva de Ensayo Próctor Modificado..... | 73 |
| 4.2.4.3 | Gráfico N ° 4 Curva de Penetración de Ensayo de CBR..... | 74 |
| 4.2.4.4 | Gráfico N ° 4 Curva de Ensayo CBR | 75 |
| 4.2.5 | Muestra N° 5..... | 76 |
| 4.2.5.1 | Gráfica N ° 1 Curva de Ensayo Próctor Estándar | 76 |
| 4.2.5.2 | Gráfica N ° 2 Curva de Ensayo Próctor Modificado..... | 77 |
| 4.2.5.3 | Gráfico N ° 3 Curva de Penetración de Ensayo de CBR..... | 78 |
| 4.2.5.4 | Gráfico N °4 Curva de Ensayo CBR | 79 |
| 4.3 | VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS | 80 |
| 4.3.1 | Muestra N° 1..... | 80 |
| 4.1.2.1 | Tabla N° 1: Resultados Ensayo Próctor Estándar | 80 |
| 4.1.2.2 | Tabla N° 2: Resultados Ensayo Próctor Modificado..... | 80 |
| 4.1.2.3 | Tabla N° 3: Resultados Ensayo Compactación de CBR | 80 |
| 4.1.2.4 | Tabla N° 4: Resultados Ensayo de CBR | 81 |
| 4.3.2 | Muestra N° 2..... | 81 |
| 4.3.2.1 | Tabla N° 1: Resultados Ensayo de Próctor Estándar | 81 |
| 4.3.2.2 | Tabla N° 2: Resultados Ensayo Próctor Modificado..... | 82 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 4.3.2.3 | Tabla N° 3: Resultados Ensayo Compactación de CBR | 82 |
| 4.3.2.4 | Tabla N° 4: Resultados Ensayo de CBR | 82 |
| 4.3.3 | Muestra N° 3..... | 83 |
| 4.3.3.1 | Tabla N° 1: Resultados Ensayo Próctor Estándar | 83 |
| 4.3.3.2 | Tabla N° 2: Resultados Ensayo Próctor Modificado..... | 83 |
| 4.3.3.3 | Tabla N° 3: Resultados Ensayo Compactación de CBR | 83 |
| 4.3.3.4 | Tabla N° 4: Resultados Ensayo de CBR | 83 |
| 4.3.4 | Muestra N° 4..... | 84 |
| 4.3.4.1 | Tabla N° 1: Resultados Ensayo Próctor Estándar | 84 |
| 4.3.4.2 | Tabla N° 2: Resultados Ensayo Próctor Modificado..... | 84 |
| 4.3.4.3 | Tabla N° 3: Resultados Ensayo Compactación de CBR | 84 |
| 4.3.4.4 | Tabla N° 4: Resultados Ensayo CBR | 85 |
| 4.3.5 | Muestra N° 5..... | 85 |
| 4.3.5.1 | Tabla N° 1: Resultados Ensayo Próctor Estándar | 85 |
| 4.3.5.2 | Tabla N° 2: Resultados Ensayo Próctor Modificado..... | 86 |
| 4.3.5.3 | Tabla N° 3: Resultados Ensayo Compactación de CBR | 86 |
| 4.3.5.4 | Tabla N° 4: Resultados Ensayo de CBR | 86 |
| CAPÍTULO V..... | | 87 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 87 |
| 5.1 | CONCLUSIONES | 87 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES | 90 |
| C.- MATERIALES DE REFERENCIA..... | | 91 |
| 1. BIBLIOGRAFÍA | | 91 |
| 2. ANEXOS..... | | 92 |
| 2.1 | Reporte Fotográfico Ensayo Próctor Estándar | 92 |
| 2.2 | Reporte Fotográfico Ensayo Próctor Modificado..... | 95 |
| 2.3 | Reporte Fotográfico Ensayo CBR | 98 |
| 2.3.1 | Determinación del Próctor Modificado..... | 98 |

| | | |
|-------|---------------------------------------|-----|
| 2.3.2 | Determinación del Esponjamiento | 100 |
| 2.3.3 | Determinación del CBR | 102 |

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “Correlación entre el Ensayo de CBR y el Ensayo del Próctor para determinar la Resistencia del suelo de la Parroquia Ambatillo Alto en el sector de San Pedro.”

AUTORA: Egda. María Victoria Salazar Vaca.

FECHA: Mayo, 2016.

El presente trabajo de investigación se realizó en el sector de San Pedro de la Parroquia Ambatillo Alto y tiene como objetivo determinar la resistencia que el suelo va a soportar, su contenido de humedad y el peso seco unitario del suelo compactado, el mismo que se llevó a cabo a partir de diferentes ensayos, el planteamiento de la hipótesis se puede corroborar mediante la realización de los ensayos tanto como CBR y Próctor, para lo cual fueron tomadas muestras de suelo en dicho sector.

Una vez realizados los ensayos respectivos se comprobó que la hipótesis planteada es correcta y se puede establecer la correlación entre cada ensayo, consecuentemente se procedió a la tabulación, análisis e interpretación de los datos obtenidos en el trabajo de campo, obteniéndose valores de resistencia al corte del suelo, contenidos de humedad y los pesos secos unitarios de cada muestra, los mismo que permitirán determinar las propiedades del suelo y los diferentes usos que se le puede dar en dicho sector.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA

Correlación entre el Ensayo de CBR y el Ensayo del Próctor para determinar la Resistencia del suelo de la Parroquia Ambatillo Alto en el Sector de San Pedro.

1.2 ANTECEDENTES

Para sustentar el proyecto se ha tomado como referencia proyectos de investigación similares, los cuales reposan en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato:

- Investigación realizada por Sr. Dipson Gonzalo Salazar Llerena con el tema: Las condiciones de las vías de la Parroquia Benítez, cantón Pelileo, provincia Tungurahua, y su incidencia en el desarrollo agrícola y ganadero del sector”.
- Investigación realizada por Sr. Johanna Estefanía Gavilanes Ramos con el tema: Características del sistema vial que comunica los barrios Mandana - El Lindero de la parroquia Pilahuín, cantón Ambato, provincia de

Tungurahua y su relación con el desarrollo socio-económico de los habitantes”.

Además, cabe recalcar que dichas investigaciones solo se han tomado como referencia a los ensayos que se han realizado en cada lugar; por lo tanto, se concluye que no existen antecedentes previos a para este proyecto ya que es un proyecto innovador y que dará como resultado determinar las diferencia entre cada ensayo planteado anteriormente.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En ingeniería es de gran importancia conocer la calidad de suelo, el cantón Ambato cuenta con varias tipologías de suelos, los cuales deben ser estudiados para determinar las diferentes propiedades que poseen y dar el uso adecuado a cada uno y a su vez mejorar para evitar posibles daños.

En este proyecto se va dar una correlación de los ensayos para obtener los resultados con cada uno de ellos ya sea como: espesores de las capas de los suelos, la resistencia al corte, el contenido de humedad y su densidad máxima y poder establecer diferencias entre cada uno de los ensayos.

El ensayo Próctor se realiza para determinar la humedad óptima a la cual un suelo alcanzará su máxima compacidad. La humedad es importante pues aumentando o disminuyendo su contenido en el suelo se pueden alcanzar mayores o menores densidades del mismo. A su vez se darán a conocer los diferentes tipos de materiales que se utilizan en este ensayo y los dos tipos de ensayos de Próctor que se realizan [1].

El ensayo C.B.R sirve para determinar la razón de soporte de los suelos compactados y ensayados en laboratorio, comparando la carga de penetración en el suelo con la correspondiente a un material normalizado. Esta norma se aplica a la evaluación de la calidad relativa de suelos de sub-rasante, pero también es aplicable a materiales de sub-base y a algunos materiales de base [2].

El suelo que se va a ensayar en este proyecto presenta un color negro que se encuentra en toda esta zona alta de Ambatillo en donde se van a determinar las propiedades del mismo y los diferentes usos para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Establecer una relación entre el comportamiento de los suelos mediante los ensayos CBR que miden la resistencia al esfuerzo cortante del suelo y PRÓCTOR que determina la relación del contenido de humedad y el peso seco unitario del suelo compactado.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar las propiedades índice – mecánicas de los suelos a través de la investigación de campo y laboratorio.
- Determinar el contenido de humedad óptimo del suelo ensayo para dar un buen confinamiento.
- Tabular los resultados del suelo obtenidos con cada ensayo realizado.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 GENERALIDADES

Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella.

Son muchos los procesos que pueden contribuir a crear un suelo particular, algunos de éstos son: la deposición eólica, sedimentación en cursos de agua, meteorización, y deposición de material orgánico.

De un modo simplificado puede decirse que las etapas implicadas en la formación del suelo son las siguientes:

"Instalación de los seres vivos (microorganismos, líquenes, musgos, etc.) sobre ese sustrato inorgánico." Esta es la fase más significativa, ya que, con sus procesos vitales y metabólicos, continúan la meteorización de los minerales, iniciada por mecanismos inorgánicos. Además, los restos vegetales y animales a través de la fermentación y la putrefacción enriquecen ese sustrato.

"Mezcla de todos estos elementos entre sí, con agua y aire intersticial." Inicialmente, se da la alteración de factores físicos y químicos de las rocas, realizada, fundamentalmente, por la acción geológica del agua y otros agentes

geológicos externos, y posteriormente por la influencia de los seres vivos, que es fundamental en este proceso de formación. Se desarrolla así una estructura en niveles superpuestos, conocida como el perfil de un suelo, y una composición química y biológica definida. Las características locales de los sistemas implicados —litología y relieve, clima y biota— y sus interacciones dan lugar a los diferentes tipos de suelo.

Los procesos de alteración mecánica y meteorización química de las rocas, determinan la formación de un manto de alteración que, cuando por la acción de los mecanismos de transporte de laderas, es desplazado de su posición de origen, se denomina coluvión.

Sobre los materiales del coluvión, puede desarrollarse lo que comúnmente se conoce como suelo; el suelo es el resultado de la dinámica física, química y biológica de los materiales alterados del coluvión, originándose en su seno una diferenciación vertical en niveles horizontales u horizontes.

En estos procesos, los de carácter biológico y bioquímico llegan a adquirir una gran importancia, ya sea por la descomposición de los productos vegetales y su metabolismo, por los microorganismos y los animales zapadores.

El conjunto de disciplinas que se abocan al estudio del suelo se engloban en el conjunto denominado Ciencias del Suelo, aunque entre ellas predomina la edafología e incluso se usa el adjetivo edáfico para todo lo relativo al suelo. El estudio del suelo implica el análisis de su mineralogía, su física, su química y su biología [3].

2.1.2 EL SUELO SU ORIGEN Y FORMACIÓN

La corteza terrestre de apenas pocos kilómetros de espesor, se ve afectada por los procesos meteorizantes de descomposición química y desintegración física, especialmente en la superficie por lo que así se forman los materiales blandos sobre ella.

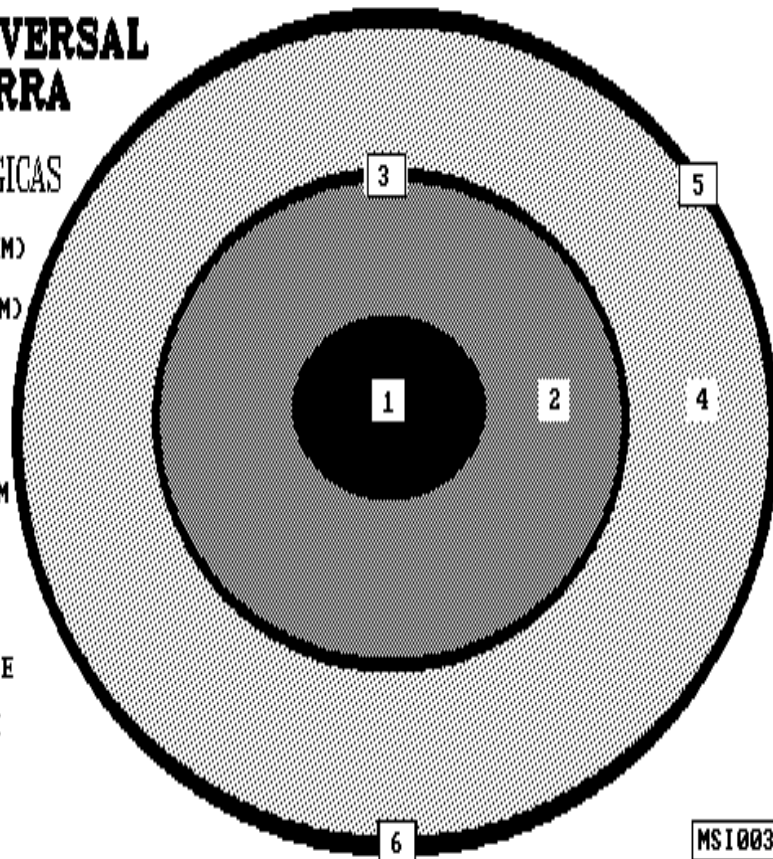
CORTE TRANSVERSAL DE LA TIERRA

CAPAS GEOMORFOLOGICAS

- 1 NUCLEO INT (1.350 KM)
- 2 NUCLEO EXT (2.100 KM)
- 3 DISCONTINUIDAD DE WIECHERT-GUTENBERG
- 4 MANTO (OSOL) 2.900 KM
- 5 CORTEZA (SIAL)
- 6 DISC. MOHOROVICIC

TODO EL MATERIAL QUE SE HALLA EN LA SUPERFICIE ES EL

SUELO



En la figura se puede observar un corte geomorfológico de la tierra y se deberá establecer la relación existente entre las capas internas y la meteorizada que es el SUELO de interés muy particular para los Ingenieros ya que sobre él se cimentarán todas sus obras civiles.

2.1.3 AGENTES GENERADORES DE SUELOS Y SUS MECANISMOS

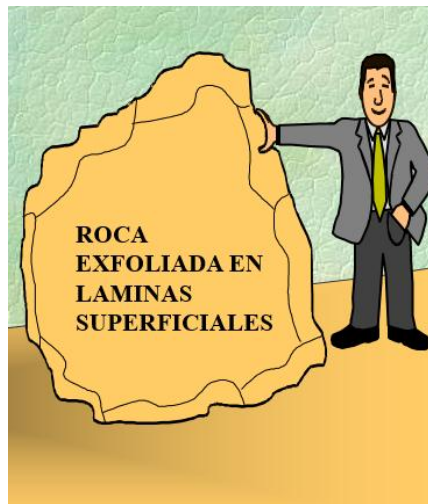
2.1.3.1 Desintegración Mecánica

Es la intemperización de la roca por agentes físicos tales como los cambios periódicos de la temperatura, acción del congelamiento del agua en las grietas y fisuras de las rocas, efectos de ciertos organismos, efecto de la vegetación.

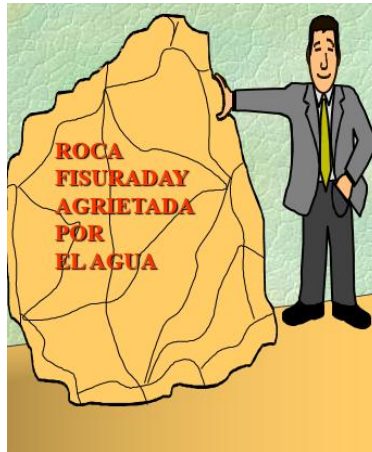
Por esta descomposición los suelos que se forman son: gravas, arenas, limos y muy ocasionalmente arcillas

Agentes físicos

- **El Sol.** - Cuyos rayos inciden directamente sobre la superficie de las rocas, calentándolas más en su interior provocando esfuerzos de expansión que hacen que finalmente se produzca un rompimiento de una capa superficial y el desprendimiento de la misma, este fenómeno es conocido como EXFOLIACIÓN y es de distintos grados dependiendo de si la roca atacada es ígnea ya que los cambios de temperatura producen mayor efecto, en cambio en rocas blandas sedimentarias el efecto es menor.



- **El Agua.** - Como agente erosivo es un poderoso generador de suelos, ya sean aguas lluvias, superficiales, subterráneas ó del mar, permanentemente mantienen partículas sólidas en suspensión y que en contacto con los suelos producen fricción y por lo tanto desintegración. Cuando se introducen en las grietas tienden a llenar los espacios vacíos y si se congelan en su interior, el aumento de volumen también fisurará la roca y la irá desintegrando cada vez en menor tamaño.



- **El Viento.** - Acarreará gran cantidad de partículas sólidas y que al chocar con masas de suelo tales como taludes ó terraplenes producen también erosión ó desintegración. Los suelos así formados son los MEDANOS (el viento confiere formas caprichosas a los médanos y los LOESS (es un sedimento expandido por todo el mundo. Los sedimentos más significativos se hallan en China; pero en las amplias llanuras de la Pampa argentina yacen también gruesos depósitos de este material sedimentario de origen detrítico) o suelos eólicos.
- **Los Glaciares.** - Son los depósitos de hielos de las grandes montañas y ejercen gran acción erosiva, abrasiva y de transporte de los materiales de superficie. Cuando el glaciar de montaña desciende, rellena los barrancos, y cuando el glaciar continental desciende, rellena los valles.

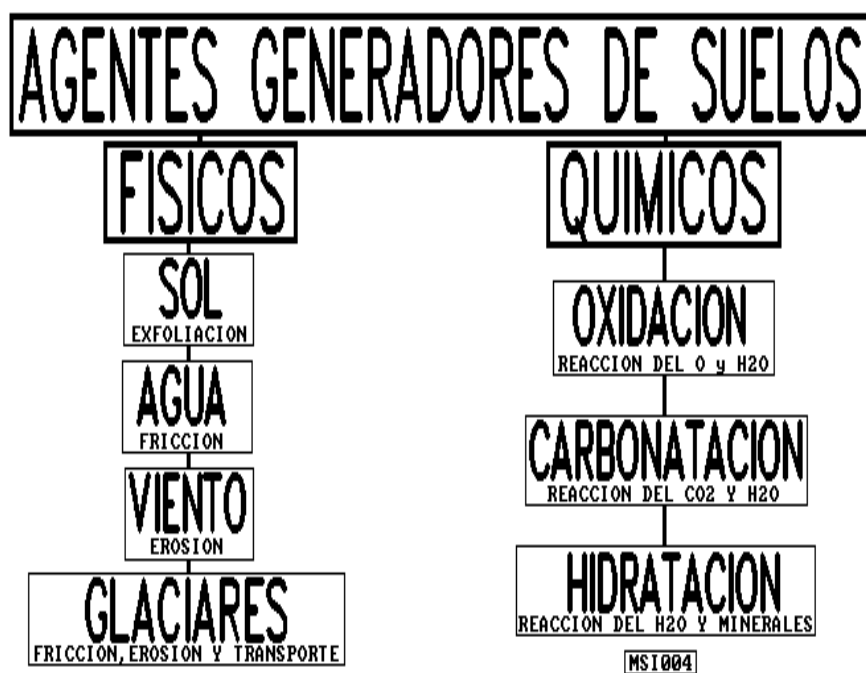
2.1.3.2 Descomposición Química

Es la acción de agentes que atacan a la roca modificando su constitución mineralógica ó química.

Agentes Químicos

- **La Oxidación.** - Es la reacción química que produce el oxígeno del aire o del agua sobre los minerales de las rocas, oxigenándoles. El efecto será mayor cuando las rocas tengan altos porcentajes de hierro.

- **La Carbonatación.** - Es el ataque que el anhídrido carbónico (CO_2) y el agua (H_2O) producen sobre las rocas que contienen hierro, calcio, magnesio, sodio o potasio, por ej. la carbonatación de la ortoclasa (feldespato potásico) produce la CAOLINITA. Si la carbonatación afecta a las calizas, se forman grandes cavernas por la disolución del material en el agua.
- **La Hidratación.** - El agua que pueden absorber las rocas se combina con sus minerales y se formarán otros distintos de los originales.



2.1.4 TIPOS DE SUELO

De acuerdo con el origen de sus elementos, los suelos se dividen en dos grupos:

- Suelos cuyo origen haya sido la desintegración física o la descomposición química de las rocas, que son los inorgánicos.
- Suelos cuyo origen sea exclusivamente orgánico, éstos casi siempre se forman en el sitio. La cantidad de materia orgánica en forma de humus, o de materia no descompuesta, o cuando su estado de descomposición es tan

alto con relación a la cantidad de suelo inorgánico que las propiedades que pudieran derivarse de la porción mineral, quedan disminuidas ó totalmente eliminadas.

Esto es común en las zonas pantanosas en las cuales los restos de la vegetación acuática llegan a formar verdaderos depósitos de gran espesor, conocidas con el nombre genérico de:

Turbas. - Cuyo color característico es el negro o café oscuro, por su poco peso cuando están secas, por su gran compresibilidad y su enorme porosidad.

Al grupo de suelos inorgánicos se les ha dividido dependiendo de las necesidades del Ingeniero Civil, y los siguientes son los principales:

- **Las Gravas.** - Son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de 2 mm de diámetro.

Dependiendo de su origen, las gravas si han sido arrastradas por las aguas de los ríos, sufren desgaste en sus aristas y por lo tanto pueden aparecer como redondeadas. Como material suelto se pueden encontrar en los ríos y en muchas depresiones rellenas también por el acarreo o transporte de las aguas lluvias, aluviones, etc. Las gravas ocupan grandes extensiones, pero casi siempre se encuentran con una mayor o menor proporción de cantos rodados, arenas, limos y arcillas.

- **Las Arenas.** - Es el nombre que toman los materiales de granos finos procedentes de la "denudación" de las rocas y/o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían desde 2 mm, hasta los 0.05 mm de diámetro. El origen y también la existencia de las arenas es análogo a la de las gravas, los dos suelen encontrarse juntos en el mismo depósito.

La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava, limo y arcilla. Las arenas son materiales que estando limpios: no se contraen al secarse, no son plásticos, son mucho menos

compresibles que las arcillas y si se aplican una carga en su superficie, se comprimen o densifican casi instantáneamente.

- **Los Limos.** - Los limos son suelos finos que van de poca a ninguna plasticidad, pudiendo ser:

Limo inorgánico. - Como el producido en las canteras por trituración de gravas. Limo orgánico. - Como el que suele encontrarse en los ríos, siendo en éste último caso en que los limos son de carácter plástico.

El diámetro de las partículas de limo está comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm. Su color varía de gris claro a gris oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su compresibilidad es muy alta

Los limos sueltos saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas.

- **Las Arcillas.** - Son partículas sólidas cuyos diámetros son menores al 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua.

Los grupos principales de las arcillas se les puede englobar en: CAOLINITAS ILITAS Y MONTMORILONITAS [4].

2.1.5 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS EN LA INGENIERÍA CIVIL

2.1.5.1 Identificación Visual Manual de los Suelos

La identificación de los suelos es un problema fundamental en la ingeniería así identificar un suelo es encasillarlo entre algún grupo. La identificación permite conocer en forma cualitativa las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo atribuyéndole homologas a las del grupo en que se situé.

2.1.5.2 Identificación en el Campo de los Suelos Gruesos

Los suelos gruesos se identifican en el campo sobre una base prácticamente visual. Se extiende la muestra seca sobre una superficie plana y puede juzgarse en forma aproximada su graduación, el tamaño de las partículas, la forma y tal vez hasta la composición mineralógica.

Para diferenciar gravas de arenas, se utiliza el tamaño de 0.5 cm y para la estimación de finos, considerar que las partículas correspondientes a la malla # 200 (0.074 mm) son las más pequeñas que pueden distinguirse a simple vista.

En lo referente a la graduación del material se requiere de cierta experiencia para diferenciar los suelos bien graduados de los mal graduados.

Para examinar la fracción más fina en la muestra de suelo las pruebas de campo deberán ejecutarse sobre la parte que pase el equivalente a las partículas menores al tamiz # 4 (0.42 mm), es decir eliminar manualmente todas las partículas mayores a dicho tamaño.

2.1.5.3 Identificación en el Campo de los Suelos Finos

La metodología de identificación de los suelos finos en el campo es muy simplista si se tiene algo de experiencia y se toman en cuenta las siguientes recomendaciones: Ensaye únicamente suelo de partículas finas (menores al tamiz # 200), en el campo estas partículas son polvo cuando secas y de lodo cuando húmedas. Por lo tanto, las características particulares de los suelos finos se las obtendrá haciendo ensayos en las dos condiciones.

PRINCIPALES

- ***Dilatación.*** - La velocidad con una pastilla de suelos previamente elaborada bajo procedimientos específicos reacción al movimiento, se llama DILATANCIA. Únicamente se requiere tomar una pequeña muestra de suelo (en el campo se requerirá un puñado, no se puede o no se debe hablar de pesos, considerando que el trabajo es en sitio), se la mezcla con

agua hasta que tenga una consistencia moldeable, luego agitar y sacudir entre la mano, debido a los impactos el agua que esta entre la masa de la muestra tiende a fluir y deberá observarse la velocidad con la que aparece el agua, o si desaparece si se la presiona entre los dedos, por lo tanto el comportamiento indicara con la clase de suelo que se está trabajando o identificando; así serán:

- **Arenas.** - Las arenas limpias y muy finas son las que presentan la reacción más rápida y distintiva de éste tipo de suelo.
 - **Limos.** – Los limos especialmente los inorgánicos presentan una reacción de rápida a moderada, se caracteriza por esta reacción polvo de roca.
 - **Arcilla.** – Las arcillas son suelos que presentan una reacción lenta y a veces nula y esto dependerá de la plasticidad de dichos suelos, si son poco plásticos le reacción será muy lenta y si son muy plásticos prácticamente no habrá reacción al sacudimiento.
-
- **Tenacidad.** - Este ensayo consiste en hacer rollitos de suelo de 3 mm de diámetro y cuando empiecen a trizarse por la eliminación del agua, se les presiona entre los dedos, únicamente será el tacto de cada persona con o que se pueda medir la tenacidad alta, media o baja, por lo que se requiere tener en cuenta que los suelos más tenaces son los arcillosos y menos tenaces los arenosos, en cambio sí son muy plásticos presentarán una alta tenacidad.
 - **Resistencia en Estado Seco.** – La resistencia en seco depende de la fracción coloidal que puede tener el suelo por lo tanto los suelos arenosos poca o ninguna fracción coloidal, mientras que los suelos arcillosos son los que mayor fracción coloidal tiene, los suelos limosos podrán tener mayor o menor fracción coloidal entonces.

- **Arenas.** - Tienen poca o ninguna fracción coloidal, su resistencia en seco es nula.
- **Limos.** – Si tienen poca fracción coloidal tendrán mediana resistencia en seco, en cambio sí es alta, la resistencia en seco también será alta.
- **Arcillas.** – Son suelos que tienen mayor fracción coloidal por lo tanto también serán los que mayor resistencia en seco presenten

Entre las propiedades aleatorias se analizan las siguientes:

- **Color**

En los suelos pueden identificarse dos tonalidades que son determinantes en la identificación los tonos oscuros y grises en general indican la presencia de suelo orgánico en cambio los tonos claros y brillantes indicarán la presencia de suelos inorgánicos.

El color es muy útil por la diferenciación que se logra de los planos estratigráficos especialmente cuando se ejecuta un estudio de suelos.

- **Olor**

Los suelos inorgánicos no tienen olor de ninguna naturaleza, en cambio los suelos orgánicos tienen un olor característico que es muy detectable cuando húmedo, e inclusive si las muestras se calientan su presencia es inconfundible.

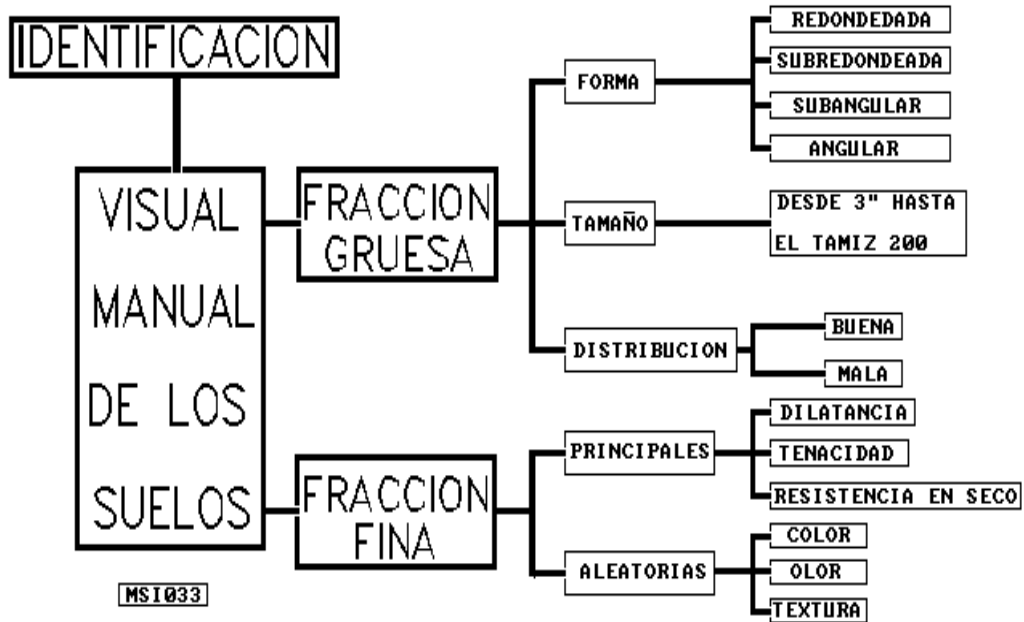
- **Textura**

Los suelos friccionantes tienen textura granular, de partículas esféricas.

Los suelos cohesivos tienen textura jabonosa, es decir, son suaves al tacto.

Los suelos orgánicos tienen textura fibrosa, esponjosa.

La identificación de las arenas, limos, arcillas y suelos orgánicos también es de fácil aplicación [5].



2.1.6 PROCESOS DE COMPACTACIÓN DE LOS SUELOS Y MÉTODOS DEL LABORATORIO

2.1.6.1 Antecedentes

El suelo, como cualquier elemento natural, posee una estabilización entre los diversos factores que lo influyen. Un cambio de este equilibrio puede provocar una alteración física, química o biológica. La compactación es la principal causa de alteración del suelo.

Hay dos situaciones con elevado riesgo de compactación: áreas con fuerte tránsito de vehículos y personas, y áreas cercanas a lugares en construcción. Hay suelos con una tendencia más o menos acentuada a la compactación, en función de la composición, estructura y contenido de humedad. Las constructoras a menudo trabajan con maquinarias muy pesadas, sin delimitar la zona en la que se encuentran y se plantarán árboles. Se desconocen cuál es la superficie que abarca

el aparato radical, así como, se ignoran los efectos derivados de la compactación y dificultad que se encuentran para intentar resolverlo.

La compactación de los suelos se produce por la reorientación de las partículas o por la distorsión de las partículas y sus capas absorbidas. En un suelo no cohesivo la compactación ocurre mayormente por la reorientación de los granos para formar una estructura más densa. La presión estática no es muy efectiva en este proceso porque los granos se acunñan unos contra otros y resisten el movimiento.

Si los granos se pueden liberar momentáneamente, las presiones, aun las ligeras, son efectivas para forzarlos a formar una distribución más compacta. El agua que fluye también reduce el rozamiento entre las partículas y hace más fácil la compactación, sin embargo, el agua en los poros también impide que las partículas tomen una distribución más compacta. Por esta razón la corriente de agua sólo se usa para ayudar a la compactación, cuando el suelo es de granos tan gruesos que el agua abandona los poros o huecos rápidamente

Para lograr una compactación eficiente en los suelos no cohesivos se requiere una fuerza moderada aplicada en una amplia área, o choque y vibración. La compactación eficiente en los suelos cohesivos requiere presiones más altas para los suelos secos que para los húmedos, pero el tamaño del área cargada no es crítico. La eficiencia se mejora aumentando la presión durante la compactación a medida que el peso específico y la resistencia aumenta.

Existen muchos métodos para reproducir en el laboratorio las condiciones dadas de compactación de campo. El primer método fue concebido al investigador Ing. Richard Próctor y se conoce como prueba Próctor Estándar, posteriormente por acoplar la energía de compactación a la eficiencia de las máquinas modernas, el ensayo original se modifica tomando precisamente el nombre de PRÓCTOR MODIFICADO.

2.1.6.2 Objetivos Técnicos

La importancia de estudiar el fenómeno estriba en el incremento sustancial que se puede conseguir en:

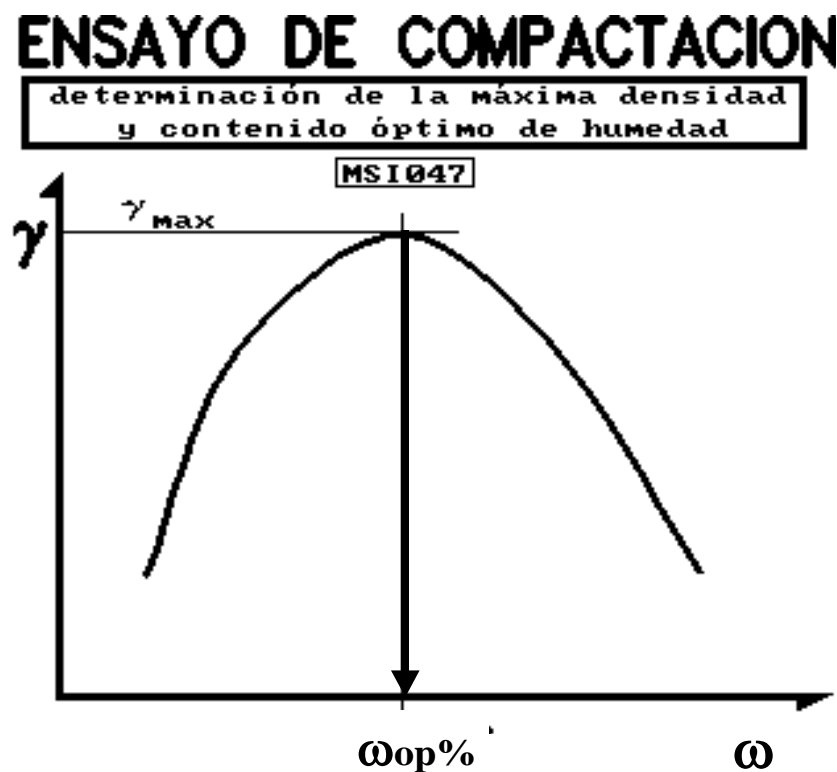
- **RESISTENCIA Y CAPACIDAD DE CARGA**
- **INDEFORMABILIDAD E IMPERMEABILIDAD.**

El hombre ha tenido que buscar alternativas técnicas para desarrollar la compactación, y éstas han logrado "que por incremento del **PESO VOLUMÉTRICO** se reduzca al máximo la relación de vacíos de aire, haciendo que el suelo se vuelva impermeable pese a tener cierto contenido de humedad.

De lo anteriormente expuesto se establecen dos parámetros fundamentales en la compactación de los suelos y son:

- **PESO VOLUMÉTRICO MÁXIMO O MÁXIMA DENSIDAD Y CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD.**

En el gráfico siguiente se muestran la curva típica de un ensayo de compactación y determinación de los parámetros fundamentales γ_{max} y $W_{op}\%$.



La masa del suelo generalmente tiene un comportamiento favorable para la Ingeniería civil, cuando de un estado seco empieza a absorber agua, pero dicha absorción no es infinita, sino que tiene un **LIMITE** en donde las características

del suelo son excelentes, al sobrepasar dicho límite el suelo empieza a ablandarse y las propiedades técnicas decrecen aceleradamente. A los rangos de absorción de agua y de exceso de agua se conocen como:

FASE DE ABSORCIÓN y FASE DE SATURACIÓN

La compactación de los suelos depende de la energía usada la misma que puede ser calculada como la relación existente entre el número de repeticiones de un efecto mecánico sobre un volumen, esto se ha logrado correlacionando entre efectos de las maquinarias en el campo con efectos similares de equipos de laboratorio.

Así el Dr. Richard Próctor estableció que, para un volumen de suelo predefinido, y con un procedimiento dinámico repetitivo se conseguía reproducir la misma compactación que las maquinarias habían conseguido en el campo y entonces le llamó a éste ensayo **PRÓCTOR ESTÁNDAR** que posteriormente fue acogido por S.B.T (Standard Bureau Testing) o Departamento de Normalización de Ensayos de los Estados Unidos.

Con el transcurso del tiempo y con el apareamiento de maquinaria más pesada y eficaz para compactar suelos en el campo, se debieron cambiar las especificaciones del ensayo y aparecen las normas correspondientes al **PRÓCTOR MODIFICADO** o **ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN DE LOS SUELOS**.

2.1.6.3 Energía de Compactación

$$EC = \frac{N' * n * w * h}{V}$$

En donde:

Ec = Energía de Compactación.

N = número de golpes por capa

n = número de capas

w = peso del pisón

h = altura de caída

V = volumen del suelo compactado

Datos con los que se puede obtener tanto la energía de compactación tanto de los ensayos estándar como de los modificados.

2.1.7 FACTORES QUE AFECTAN LA COMPACTACIÓN

Al reducir la compresibilidad de un suelo se disminuye el volumen de vacíos, sin embargo, se entenderá que es imposible eliminarlos íntegramente por lo que la condición del suelo será de **PARCIALMENTE SATURADO**.

De las propiedades anotadas anteriormente que son modificadas por los procesos de la compactación se establece que **ESPECIFICAR** el "grado de compactación" es más que un simple requerimiento de incrementar la densidad; ya que también se deben considerar los efectos colaterales que afectan la compactación de los suelos por lo que se hace indispensable un reconocimiento previo del suelo a fin de conocer si presentará cambios apreciables de volumen o podrá escurrir el agua en el momento en que el fenómeno ocurre y en fin las condiciones reales del suelo en la obra.

Los procedimientos normalizados para ensayos de Laboratorio deberán examinarse cuidadosamente para seleccionar un método que "corresponda" exactamente al trabajo de la maquinaria en el campo, y que además garantice que el **RENDIMIENTO Y EFICACIA** sean los resultados obtenidos.

La eficiencia del trabajo de laboratorio depende de los siguientes factores:

- **Tipo de Suelos**

Se ha podido demostrar que tanto el equipo utilizado para compactar el suelo, así como los niveles de densidad que pueden alcanzarse varían según el tipo de suelo

ensayado y en suelos friccionantes las densidades son menores, aunque en realidad están apoyadas por la gravedad específica de sus partículas, sin embargo, las oquedades o vacíos que quedan impiden alcanzar la máxima densidad y esto se mejora cuando la granulometría indica buena graduación y amplia distribución de todos los tamaños.

Cuando los suelos son finos areno-limosos el trabajo de compactación es eficaz y de rendimiento inmediato. Cuando los suelos son de tipo plástico sean limosos o arcillosos el contenido de humedad incrementa la incertidumbre del comportamiento mecánico, puesto que a menores humedades el suelo puede mantener su volumen constante (es decir en el límite de contracción), en cambio con altos contenidos de humedad las variaciones volumétricas serán en realidad muy apreciables, y pueden aparecer fenómenos de esponjamiento o expansión, totalmente perjudiciales para cualquier estructura suprayacente.

- **El Método de Compactación**

El que se utilice para compactar es determinante en los resultados que se obtenga siendo así que métodos estáticos o vibratorios han dado resultados excelentes en suelos granulares, mientras que el método de amasado que en el campo es 100 % eficiente en el laboratorio se hace algo difícil de conseguir.

El sistema de compactación de laboratorio debe asociarse con el de campo y solo así se podrá confiar en el dato de la **MÁXIMA DENSIDAD Y DE LA ÓPTIMA HUMEDAD**, a fin de que el grado de compactación refleje la realidad del trabajo de una maquinaria y no se desperdicie tiempo y dinero pretendiendo conseguir densidades imposibles.

- **La energía de Compactación**

Si bien la energía de compactación ha quedado totalmente definida teóricamente para el trabajo de laboratorio, habiendo la relación entre los parámetros que causan el efecto con respecto a un volumen, en cambio en el campo si existe cierta disipación de la energía de compactación, lo que significa que las maquinarias

requieren ejecutar mayor trabajo para alcanzar igual densidad que la máxima alcanzada en el laboratorio.

- **Contenido de Humedad Inicial**

Este es un problema serio porque si es bien en los suelos granulares el proceso de la compactación se logra de la rama de hidratación a la de saturación lo que es lógico, en cambio en los suelos finos que son ávidos de agua el proceso se invierte, es decir toca partir de la rama de la saturación y por secado llegar a la rama de hidratación, entonces el valor de la máxima densidad alcanzado y el contenido de humedad es realmente el óptimo....?

La respuesta es de dudosa confirmación ya que se hace imposible reducir el contenido de humedad a una masa de suelo para que el **CONTENIDO ÓPTIMO** sea menor que la humedad natural.

- **La Recompactación**

Cuando se ensaya un suelo y no se tiene suficiente muestra es práctica común en los laboratorios la recompactación lo cual trae como consecuencia una alteración de los resultados finales, y si se recompacta a un suelo fino no se debe olvidar que por efecto de la tixotropía la masa alcanzará igual resistencia al corte que en su estado natural lo que significa que la compactación entonces fue en vano.

2.1.8 MÉTODOS DE COMPACTACIÓN

Los métodos de laboratorio consisten en compactar el suelo en tres o cinco capas dentro de un molde especificado por medio de golpes de un pisón que se deja caer desde una altura dada.

La AASHTO acogió la propuesta de Próctor y ha establecido distintos métodos para realizar los ensayos de compactación, denominados **MÉTODOS ESTÁNDAR Y MÉTODOS MODIFICADOS** y cada uno a su vez tiene especificaciones agrupadas en: A, B, C, y D.

Cuando se requiere menor trabajo o energía de compactación se usará el método estándar (AASHTO T-99).

Cuando se requiere mayor trabajo o energía de compactación se usará el método modificado (AASHTO T-180).

A continuación, se detallan los equipos y las especificaciones para cada uno de los métodos propuestos por la ASOCIACIÓN AMERICANA DE VÍAS ESTATALES Y TRANSPORTE OFICIAL (AASHTO).

| AASHTO ESTÁNDAR T-99 | | | | |
|--|-----------------------|----------------------------|-------------------------|----------|
| MARTILLO 5,5 LIBRAS | | ALTURA DE CAÍDA 12" | | |
| Material | PASA TAMIZ # 4 | | PASA TAMIZ # 3/4 | |
| MÉTODOS | A | B | C | D |
| Molde usado | 4" | 6" | 4" | 6" |
| Número de capas | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Número de golpes/capa | 25 | 56 | 25 | 56 |
| Volumen del molde sin collar (pies cúbicos) | 1/30 | 1/13,33 | 1/30 | 1/13,33 |
| Volumen del molde sin collar (c.c) | 944 | 2123 | 944 | 2123 |
| Energía de Compactación: lb pie / pie ³ | 12375 | 12317 | 12375 | 12375 |

| AASHTO MODIFICADO T-180 | | | | |
|--|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------|
| MARTILLO 10 LIBRAS | | ALTURA DE CAÍDA 18" | | |
| Material | PASA TAMIZ # 4 | | PASA TAMIZ # ¾ | |
| MÉTODOS | A | B | C | D |
| Molde usado | 4" | 6" | 4" | 6" |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes/capa | 25 | 56 | 25 | 56 |
| Volumen del molde sin collar (pies cúbicos) | 1/30 | 1/13,33 | 1/30 | 1/13,33 |
| Volumen del molde sin collar (centímetros cúbicos) | 944 | 2123 | 944 | 2123 |
| Energía de Compactación: lb pie / pie ³ | 12375 | 12317 | 12375 | 12375 |
| Tomado de CARRETERAS, CALLES Y AEROPUERTOS Raúl Valle Rodas | | | | |

2.1.8.1. Procedimiento

Además de estos métodos conocidos se debe preparar la muestra de esta manera:

Se seca el suelo al ambiente y tamiza por la malla correspondiente según el método a seguir, y se separa 12.000 ó 24.000 gramos según se use el método Estándar AASHTO T-99 ó el AASHTO T-180. Luego se divide el material en 4 porciones iguales representando posteriormente cada una de ellas un punto de la curva humedad-densidad.

Se toma la primera porción de material y se le agrega agua suficiente como para formar una masa de humedad uniforme y luego se divide ésta porción en 3 ó 5 partes iguales (según el número de capas del método que se use). Cada capa se compacta con el martillo correspondiente y con el número de golpes especificados. Cabe anotar que cada capa compactada debe contener aproximadamente 1" de espesor.

Enseguida se pesa el molde con el suelo compactado y se determina la densidad húmeda (γ_m). Antes de eliminar esta primera muestra compactada se determina su contenido de humedad de una pequeña porción de su parte central y poniéndola en el horno a 105 ó 110 °C.

Con este contenido de humedad se determina la humedad seca (γ_d) a partir de la densidad húmeda.

$$\gamma_m = \frac{\gamma_m}{1 + \omega}$$

En donde:

$$\gamma_m = W_m / V_m$$

$$W_s = W_m / (1 + \omega\%)$$

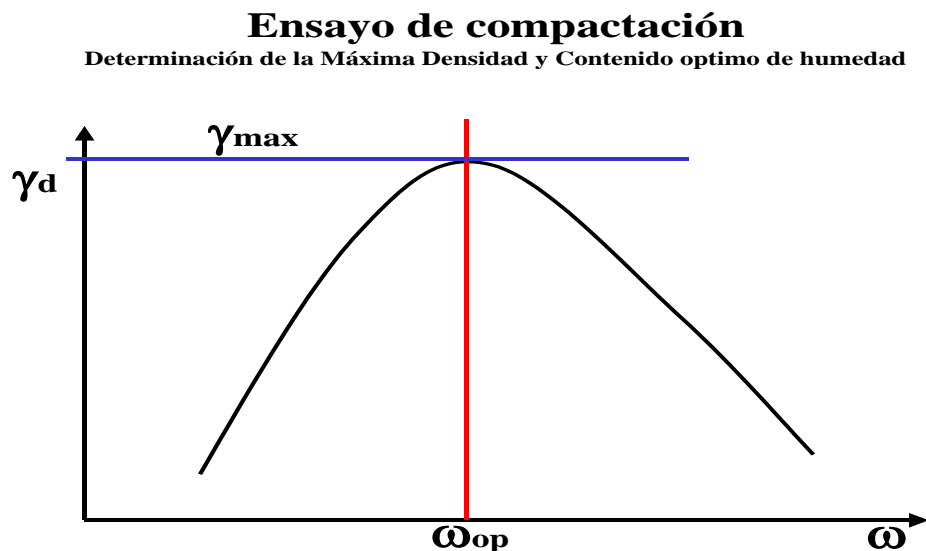
$$\gamma_d = W_s / V_m$$

$$\gamma_d = W_m / (1 + \omega\%)(V_m)$$

De la misma manera que se trabaja la primera porción se compactan las cuatro porciones restantes, el contenido de humedad irá aumentando en cada caso hasta llegar al punto de densidad seca máxima y humedad óptima. Pasando este punto la densidad irá disminuyendo. A este tramo que se sigue después de la densidad máxima, se le llama fase de saturación.

De esta manera se obtienen los puntos de la curva humedad - densidad, curva que proporciona la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad como se podrá ver en el ejemplo para cálculo típico.

En el gráfico realizado a continuación se podrá observar la curva típica de la COMPACTACIÓN.



Como se verá, este ensayo sirve para determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad que viene a ser el contenido de humedad que da el más alto peso volumétrico seco.

En suelos residuales este método origina errores, es necesario controlar la humedad punto por punto, preferiblemente es a partir de la humedad natural, y hacer cada punto luego de una hora del anterior [6].

2.1.9 ENSAYO DE CBR

El ensayo de CBR mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, la ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y está normado con el número ASTM D 1883-73. Este método fue propuesto en 1929 por los ingenieros T. E. Stanton y O. J. Porter del departamento de carreteras de California. Desde esa fecha tanto en Europa como en América, el método CBR se ha generalizado y es una forma de clasificación de un suelo para ser utilizado como subrasante o material de base en la construcción de carreteras. Se aplica para la evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante, algunos materiales de sub bases y bases granulares, que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 mm, y que es retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que la fracción no exceda del 20%.

2.1.9.1 Definición de CBR

El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1” o 0.2” de penetración, expresada en por ciento en su respectivo valor estándar. También se dice que mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado, sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

2.1.9.2 Definición de número CBR

El número CBR (o simplemente CBR), se obtiene de la relación de la carga unitaria (lbs/pulg².) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (19.4 cm²) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón (lbs/pulg².) requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para un suelo específico, determinado utilizando el ensayo de compactación estándar o modificado del experimento [7].

Esta relación se expresa en porcentaje: %

$$\text{CBR} = \frac{\text{Esfuerzo del suelo ensayado}}{\text{Esfuerzo del suelo patrón}} \times 100$$

| CBR | Clasificación cualitativa del suelo | Uso |
|------------|--|-------------|
| 2 - 5 | Muy mala | Sub-rasante |
| 5 - 8 | Mala | Sub-rasante |
| 8 - 20 | Regular - Buena | Sub-rasante |
| 20 - 30 | Excelente | Sub-rasante |
| 30 - 60 | Buena | Sub-base |
| 60 - 80 | Buena | Base |
| 80 - 100 | Excelente | Base |

Tabla de clasificación y uso del suelo según el valor de CBR. Fuente: Assis A., 1988.

2.1.9.3 Procedimiento

Procedimiento para realizar el ensayo de CBR se debe realizar previamente un ensayo de Próctor Modificado y posteriormente se realiza lo siguiente:

- Se escoge un suelo seco del cual se obtuvo humedad óptima.
- Se tamiza el suelo a ensayar por los tamices normados para este tipo de ensayo y se pesa una cantidad de 6000 gr estimada.
- Se procede a medir la cantidad de agua obtenida anteriormente en la probeta.
- Se mezcla el suelo con la cantidad de agua obteniendo una mezcla homogénea.

- Se pesa el molde sin collarín y se procede a tomar las medidas de diámetro, altura, peso del molde.
- Se coloca en el molde 5 capas de suelo y se golpea con el martillo cada capa según corresponda al molde de 56, 27 y 11 golpes.
- Se retira el collarín y se enraza la última capa y se procede a pesar el molde con suelo. Y por último se lleva a la máquina para aplicar CBR [8].

2.2 HIPÓTESIS

Existirá una correlación entre los Ensayos de CBR y el Ensayo de Próctor para determinar la Resistencia del suelo de la Parroquia de Ambatillo Alto en el sector de San Pedro.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.3.1 Variable Independiente.

Correlación de los resultados de los ensayos.

2.3.2 Variable Dependiente

Determinación la Resistencia del suelo de la Parroquia de Ambatillo Alto en el sector de San Pedro.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrollará en los siguientes niveles:

Nivel Exploratorio. - Es un estudio poco estructurado básico y elemental consiste en identificar y reconocer el problema, las variables independiente y dependiente, actualización de datos o teoría de conocimientos ya existentes, facilita la formulación de una hipótesis y de alguna manera admite delinear la investigación.

Nivel Descriptivo. - Describe los datos y características de la población o fenómeno en estudio, se utiliza para frecuencias, promedios y otros cálculos estadísticos, compara sucesos y efectos derivados del problema del proyecto, es de interés social además de profundizar datos y conceptos en cada una de las variables, de igual manera admite expresar al enfoque de la investigación.

Asociación de Variables. - Expresa claramente en la relación que tienen las dos variables, la independiente y dependiente las cuales determinan las condiciones y sus características del suelo estudiado para mejorar la calidad de vida de los habitantes de los sectores en estudio, permite también la aceptación de la hipótesis formulada conjuntamente alcanzando el objetivo.

Nivel Explicativo. - Mediante la explicación a los habitantes de la zona se da una propuesta de solución al problema, que en este caso contempla la determinación de la resistencia del suelo, que servirá para dar un mejor uso del mismo en el sector San Pedro de la Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

Además, la investigación se desarrollará en los siguientes tipos:

Tipo Exploratorio. - Es un estudio que se considera como el primer acercamiento científico a un problema a estudiarse. Se utiliza cuando éste aún no ha sido abordado o no ha sido suficientemente estudiado y las condiciones existentes no son aún determinantes o determinadas.

Tipo Descriptivo. – Se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales de una realidad o a su vez del problema del proyecto.

Tipo Correlacional. – Es aquel tipo de estudio que persigue medir el grado de relación existente entre dos o más conceptos, variables o hipótesis las cuales determinan las condiciones y sus características de los ensayos que se realizara en el suelo.

Tipo Explicativa. – Es aquella que tiene relación casual, no sólo persigue describir o acercarse al problema del proyecto, sino que intenta encontrar la solución al mismo y las causas que lo provocan para la determinación de la resistencia del suelo, que servirá para dar un mejor uso del mismo en el sector

San Pedro de la Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.1.1 Población

La población o universo no está determinada en este caso.

3.1.2 Muestra

La muestra está constituida por el número de ensayos que se van a realizar en este sector, los cuales van a ser de 5 muestras ejecutadas para ser ensayadas y estudiadas para determinar la resistencia del suelo en el sector de San Pedro de la Parroquia de Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Correlación de los resultados de los ensayos.

| Conceptualización | Dimensiones | Indicadores | Ítems | Técnicas e Instrumentos |
|--|-------------------|---|---|--|
| <p>Correlación: Se conceptúa como la realización de la correlación de los ensayos de Próctor y CBR.</p> | Ensayo de Próctor | Compactación Contenido de Humedad Óptima | <p>¿Cuál es Contenido de Humedad Óptima?</p> <p>¿Cuál es la</p> | <p>Normas AASHTO T-99 ó el AASHTO T-180</p> <p>Normas AASHTO</p> |

| | | | | |
|--|---------------|------------------------------|-------------------------------|--|
| | Ensayo de CBR | Capacidad Portante del Suelo | Capacidad Portante del Suelo? | |
|--|---------------|------------------------------|-------------------------------|--|

3.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Determinación la Resistencia del suelo de la Parroquia de Ambatillo Alto en el sector de San Pedro.

| Conceptualización | Dimensiones | Indicadores | Ítems | Técnicas e instrumentos |
|--|-------------------------|--|---|--|
| Determinación de la Resistencia del Suelo: Son las condiciones en que se encuentra el suelo y darle un mejoramiento al mismo. | Social Económica | Salud Educación Comercio Agricultura Turismo | ¿Cuáles son las condiciones sociales del sector? ¿Cuáles son las condiciones económicas? | Estudios del Suelo Estudios del Suelo |

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

De acuerdo al tema en estudio y su hipótesis se presentan las siguientes preguntas básicas.

| | |
|---|--|
| ¿Para qué? | Para mejorar las condiciones del suelo en el sector de San Pedro de la Parroquia Ambatillo Alto y Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. |
| ¿A quiénes? | A las diferentes muestras tomadas del suelo del sector de San Pedro de la Parroquia Ambatillo Alto y Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. |
| ¿Cómo? | Se realizarán los ensayos Próctor Estándar y Modificado; también el ensayo de CBR. |
| ¿Con qué? | La recolección de datos contará, con instrumentos como cuaderno de notas, ficha de campo. |
| ¿Dónde? | En el sector que se ve afectada por el problema principal. |
| ¿Cuándo? | Enero del 2016 |
| ¿Qué técnicas de recolección se utilizarán? | Normas AASHTO. |
| ¿Qué tipo de instrumentos? | Cuaderno de notas, fichas de campo, registros. |
| ¿Quién? | Egresada María Victoria Salazar Vaca |

La técnica a utilizar durante la ejecución del proyecto será de participación directa e indirecta, recolectando la información de datos tomados en sitio tales como el tipo de suelo de una manera estructurada y sistemática, las mismas que se realizarán en el sector de San Pedro de la Parroquia Ambatillo Alto y Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Los datos se procesarán de una manera rápida y eficaz aplicando programas de computación que facilitarán la representación de la información resultante

mediante gráficos afines a la investigación, es decir dando resultados visibles con los que se puedan establecer conclusiones y relacionándolos con las diferentes partes de la investigación especialmente con los objetivos e hipótesis planteados.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS



4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos del proyecto se realizó un muestreo en el sector San Pedro de la Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua; el mismo que fue de 5 muestras de suelo inalterado realizando una calicata de 60 por 80 cm y con una profundidad de 100 cm.

Las mismas que se llevó a realizar los ensayados y obtener los resultados tabulados como se muestran en las siguientes tablas.

4.1.1 Muestra N° 1



4.1.1.1 Tabla N° 1 Ensayo Próctor Estándar

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR ESTÁNDAR  | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|--------------|--------------|-------------|--------|--------------|--------|
| PROYECTO: | CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DE LA PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua | | | | | | | |
| ENSAYADO: | María Victoria Salazar Vaca | | | | | | | |
| MUESTRA: | 1 | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | |
| TIPO: | PRÓCTOR ESTÁNDAR | PESO DEL MARTILLO: | 5 lb | | | | | |
| NORMA: | AASHTO T-99 | ALTURA DE CAIDA: | 12" | | | | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%): | 9,40 | | | | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR ESTÁNDAR | | | | | | | | |
| MUESTRA | A | B | C | D | | | | |
| HUMEDAD AÑADIDA % | 3 | 6 | 9 | 12 | | | | |
| AGUA AUMENTADA (cc) | 180 | 360 | 540 | 720 | | | | |
| MOLDE # | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| MOLDE +SUELO HÚMEDO (gr) | 16598 | 16647 | 16842 | 16801 | | | | |
| PESO MOLDE (gr) | 13508 | 13508 | 13508 | 13508 | | | | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 3090 | 3139 | 3334 | 3293 | | | | |
| VOLUMEN MOLDE (cm3) | 2265,25 | 2265,25 | 2265,25 | 2265,25 | | | | |
| DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3) | 1,364 | 1,386 | 1,472 | 1,454 | | | | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm3) | 1,274 | 1,268 | 1,353 | 1,315 | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE AGUA | A | | B | | C | | D | |
| RECIPIENTE # | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D1 | D2 |
| RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr) | 108 | 111 | 108 | 122,00 | 105 | 130,00 | 107 | 118 |
| RECIPIENTE + SUELO SECO (gr) | 102 | 106,00 | 104 | 110 | 99 | 121 | 95,3 | 104,7 |
| PESO AGUA (gr) | 6 | 5 | 4 | 12 | 6 | 9 | 3 | 13,3 |
| PESO RECIPIENTE (gr) | 27 | 25 | 21 | 23 | 25 | 25 | 26 | 25 |
| PESO SUELO SECO (gr) | 75 | 81 | 83 | 87 | 74 | 96 | 69,3 | 79,7 |
| CONTENIDO DE AGUA % | 8 | 6,173 | 4,819 | 13,793 | 8,108 | 9,375 | 4,329 | 16,688 |
| CONTENIDO PROM AGUA % | 7,09 | | 9,31 | | 8,74 | | 10,51 | |

4.1.1.2 Tabla N° 2 Ensayo Próctor Modificado

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO  | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------------|--------|
| PROYECTO: | CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DE LA PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua | | | | | | | |
| ENSAYADO: | María Victoria Salazar Vaca | | | | | | | |
| MUESTRA: | 1 | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | |
| TIPO: | PRÓCTOR MODIFICADO | PESO DEL MARTILLO: | 10 lb | | | | | |
| NORMA: | AASHTO T-180 | ALTURA DE CAIDA: | 18" | | | | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%): | 12,90 | | | | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO | | | | | | | | |
| MUESTRA | A | B | C | D | | | | |
| HUMEDAD AÑADIDA % | 3 | 6 | 9 | 12 | | | | |
| AGUA AUMENTADA (cc) | 180 | 360 | 540 | 720 | | | | |
| MOLDE # | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| MOLDE +SUELO HÚMEDO (gr) | 19700 | 19900 | 20000 | 20100 | | | | |
| PESO MOLDE (gr) | 16800 | 16800 | 16800 | 16800 | | | | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 2900 | 3100 | 3200 | 3300 | | | | |
| VOLUMEN MOLDE (cm ³) | 2298,47 | 2298,47 | 2298,47 | 2298,47 | | | | |
| DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³) | 1,262 | 1,349 | 1,392 | 1,436 | | | | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1,192 | 1,235 | 1,243 | 1,245 | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE AGUA | A | | B | | C | | D | |
| RECIPIENTE # | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D1 | D2 |
| RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr) | 177 | 202 | 134,4 | 130,70 | 129,1 | 113,90 | 150,7 | 195,3 |
| RECIPIENTE + SUELO SECO (gr) | 168 | 194,00 | 124,5 | 122,5 | 118,5 | 103,6 | 134,8 | 173,7 |
| PESO AGUA (gr) | 9 | 8 | 9,9 | 8,2 | 10,6 | 10,3 | 15,9 | 21,6 |
| PESO RECIPIENTE (gr) | 34 | 35 | 24,7 | 26,2 | 24,3 | 22,7 | 31 | 32 |
| PESO SUELO SECO (gr) | 134 | 159 | 99,8 | 96,3 | 94,2 | 80,9 | 103,8 | 141,7 |
| CONTENIDO DE AGUA % | 6,716 | 5,031 | 9,920 | 8,515 | 11,253 | 12,732 | 15,318 | 15,243 |
| CONTENIDO PROM AGUA % | 5,87 | | 9,22 | | 11,99 | | 15,28 | |

4.1.1.3 Tabla N° 3 Ensayo de Compactación CBR

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR) | | | | | | | | | |
| PROYECTO: | CORRELACION ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PROCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua | | | | | | | | |
| ENSAYADO: | María Victoria Salazar | | | | | | | | |
| MUESTRA: | Vaca | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | | |
| TIPO: | PRÓCTOR MODIFICADO | | | PESO DEL MARTILLO: | | | 10 lb | | |
| NORMA: | AASHTO T-180 | | | ALTURA DE CAIDA: | | | 18" | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | | | CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%) | | | 12,90 | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN 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 | Antes del Remojo | Después del Remojo | Después del Remojo |
| P. Hum. + Molde | 20247 | 20678 | 18658 | 19174 | 18079 | 18545 | | | |
| Peso Molde | 16330 | 16330 | 15459 | 15459 | 15341 | 15341 | | | |
| P. Húmedo | 3917 | 4348 | 3199 | 3715 | 2738 | 3204 | | | |
| Volumen Muestra | 2298,47 | 2298,47 | 2298,47 | 2298,47 | 2280,37 | 2280,37 | | | |
| Densidad Humedad | 1,704 | 1,892 | 1,392 | 1,616 | 1,201 | 1,405 | | | |
| Densidad Seca | 1,480 | 1,458 | 1,220 | 1,212 | 1,071 | 1,019 | | | |
| Den. Seca Prom. | 1,469 | | | 1,216 | | | 1,045 | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| Recipiente N° | 23 | 28 | 1ª | 49 | 12 | 2A | 40 | 32 | 3A |
| P. Hum. + Recipiente | 122 | 129 | 122 | 118 | 129 | 127 | 126 | 110 | 116 |
| P. Seco + Recipiente | 108 | 116 | 100 | 106 | 116 | 101 | 115 | 101 | 91 |
| Peso Recipiente | 22 | 23 | 26 | 23 | 21 | 23 | 28 | 23 | 25 |
| Peso Agua | 14 | 13 | 22 | 12 | 13 | 26 | 11 | 9 | 25 |
| Peso de Sólidos | 86 | 93 | 74 | 83 | 95 | 78 | 87 | 78 | 66 |
| Contenido Humedad % | 16,28 | 13,98 | 29,73 | 14,46 | 13,68 | 33,33 | 12,64 | 11,54 | 37,88 |
| Con. Hum. Prom. % | 15,13 | | 29,73 | 14,07 | | 33,33 | 12,09 | | 37,88 |
| Agua Absorbida | 14,60 | | | 19,26 | | | 25,79 | | |

4.1.1.4 Tabla N° 4 Ensayo CBR



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DE LA PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO

UBICACIÓN: Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua

ENSAYADO: María Victoria Salazar Vaca

MUESTRA: 1



ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

| Molde Número | | | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
|--------------|-------|--------|--------------|---------------------|--------------------------|------|---------------------|--------------|--------------------------|---------------------|------|--------------|-----------------------|------|
| Fecha | | Tiempo | | Lect. Dial (plg) | H | | Lect. Dial (plg) | H | | Lect. Dial (plg) | h | | Esponjamiento | |
| Día y Mes | Hora | Días | Muestra plg. | | plg *10 ⁻² | % | | Muestra plg. | plg *10 ⁻² | | % | Muestra plg. | plg *10 ⁻² | % |
| 13-Feb-16 | 11H50 | 0 | 0,52 | 5 | 0 | 0,00 | 0,61 | 5 | 0 | 0,00 | 0,71 | 5 | 0 | 0,00 |
| 14-Feb-16 | 11H50 | 1 | 0,75 | | 0,23 | 0,05 | 0,84 | | 0,22 | 0,04 | 1,19 | | 0,48 | 0,10 |
| 15-Feb-16 | 11H50 | 2 | 1,80 | | 1,05 | 0,21 | 1,81 | | 1,20 | 0,24 | 1,85 | | 1,14 | 0,23 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |



| ENSAYO DE CARGA – PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|--------|-----------|--------------------------------------|----------------------|-----------|--------------------|---------|----------------------|--|-------------|---------|----------------------|-----------|-------------|
| Máquina de Compresión Simple (CONTROLS) | | | | AREA DEL PISTÓN = 3 plg ² | | | 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 | | Leída | Corregida | | | Leída | Corregida | | | Leída | Corregida | |
| | | | | Lb | lb/pulg ² | | % | lb | lb/pulg ² | | % | lb | lb/pulg ² | | % |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0,00 | | | 0 | 0 | | |
| 0 | 30 | 0,64 | 25 | 73,90 | 24,63 | | | 72,20 | 24,07 | | | 49,8 | 16,60 | | |
| 1 | 0 | 1,27 | 50 | 119,10 | 39,70 | | | 105,90 | 35,30 | | | 51,1 | 17,03 | | |
| 1 | 30 | 1,91 | 75 | 164,10 | 54,70 | | | 139,80 | 46,60 | | | 75,8 | 25,27 | | |
| 2 | 0 | 2,54 | 100 | 206,20 | 68,73 | 68,73 | 6,87 | 173,50 | 57,83 | 57,83 | 5,78 | 94,1 | 31,37 | 31,37 | 3,14 |
| 3 | 0 | 3,81 | 150 | 296,20 | 98,73 | | | 234,10 | 78,03 | | | 113,1 | 37,70 | | |
| 4 | 0 | 5,08 | 200 | 383,30 | 127,77 | | | 288,20 | 96,07 | | | 134,4 | 44,80 | | |
| 5 | 0 | 6,35 | 250 | 459,80 | 153,27 | | | 339,90 | 113,30 | | | 154,7 | 51,57 | | |
| 6 | 0 | 7,62 | 300 | 535,10 | 178,37 | | | 384,30 | 128,10 | | | 173,0 | 57,67 | | |
| 8 | 0 | 10,16 | 400 | 661,90 | 220,63 | | | 474,10 | 158,03 | | | 207,1 | 69,03 | | |
| 10 | 0 | 12,70 | 500 | 775,60 | 258,53 | | | 557,80 | 185,93 | | | 238,2 | 79,40 | | |
| CBR Corregido | | | | | | | 6,87 | | | | 5,78 | | | | 3,14 |

4.1.2 Muestra N° 2



4.1.2.1 Tabla N° 1 Ensayo de Próctor Estándar

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR ESTÁNDAR  | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|
| PROYECTO: | CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua | | | | | | | |
| ENSAYADO: | María Victoria Salazar Vaca | | | | | | | |
| MUESTRA: | 2 | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | |
| TIPO: | PRÓCTOR ESTÁNDAR | PESO DEL MARTILLO: | 5 lb | | | | | |
| NORMA: | AASHTO T-99 | ALTURA DE CAÍDA: | 12" | | | | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%): | 11,00 | | | | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR ESTÁNDAR | | | | | | | | |
| MUESTRA | A | | B | | C | | D | |
| HUMEDAD AÑADIDA % | 3 | | 6 | | 9 | | 12 | |
| AGUA AUMENTADA (cc) | 180 | | 360 | | 540 | | 720 | |
| MOLDE # | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| MOLDE +SUELO HÚMEDO (gr) | 18246 | | 18358 | | 18464 | | 18485 | |
| PESO MOLDE (gr) | 15441 | | 15441 | | 15441 | | 15441 | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 2805 | | 2917 | | 3023 | | 3044 | |
| VOLUMEN MOLDE (cm ³) | 2280,37 | | 2280,37 | | 2280,37 | | 2280,37 | |
| DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³) | 1,230 | | 1,279 | | 1,326 | | 1,335 | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1,162 | | 1,172 | | 1,180 | | 1,169 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE AGUA | A | | B | | C | | D | |
| RECIPIENTE # | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D1 | D2 |
| RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr) | 119,9 | 121,1 | 119,8 | 119 | 108,6 | 123,7 | 128,1 | 120,8 |
| RECIPIENTE + SUELO SECO (gr) | 114,1 | 116,1 | 113,1 | 109,6 | 98,3 | 113,6 | 115,1 | 109,6 |
| PESO AGUA (gr) | 5,8 | 5 | 6,7 | 9 | 10,3 | 10,1 | 13 | 11,2 |
| PESO RECIPIENTE (gr) | 23 | 22 | 25 | 25 | 23 | 22 | 25,4 | 29 |
| PESO SUELO SECO (gr) | 91,1 | 94,1 | 88,1 | 84,6 | 75,3 | 91,6 | 89,7 | 80,6 |
| CONTENIDO DE AGUA % | 6,367 | 5,313 | 7,605 | 10,638 | 13,679 | 11,026 | 14,493 | 13,896 |
| CONTENIDO PROM AGUA % | 5,84 | | 9,12 | | 12,35 | | 14,19 | |

4.1.2.2 Tabla N° 2 Ensayo de Próctor Modificado

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO  | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------|--------------|--------|
| PROYECTO: | CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua | | | | | | | |
| ENSAYADO: | María Victoria Salazar Vaca | | | | | | | |
| MUESTRA: | 2 | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | |
| TIPO: | PROCTOR MODIFICADO | PESO DEL MARTILLO: | 10 lb | | | | | |
| NORMA: | AASHTO T-180 | ALTURA DE CAÍDA: | 18" | | | | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%): | 15,20 | | | | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO | | | | | | | | |
| MUESTRA | A | B | C | D | | | | |
| HUMEDAD AÑADIDA % | 3 | 6 | 9 | 12 | | | | |
| AGUA AUMENTADA (cc) | 180 | 360 | 540 | 720 | | | | |
| MOLDE # | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| MOLDE +SUELO HÚMEDO (gr) | 19437 | 19529 | 19972 | 19965 | | | | |
| PESO MOLDE (gr) | 16330 | 16330 | 16330 | 16330 | | | | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 3107 | 3199 | 3642 | 3635 | | | | |
| VOLUMEN MOLDE (cm ³) | 2298,47 | 2298,47 | 2298,47 | 2298,46 | | | | |
| DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³) | 1,352 | 1,392 | 1,585 | 1,581 | | | | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1,231 | 1,250 | 1,395 | 1,336 | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE AGUA | A | | B | | C | | D | |
| RECIPIENTE # | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D1 | D2 |
| RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr) | 138,9 | 135,2 | 126,1 | 127,10 | 135,3 | 138,3 | 136,9 | 153,6 |
| RECIPIENTE + SUELO SECO (gr) | 128,3 | 125,40 | 117,4 | 115,4 | 125,4 | 121,2 | 120,7 | 132,1 |
| PESO AGUA (gr) | 10,6 | 9,8 | 8,7 | 11,7 | 9,9 | 17,1 | 16,2 | 21,5 |
| PESO RECIPIENTE (gr) | 20,3 | 24,6 | 26,4 | 26,1 | 24,3 | 22,7 | 27,3 | 21,1 |
| PESO SUELO SECO (gr) | 108 | 100,8 | 91 | 89,3 | 101,1 | 98,5 | 93,4 | 111 |
| CONTENIDO DE AGUA % | 9,815 | 9,722 | 9,560 | 13,102 | 9,792 | 17,3604 | 17,345 | 19,369 |
| CONTENIDO PROM AGUA % | 9,77 | | 11,33 | | 13,58 | | 18,36 | |

4.1.2.3 Tabla N° 1 Ensayo de Compactación de CBR

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR) | | | | | | | | | |
| PROYECTO: | CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua | | | | | | | | |
| ENSAYADO: | María Victoria Salazar | | | | | | | | |
| MUESTRA: | Vaca 2 | | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | | |
| TIPO: | PRÓCTOR MODIFICADO | | | PESO DEL MARTILLO: | | | 10 lb | | |
| NORMA: | AASHTO T-180 | | | ALTURA DE CAÍDA: | | | 18" | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | | | CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%) | | | 15,20 | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN 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 | Antes del Remojo | Después del Remojo | Después del Remojo |
| P. Hum. + Molde | 21347 | 21347 | 19453 | 19453 | 18790 | 18790 | 18790 | 18790 | 18790 |
| Peso Molde | 16330 | 16330 | 15369 | 15369 | 15451 | 15451 | 15451 | 15451 | 15451 |
| P. Húmedo | 5017 | 5158 | 4084 | 4220 | 3339 | 3339 | 3339 | 3339 | 3339 |
| Volumen Muestra | 2277,36 | 2277,36 | 2295,44 | 2295,44 | 2298,47 | 2298,47 | 2298,47 | 2298,47 | 2298,47 |
| Densidad Humedad | 2,203 | 2,265 | 1,779 | 1,838 | 1,453 | 1,453 | 1,453 | 1,453 | 1,453 |
| Densidad Seca | 1,871 | 1,821 | 1,449 | 1,370 | 1,208 | 1,208 | 1,208 | 1,065 | 1,065 |
| Den. Seca Prom. | 1,846 | | | 1,409 | | | 1,136 | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| Recipiente N° | 23 | 28 | 1ª | 49 | 12 | 2A | 40 | 32 | 3A |
| P. Hum. + Recipiente | 125,6 | 137,4 | 128,2 | 127,1 | 145,1 | 140,6 | 138,4 | 117,2 | 130,5 |
| P. Seco + Recipiente | 110,4 | 119,8 | 108,2 | 109,3 | 120,5 | 110,7 | 117,4 | 103,6 | 102,5 |
| Peso Recipiente | 22,1 | 23,7 | 26,1 | 23,7 | 21,5 | 23,2 | 28,5 | 23,2 | 25,6 |
| Peso Agua | 15,2 | 17,6 | 20 | 17,8 | 24,6 | 29,9 | 21 | 13,6 | 28 |
| Peso de Sólidos | 88,3 | 96,1 | 82,1 | 85,6 | 99 | 87,5 | 88,9 | 80,4 | 76,9 |
| Contenido Humedad % | 17,21 | 18,31 | 24,36 | 20,79 | 24,85 | 34,17 | 23,62 | 16,92 | 36,41 |
| Con. Hum. Prom. % | 17,76 | | 24,36 | 22,82 | | 34,17 | 20,27 | | 36,41 |
| Agua Absorbida | 6,60 | | | 11,35 | | | 16,14 | | |

4.1.2.4 Tabla N° 4 Ensayo de CBR



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO

UBICACIÓN: Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua

ENSAYADO: María Victoria Salazar Vaca

MUESTRA: 2



ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

| Molde Número | | | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
|--------------|-------|--------|--------------|------------------|-----------------------|------|------------------|--------------|-----------------------|------------------|------|--------------|-----------------------|------|
| Fecha | | Tiempo | | Lect. Dial (plg) | H | | Lect. Dial (plg) | H | | Lect. Dial (plg) | h | | Esponjamiento | |
| Día y Mes | Hora | Días | Muestra plg. | | plg *10 ⁻² | % | | Muestra plg. | plg *10 ⁻² | | % | Muestra plg. | plg *10 ⁻² | % |
| 22-Feb-16 | 11H50 | 0 | 0,67 | 5 | 0 | 0,00 | 0,78 | 5 | 0 | 0,00 | 0,94 | 5 | 0 | 0,00 |
| 23-Feb-16 | 11H50 | 1 | 0,98 | | 0,31 | 0,06 | 1,20 | | 0,42 | 0,08 | 1,43 | | 0,49 | 0,10 |
| 24-Feb-16 | 11H50 | 2 | 1,79 | | 0,81 | 0,16 | 1,93 | | 1,15 | 0,23 | 2,13 | | 1,19 | 0,24 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

| 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 | | Leída | Corregida | | | Leída | Corregida | | | Leída | Corregida | |
| | | | | Lb | lb/pulg2 | | % | lb | lb/pulg2 | | % | lb | lb/pulg2 | | % |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0,00 | | | 0 | 0 | | |
| 0 | 30 | 0,64 | 25 | 83,77 | 27,92 | | | 84,07 | 28,02 | | | 59,4 | 19,80 | | |
| 1 | 0 | 1,27 | 50 | 129,97 | 43,32 | | | 117,77 | 39,26 | | | 70,9 | 23,63 | | |
| 1 | 30 | 1,91 | 75 | 175,97 | 58,66 | | | 148,90 | 49,63 | | | 92,3 | 30,77 | | |
| 2 | 0 | 2,54 | 100 | 217,07 | 72,36 | 72,36 | 7,24 | 185,37 | 61,79 | 61,79 | 6,18 | 112,4 | 37,47 | 37,47 | 3,75 |
| 3 | 0 | 3,81 | 150 | 308,07 | 102,69 | | | 245,97 | 81,99 | | | 125,0 | 41,66 | | |
| 4 | 0 | 5,08 | 200 | 395,17 | 131,72 | | | 300,07 | 100,02 | | | 146,3 | 48,76 | | |
| 5 | 0 | 6,35 | 250 | 471,67 | 157,22 | | | 351,77 | 117,26 | | | 166,6 | 55,52 | | |
| 6 | 0 | 7,62 | 300 | 546,97 | 182,32 | | | 396,17 | 132,06 | | | 184,9 | 61,62 | | |
| 8 | 0 | 10,16 | 400 | 673,77 | 224,59 | | | 485,97 | 161,99 | | | 219,0 | 72,99 | | |
| 10 | 0 | 12,70 | 500 | 787,47 | 262,49 | | | 569,67 | 189,89 | | | 250,1 | 83,36 | | |
| CBR Corregido | | | | | | | 7,24 | | | | 6,18 | | | | 3,75 |

4.1.3 Muestra N° 3



4.1.3.1 Tabla N° 1 Ensayo Próctor Estándar

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR ESTÁNDAR  | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|--------------|--------|---------------------------------|--------|--------------|--------|--|--|
| PROYECTO: | CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua | | | | | | | | | |
| ENSAYADO: | María Victoria Salazar Vaca | | | | | | | | | |
| MUESTRA: | 3 | | | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | | | |
| TIPO: | PRÓCTOR ESTÁNDAR | | | | PESO DEL MARTILLO: | | 5 lb | | | |
| NORMA: | AASHTO T-99 | | | | ALTURA DE CAÍDA: | | 12" | | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | | | | CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%) | | 11,20 | | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR ESTÁNDAR | | | | | | | | | | |
| MUESTRA | A | | B | | C | | D | | | |
| HUMEDAD AÑADIDA % | 3 | | 6 | | 9 | | 12 | | | |
| AGUA AUMENTADA (cc) | 180 | | 360 | | 540 | | 720 | | | |
| MOLDE # | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | | |
| MOLDE +SUELO HÚMEDO (gr) | 18236 | | 18348 | | 18454 | | 18502 | | | |
| PESO MOLDE (gr) | 15436 | | 15436 | | 15436 | | 15436 | | | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 2800 | | 2912 | | 3018 | | 3066 | | | |
| VOLUMEN MOLDE (cm3) | 2298,46 | | 2298,46 | | 2298,46 | | 2298,46 | | | |
| DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3) | 1,218 | | 1,267 | | 1,313 | | 1,334 | | | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm3) | 1,146 | | 1,156 | | 1,155 | | 1,141 | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE AGUA | A | | B | | C | | D | | | |
| RECIPIENTE # | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D1 | D2 | | |
| RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr) | 120 | 121 | 120 | 117 | 107 | 123 | 127 | 120 | | |
| RECIPIENTE + SUELO SECO (gr) | 114,4 | 115,0 | 112,6 | 108,1 | 96,3 | 111,6 | 110,1 | 108,9 | | |
| PESO AGUA (gr) | 5,6 | 6 | 7,4 | 8,9 | 10,7 | 11,4 | 16,9 | 11,1 | | |
| PESO RECIPIENTE (gr) | 23 | 22 | 25 | 25 | 23 | 22 | 25,4 | 29 | | |
| PESO SUELO SECO (gr) | 91,4 | 93 | 87,6 | 83,1 | 73,3 | 89,6 | 84,7 | 79,9 | | |
| CONTENIDO DE AGUA % | 6,127 | 6,452 | 8,447 | 10,710 | 14,598 | 12,723 | 19,953 | 13,892 | | |
| CONTENIDO PROM AGUA % | 6,29 | | 9,58 | | 13,66 | | 16,92 | | | |

4.1.3.2 Tabla N° 2 Ensayo Próctor Modificado

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO  | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------|--------------|--------|
| PROYECTO: | CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua | | | | | | | |
| ENSAYADO: | María Victoria Salazar Vaca | | | | | | | |
| MUESTRA: | 3 | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | |
| TIPO: | PRÓCTOR MODIFICADO | PESO DEL MARTILLO: | 10 lb | | | | | |
| NORMA: | AASHTO T-180 | ALTURA DE CAIDA: | 18" | | | | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%): | 16,50 | | | | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO | | | | | | | | |
| MUESTRA | A | B | C | D | | | | |
| HUMEDAD AÑADIDA % | 3 | 6 | 9 | 12 | | | | |
| AGUA AUMENTADA (cc) | 180 | 360 | 540 | 720 | | | | |
| MOLDE # | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| MOLDE +SUELO HÚMEDO (gr) | 19426 | 19518 | 19961 | 19954 | | | | |
| PESO MOLDE (gr) | 16283 | 16283 | 16283 | 16283 | | | | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 3143 | 3235 | 3678 | 3671 | | | | |
| VOLUMEN MOLDE (cm ³) | 2298,47 | 2298,46 | 2298,47 | 2298,46 | | | | |
| DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³) | 1,367 | 1,407 | 1,600 | 1,597 | | | | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1,233 | 1,244 | 1,416 | 1,338 | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE AGUA | A | | B | | C | | D | |
| RECIPIENTE # | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D1 | D2 |
| RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr) | 139 | 134 | 144 | 145,00 | 144 | 126,00 | 146 | 152 |
| RECIPIENTE + SUELO SECO (gr) | 127,1 | 123,30 | 130,1 | 131,4 | 128,9 | 115,2 | 126,1 | 131,4 |
| PESO AGUA (gr) | 11,9 | 10,7 | 13,9 | 13,6 | 15,1 | 10,8 | 19,9 | 20,6 |
| PESO RECIPIENTE (gr) | 20 | 24 | 26 | 26 | 24 | 22 | 27 | 21 |
| PESO SUELO SECO (gr) | 107,1 | 99,3 | 104,1 | 105,4 | 104,9 | 93,2 | 99,1 | 110,4 |
| CONTENIDO DE AGUA % | 11,111 | 10,775 | 13,353 | 12,903 | 14,395 | 11,5880 | 20,081 | 18,659 |
| CONTENIDO PROM AGUA % | 10,94 | | 13,13 | | 12,99 | | 19,37 | |

4.1.3.3 Tabla N° 4 Ensayo Compactación de CBR

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  | | | | | | | | | |
|--|--|--------------------|------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|-------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR) | | | | | | | | | |
| PROYECTO: | CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua | | | | | | | | |
| ENSAYADO: | María Victoria Salazar | | | | | | | | |
| MUESTRA: | Vaca 3 | | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | | |
| TIPO: | PRÓCTOR MODIFICADO | | | PESO DEL MARTILLO: | | | 10 lb | | |
| NORMA: | AASHTO T-180 | | | ALTURA DE CAÍDA: | | | 18" | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | | | CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%) | | | 16,50 | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN 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 | Antes del Remojo | Después del Remojo | |
| P. Hum. + Molde | 20465 | 20645 | 19008 | 19189 | 18409 | 18610 | | | |
| Peso Molde | 16183 | 16183 | 15347 | 15347 | 15294 | 15294 | | | |
| P. Húmedo | 4282 | 4423 | 3661 | 3797 | 3115 | 3316 | | | |
| Volumen Muestra | 2280,37 | 2280,37 | 2280,37 | 2280,37 | 2259,29 | 2259,29 | | | |
| Densidad Humedad | 1,878 | 1,940 | 1,605 | 1,665 | 1,379 | 1,468 | | | |
| Densidad Seca | 1,605 | 1,606 | 1,347 | 1,337 | 1,174 | 1,173 | | | |
| Den. Seca Prom. | 1,605 | | | 1,342 | | | 1,173 | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| Recipiente N° | 23 | 28 | 1ª | 49 | 12 | 2A | 40 | 32 | 3A |
| P. Hum. + Recipiente | 121,6 | 135,4 | 125,2 | 120,1 | 137,1 | 129,6 | 135,4 | 119,2 | 124,5 |
| P. Seco + Recipiente | 107,4 | 118,8 | 108,2 | 105,3 | 117,5 | 108,7 | 118,5 | 105,9 | 104,6 |
| Peso Recipiente | 22,3 | 23,1 | 26,4 | 23,4 | 21,1 | 23,4 | 28,1 | 23,5 | 25,5 |
| Peso Agua | 14,2 | 16,6 | 17 | 14,8 | 19,6 | 20,9 | 16,9 | 13,3 | 19,9 |
| Peso de Sólidos | 85,1 | 95,7 | 81,8 | 81,9 | 96,4 | 85,3 | 90,4 | 82,4 | 79,1 |
| Contenido Humedad % | 16,69 | 17,35 | 20,78 | 18,07 | 20,33 | 24,50 | 18,69 | 16,14 | 25,16 |
| Con. Hum. Prom. % | 17,02 | | 20,78 | 19,20 | | 24,50 | 17,42 | | 25,16 |
| Agua Absorvida | 3,77 | | | 5,30 | | | 7,74 | | |

4.1.3.4 Tabla N° 4 Ensayo CBR



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO

UBICACIÓN: Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua

ENSAYADO: María Victoria Salazar Vaca

MUESTRA: 3

ENSAYO DE ESPONJAMIENTO



| Molde Número | | | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
|--------------|-------|--------|--------------|---------------------|--------------------------|------|---------------------|--------------|--------------------------|---------------------|------|--------------|--------------------------|------|
| Fecha | | Tiempo | | Lect. Dial (plg) | h | | Lect. Dial (plg) | H | | Lect. Dial (plg) | h | | Esponjamiento | |
| Día y Mes | Hora | Días | Muestra plg. | | plg *10 ⁻² | % | | Muestra plg. | plg *10 ⁻² | | % | Muestra plg. | plg *10 ⁻² | % |
| 1-Mar-16 | 11H50 | 0 | 0,40 | 5 | 0 | 0,00 | 0,49 | 5 | 0 | 0,00 | 0,59 | 5 | 0 | 0,00 |
| 2-Mar-16 | 11H50 | 1 | 0,63 | | 0,23 | 0,05 | 0,71 | | 0,22 | 0,04 | 1,06 | | 0,48 | 0,10 |
| 3-Mar-16 | 11H50 | 2 | 1,68 | | 1,05 | 0,21 | 1,69 | | 1,20 | 0,24 | 1,72 | | 1,14 | 0,23 |
| | | | | | | | | | | | | | | |

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 | | Leída | Corregida | | | Leída | Corregida | | | Leída | Corregida | |
| | | | | Lb | lb/pulg² | | % | lb | lb/pulg² | | % | lb | lb/pulg² | | % |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0,00 | | | 0 | 0 | | |
| 0 | 30 | 0,64 | 25 | 81,50 | 27,17 | | | 59,40 | 19,80 | | | 40,9 | 13,63 | | |
| 1 | 0 | 1,27 | 50 | 132,60 | 44,20 | | | 89,30 | 29,77 | | | 42,2 | 14,06 | | |
| 1 | 30 | 1,91 | 75 | 171,40 | 57,13 | | | 121,90 | 40,63 | | | 66,9 | 22,29 | | |
| 2 | 0 | 2,54 | 100 | 207,40 | 69,13 | 69,13 | 6,91 | 164,58 | 54,86 | 54,86 | 5,49 | 85,2 | 28,39 | 28,39 | 2,84 |
| 3 | 0 | 3,81 | 150 | 287,28 | 95,76 | | | 225,18 | 75,06 | | | 104,2 | 34,73 | | |
| 4 | 0 | 5,08 | 200 | 374,38 | 124,79 | | | 279,28 | 93,09 | | | 125,5 | 41,83 | | |
| 5 | 0 | 6,35 | 250 | 450,88 | 150,29 | | | 330,98 | 110,33 | | | 145,8 | 48,59 | | |
| 6 | 0 | 7,62 | 300 | 526,18 | 175,39 | | | 375,38 | 125,13 | | | 164,1 | 54,69 | | |
| 8 | 0 | 10,16 | 400 | 652,98 | 217,66 | | | 465,18 | 155,06 | | | 198,2 | 66,06 | | |
| 10 | 0 | 12,70 | 500 | 766,68 | 255,56 | | | 548,88 | 182,96 | | | 229,3 | 76,43 | | |
| CBR Corregido | | | | | | | 6,91 | | | | 5,49 | | | | 2,84 |

4.1.4 Muestra N° 4



4.1.4.1 Tabla N° 1 Ensayo Próctor Estándar

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR ESTÁNDAR  | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------------|--------|
| PROYECTO: | CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua | | | | | | | |
| ENSAYADO: | María Victoria Salazar Vaca | | | | | | | |
| MUESTRA: | 4 | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | |
| TIPO: | PRÓCTOR ESTÁNDAR | PESO DEL MARTILLO: | 5 lb | | | | | |
| NORMA: | AASHTO T-99 | ALTURA DE CAÍDA: | 12" | | | | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%): | 9,30 | | | | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR ESTÁNDAR | | | | | | | | |
| MUESTRA | A | B | C | D | | | | |
| HUMEDAD AÑADIDA % | 3 | 6 | 9 | 12 | | | | |
| AGUA AUMENTADA (cc) | 180 | 360 | 540 | 720 | | | | |
| MOLDE # | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| MOLDE +SUELO HÚMEDO (gr) | 16699 | 16748 | 16943 | 16903 | | | | |
| PESO MOLDE (gr) | 13602 | 13602 | 13602 | 13602 | | | | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 3097 | 3146 | 3341 | 3301 | | | | |
| VOLUMEN MOLDE (cm ³) | 2298,47 | 2299,47 | 2298,47 | 2298,47 | | | | |
| DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³) | 1,347 | 1,368 | 1,454 | 1,436 | | | | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1,302 | 1,269 | 1,314 | 1,281 | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE AGUA | A | | B | | C | | D | |
| RECIPIENTE # | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D1 | D2 |
| RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr) | 105,2 | 109,2 | 111,4 | 122,10 | 107,8 | 122,30 | 105,9 | 111,6 |
| RECIPIENTE + SUELO SECO (gr) | 101,4 | 107,50 | 101,8 | 118,9 | 100,1 | 112,6 | 99,3 | 100,4 |
| PESO AGUA (gr) | 3,8 | 1,7 | 9,6 | 3,2 | 7,7 | 9,7 | 6,6 | 11,2 |
| PESO RECIPIENTE (gr) | 25,2 | 25,1 | 23,1 | 23,7 | 26 | 23,1 | 26,7 | 26,1 |
| PESO SUELO SECO (gr) | 76,2 | 82,4 | 78,7 | 95,2 | 74,1 | 89,5 | 72,6 | 74,3 |
| CONTENIDO DE AGUA % | 4,987 | 2,063 | 12,198 | 3,361 | 10,391 | 10,838 | 9,091 | 15,074 |
| CONTENIDO PROM AGUA % | 3,52 | | 7,78 | | 10,61 | | 12,08 | |

4.1.4.2 Tabla N° 2 Ensayo Próctor Modificado

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO  | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------|--------------|--------|
| PROYECTO: | CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua | | | | | | | |
| ENSAYADO: | María Victoria Salazar Vaca | | | | | | | |
| MUESTRA: | 4 | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | |
| TIPO: | PRÓCTOR MODIFICADO | PESO DEL MARTILLO: | 10 lb | | | | | |
| NORMA: | AASHTO T-180 | ALTURA DE CAÍDA: | 18" | | | | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%): | 17,90 | | | | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO | | | | | | | | |
| MUESTRA | A | B | C | D | | | | |
| HUMEDAD AÑADIDA % | 3 | 6 | 9 | 12 | | | | |
| AGUA AUMENTADA (cc) | 180 | 360 | 540 | 720 | | | | |
| MOLDE # | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| MOLDE +SUELO HÚMEDO (gr) | 19801 | 19998 | 20101 | 20178 | | | | |
| PESO MOLDE (gr) | 16820 | 16820 | 16820 | 16820 | | | | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 2981 | 3178 | 3281 | 3358 | | | | |
| VOLUMEN MOLDE (cm ³) | 2298,47 | 2298,47 | 2298,47 | 2298,47 | | | | |
| DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³) | 1,297 | 1,383 | 1,427 | 1,461 | | | | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1,157 | 1,207 | 1,211 | 1,233 | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE AGUA | A | | B | | C | | D | |
| RECIPIENTE # | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D1 | D2 |
| RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr) | 137,2 | 145,5 | 141,4 | 138,70 | 141,1 | 137,40 | 146,2 | 177,3 |
| RECIPIENTE + SUELO SECO (gr) | 124,8 | 133,50 | 134,4 | 117,9 | 121,8 | 121,9 | 132,4 | 150,2 |
| PESO AGUA (gr) | 12,4 | 12 | 7 | 20,8 | 19,3 | 15,5 | 13,8 | 27,1 |
| PESO RECIPIENTE (gr) | 27,1 | 28,9 | 24,3 | 26,2 | 23,3 | 25,7 | 31,2 | 34,1 |
| PESO SUELO SECO (gr) | 97,7 | 104,6 | 110,1 | 91,7 | 98,5 | 96,2 | 101,2 | 116,1 |
| CONTENIDO DE AGUA % | 12,692 | 11,472 | 6,358 | 22,683 | 19,594 | 16,1123 | 13,636 | 23,342 |
| CONTENIDO PROM AGUA % | 12,08 | | 14,52 | | 17,85 | | 18,49 | |

4.1.4.3 Tabla N° 3 Ensayo Compactación de CBR

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR) | | | | | | | | | |
| PROYECTO: | CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua | | | | | | | | |
| ENSAYADO: | María Victoria Salazar | | | | | | | | |
| MUESTRA: | Vaca | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | | |
| TIPO: | PRÓCTOR MODIFICADO | | | PESO DEL MARTILLO: | | | 10 lb | | |
| NORMA: | AASHTO T-180 | | | ALTURA DE CAÍDA: | | | 18" | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | | | CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%) | | | 17,90 | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN 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 | Antes del Remojo | Después del Remojo | Después del Remojo |
| P. Hum. + Molde | 20348 | 20458 | 19738 | 20086 | 18045 | 18645 | | | |
| Peso Molde | 15991 | 15991 | 16330 | 16330 | 15359 | 15359 | | | |
| P. Húmedo | 4357 | 4498 | 3408 | 3544 | 2686 | 3286 | | | |
| Volumen Muestra | 2280,37 | 2280,37 | 2295,44 | 2295,44 | 2298,47 | 2298,47 | | | |
| Densidad Humedad | 1,911 | 1,972 | 1,485 | 1,544 | 1,169 | 1,430 | | | |
| Densidad Seca | 1,622 | 1,603 | 1,243 | 1,269 | 0,959 | 1,121 | | | |
| Den. Seca Prom. | 1,612 | | | 1,256 | | | 1,040 | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| Recipiente N° | 23 | 28 | 1ª | 49 | 12 | 2A | 40 | 32 | 3A |
| P. Hum. + Recipiente | 123,7 | 128,6 | 145,3 | 120,5 | 139,2 | 156,3 | 146,4 | 150,9 | 158,2 |
| P. Seco + Recipiente | 108,4 | 113,2 | 123,1 | 105,2 | 119,3 | 132,6 | 127,1 | 126,1 | 129,5 |
| Peso Recipiente | 23,2 | 26,1 | 26,7 | 23,1 | 21,3 | 23,1 | 28,4 | 23,1 | 25,2 |
| Peso Agua | 15,3 | 15,4 | 22,2 | 15,3 | 19,9 | 23,7 | 19,3 | 24,8 | 28,7 |
| Peso de Sólidos | 85,2 | 87,1 | 96,4 | 82,1 | 98 | 109,5 | 98,7 | 103 | 104,3 |
| Contenido Humedad % | 17,96 | 17,68 | 23,03 | 18,64 | 20,31 | 21,64 | 19,55 | 24,08 | 27,52 |
| Con. Hum. Prom. % | 17,82 | | 23,03 | 19,47 | | 21,64 | 21,82 | | 27,52 |
| Agua Absorbida | 5,21 | | | 2,17 | | | 5,70 | | |

4.1.4.4 Tabla N° 4 Ensayo CBR



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO

UBICACIÓN: Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua

ENSAYADO: María Victoria Salazar Vaca

MUESTRA: 4



ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

| Molde Número | | | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
|--------------|-------|--------|--------------|------------------|-----------------------|------|------------------|--------------|-----------------------|------------------|------|--------------|-----------------------|------|
| Fecha | | Tiempo | | Lect. Dial (plg) | h | | Lect. Dial (plg) | H | | Lect. Dial (plg) | h | | Esponjamiento | |
| Día y Mes | Hora | Días | Muestra plg. | | plg *10 ⁻² | % | | Muestra plg. | plg *10 ⁻² | | % | Muestra plg. | plg *10 ⁻² | % |
| 14-Mar-16 | 11H50 | 0 | 1,34 | 5 | 0 | 0,00 | 1,43 | 5 | 0 | 0,00 | 1,53 | 5 | 0 | 0,00 |
| 15-Mar-16 | 11H50 | 1 | 1,57 | | 0,23 | 0,05 | 1,66 | | 0,23 | 0,05 | 2,01 | | 0,48 | 0,10 |
| 16-Mar-16 | 11H50 | 2 | 2,62 | | 1,05 | 0,21 | 2,63 | | 1,20 | 0,24 | 2,67 | | 1,14 | 0,23 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |



| 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 | | Leída | Corregida | | | Leída | Corregida | | | Leída | Corregida | |
| | | | | Lb | lb/pulg2 | | % | lb | lb/pulg2 | | % | lb | lb/pulg2 | | % |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0,00 | | | 0 | 0 | | |
| 0 | 30 | 0,64 | 25 | 96,35 | 32,12 | | | 94,65 | 31,55 | | | 72,3 | 24,08 | | |
| 1 | 0 | 1,27 | 50 | 141,55 | 47,18 | | | 128,35 | 42,78 | | | 73,6 | 24,52 | | |
| 1 | 30 | 1,91 | 75 | 186,55 | 62,18 | | | 162,25 | 54,08 | | | 98,3 | 32,75 | | |
| 2 | 0 | 2,54 | 100 | 228,65 | 76,22 | 76,22 | 7,62 | 195,95 | 65,32 | 65,32 | 6,53 | 116,6 | 38,85 | 38,85 | 3,89 |
| 3 | 0 | 3,81 | 150 | 318,65 | 106,22 | | | 256,55 | 85,52 | | | 135,6 | 45,18 | | |
| 4 | 0 | 5,08 | 200 | 405,75 | 135,25 | | | 310,65 | 103,55 | | | 156,9 | 52,28 | | |
| 5 | 0 | 6,35 | 250 | 482,25 | 160,75 | | | 362,35 | 120,78 | | | 176,5 | 58,82 | | |
| 6 | 0 | 7,62 | 300 | 557,55 | 185,85 | | | 406,75 | 135,58 | | | 195,5 | 65,15 | | |
| 8 | 0 | 10,16 | 400 | 684,35 | 228,12 | | | 496,55 | 165,52 | | | 229,6 | 76,52 | | |
| 10 | 0 | 12,70 | 500 | 798,05 | 266,02 | | | 580,25 | 193,42 | | | 260,7 | 86,88 | | |
| CBR Corregido | | | | | | | 7,62 | | | | 6,53 | | | | 3,89 |

4.1.5 Muestra N° 5


4.1.5.1 Tabla N° 1 Ensayo Próctor Estándar

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR ESTÁNDAR  | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------------|--------|
| PROYECTO: | CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua | | | | | | | |
| ENSAYADO: | María Victoria Salazar Vaca | | | | | | | |
| MUESTRA: | 5 | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | |
| TIPO: | PRÓCTOR ESTÁNDAR | PESO DEL MARTILLO: | 15 lb | | | | | |
| NORMA: | AASHTO T-99 | ALTURA DE CAÍDA: | 12" | | | | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%): | 17,90 | | | | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR ESTÁNDAR | | | | | | | | |
| MUESTRA | A | B | C | D | | | | |
| HUMEDAD AÑADIDA % | 3 | 6 | 9 | 12 | | | | |
| AGUA AUMENTADA (cc) | 180 | 360 | 540 | 720 | | | | |
| MOLDE # | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| MOLDE +SUELO HÚMEDO (gr) | 18456 | 18561 | 18889 | 18915 | | | | |
| PESO MOLDE (gr) | 15359 | 15359 | 15359 | 15359 | | | | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 3097 | 3202 | 3530 | 3556 | | | | |
| VOLUMEN MOLDE (cm3) | 2298,47 | 2298,47 | 2298,47 | 2298,47 | | | | |
| DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3) | 1,347 | 1,393 | 1,536 | 1,547 | | | | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm3) | 1,234 | 1,253 | 1,291 | 1,272 | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE AGUA | A | | B | | C | | D | |
| RECIPIENTE # | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D1 | D2 |
| RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr) | 118,3 | 123,9 | 121,4 | 125,70 | 125,8 | 137,80 | 142,7 | 145,2 |
| RECIPIENTE + SUELO SECO (gr) | 107,9 | 118,7 | 112,1 | 114,7 | 106,2 | 124,3 | 119,8 | 125,7 |
| PESO AGUA (gr) | 10,4 | 5,2 | 9,3 | 11 | 19,6 | 13,5 | 22,9 | 19,5 |
| PESO RECIPIENTE (gr) | 27,1 | 25,3 | 21,5 | 23,3 | 25,5 | 25,2 | 23,6 | 25,2 |
| PESO SUELO SECO (gr) | 80,8 | 93,4 | 90,6 | 91,4 | 80,7 | 99,1 | 96,2 | 100,5 |
| CONTENIDO DE AGUA % | 12,871 | 5,567 | 10,265 | 12,035 | 24,287 | 13,623 | 23,805 | 19,403 |
| CONTENIDO PROM AGUA % | 9,22 | | 11,15 | | 18,96 | | 21,60 | |

4.1.5.2 Tabla N ° Ensayo Próctor Modificado

|   | | | | | | | | |
|--|--|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|--------------|--------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO | | | | | | | | |
| PROYECTO: | CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua | | | | | | | |
| ENSAYADO: | María Victoria Salazar Vaca | | | | | | | |
| MUESTRA: | 5 | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | |
| TIPO: | PRÓCTOR MODIFICADO | | | | | | | |
| NORMA: | AASHTO T-180 | | | | | | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | | | | | | | |
| PESO DEL MARTILLO: | 10 lb | | | | | | | |
| ALTURA DE CAÍDA: | 18" | | | | | | | |
| CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%) | 16,50 | | | | | | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO | | | | | | | | |
| MUESTRA | A | B | C | D | | | | |
| HUMEDAD AÑADIDA % | 3 | 6 | 9 | 12 | | | | |
| AGUA AUMENTADA (cc) | 180 | 360 | 540 | 720 | | | | |
| MOLDE # | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| MOLDE +SUELO HÚMEDO (gr) | 19787 | 20042 | 20191 | 20162 | | | | |
| PESO MOLDE (gr) | 16910 | 16910 | 16910 | 16910 | | | | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 2877 | 3132 | 3281 | 3252 | | | | |
| VOLUMEN MOLDE (cm ³) | 2298,47 | 2298,47 | 2298,47 | 2298,47 | | | | |
| DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³) | 1,252 | 1,363 | 1,427 | 1,415 | | | | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1,139 | 1,197 | 1,210 | 1,168 | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE AGUA | A | | B | | C | | D | |
| RECIPIENTE # | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D1 | D2 |
| RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr) | 187,1 | 188,3 | 129,4 | 143,70 | 157,1 | 123,90 | 177,7 | 191,3 |
| RECIPIENTE + SUELO SECO (gr) | 178,2 | 170,10 | 117,5 | 128,6 | 134,9 | 109,9 | 147,9 | 168,2 |
| PESO AGUA (gr) | 8,9 | 18,2 | 11,9 | 15,1 | 22,2 | 14,0 | 29,8 | 23,1 |
| PESO RECIPIENTE (gr) | 34,1 | 35,8 | 24,4 | 26,9 | 24,1 | 22,1 | 30,2 | 32 |
| PESO SUELO SECO (gr) | 144,1 | 134,3 | 93,1 | 101,7 | 110,8 | 87,8 | 117,7 | 136,2 |
| CONTENIDO DE AGUA % | 6,176 | 13,552 | 12,782 | 14,848 | 20,036 | 15,9453 | 25,319 | 16,960 |
| CONTENIDO PROM AGUA % | 9,86 | | 13,81 | | 17,99 | | 21,14 | |

4.1.5.3 Tabla N° 3 Ensayo de Compactación CBR

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)  | | | | | | | | | |
|---|--|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| PROYECTO: | CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO | | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua María Victoria Salazar | | | | | | | | |
| ENSAYADO: | Vaca | | | | | | | | |
| MUESTRA: | 5 | | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO | | | | | | | | | |
| TIPO: | PRÓCTOR MODIFICADO | | | PESO DEL MARTILLO: | | | 10 lb | | |
| NORMA: | AASHTO T-180 | | | ALTURA DE CAÍDA: | | | 18" | | |
| PESO MUESTRA (gr): | 6000 | | | CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%) | | | 16,50 | | |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN 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 | 21558 | 21699 | 19649 | 19785 | 18740 | 18892 | | | |
| Peso Molde | 16330 | 16330 | 15359 | 15359 | 16330 | 16330 | | | |
| P. Húmedo | 5228 | 5369 | 4290 | 4426 | 2410 | 2562 | | | |
| Volumen Muestra | 2280,37 | 2280,37 | 2280,37 | 2280,37 | 2280,37 | 2280,37 | | | |
| Densidad Humedad | 2,293 | 2,354 | 1,881 | 1,941 | 1,057 | 1,124 | | | |
| Densidad Seca | 1,962 | 1,921 | 1,631 | 1,558 | 0,926 | 0,892 | | | |
| Den. Seca Prom. | 1,942 | | 1,595 | | 0,909 | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| Recipiente N° | 23 | 28 | 1A | 49 | 12 | 2ª | 40 | 32 | 3A |
| P. Hum. + Recipiente | 125,4 | 132,8 | 142,8 | 142,8 | 158,8 | 147,8 | 156,3 | 123,8 | 140,5 |
| P. Seco + Recipiente | 110,5 | 117,1 | 121,4 | 126,1 | 141,4 | 123,7 | 136,9 | 114,5 | 116,8 |
| Peso Recipiente | 22,8 | 23,1 | 26,5 | 23,1 | 21,1 | 25,6 | 28,8 | 23,3 | 25,3 |
| Peso Agua | 14,9 | 15,7 | 21,4 | 16,7 | 17,4 | 24,1 | 19,4 | 9,3 | 23,7 |
| Peso de Sólidos | 87,7 | 94 | 94,9 | 103 | 120,3 | 98,1 | 108,1 | 91,2 | 91,5 |
| Contenido Humedad % | 16,99 | 16,70 | 22,55 | 16,21 | 14,46 | 24,57 | 17,95 | 10,20 | 25,90 |
| Con. Hum. Prom. % | 16,85 | | 22,55 | 15,34 | | 24,57 | 14,07 | | 25,90 |
| Agua Absorbida | 5,70 | | 9,23 | | 11,83 | | | | |

4.1.5.1 Tabla N ° 4 Ensayo CBR



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DEL PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO

UBICACIÓN: Parroquia Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua

ENSAYADO: María Victoria Salazar Vaca

MUESTRA: 5

ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

| Molde Número | | | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
|--------------|-------|--------|--------------|------------------|-----------------------|------|------------------|--------------|-----------------------|------------------|------|--------------|-----------------------|------|
| Fecha | | Tiempo | | Lect. Dial (plg) | h | | Lect. Dial (plg) | H | | Lect. Dial (plg) | h | | Esponjamiento | |
| Día y Mes | Hora | Días | Muestra plg. | | plg *10 ⁻² | % | | Muestra plg. | plg *10 ⁻² | | % | Muestra plg. | plg *10 ⁻² | % |
| 6-Mar-16 | 15H30 | 0 | 0,47 | 5 | 0 | 0,00 | 0,73 | 5 | 0 | 0,00 | 1,06 | 5 | 0 | 0,00 |
| 7-Mar-16 | 15H30 | 1 | 0,69 | | 0,22 | 0,04 | 0,97 | | 0,24 | 0,05 | 1,55 | | 0,49 | 0,10 |
| 8-Mar-16 | 15H30 | 2 | 1,24 | | 0,55 | 0,11 | 1,97 | | 1,24 | 0,25 | 2,10 | | 1,04 | 0,21 |
| | | | | | | | | | | | | | | |

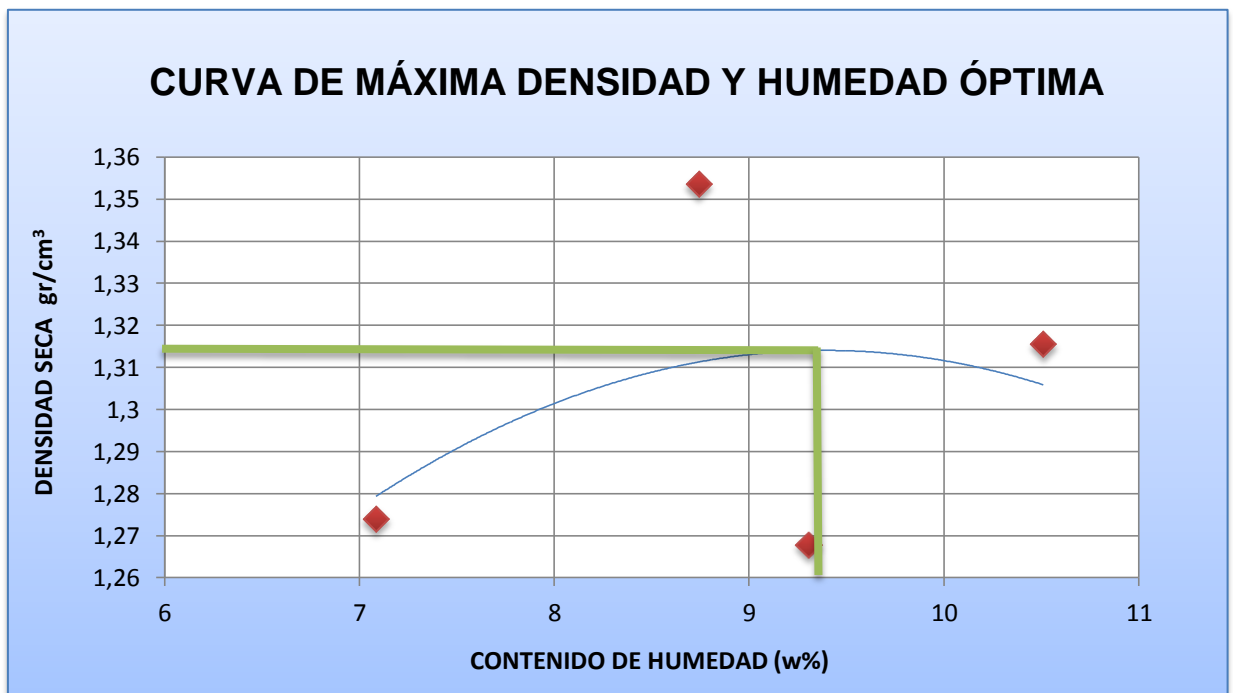
| ENSAYO DE CARGA – PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|--------|-----------|--------------------------------------|----------------------|-----------|--------------------|---------|----------------------|--|-------------|---------|----------------------|-----------|-------------|
| Máquina de Compresión Simple (CONTROLS) | | | | AREA DEL PISTÓN = 3 plg ² | | | 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 | | Leída | Corregida | | | Leída | Corregida | | | Leída | Corregida | |
| | | | | Lb | lb/pulg ² | | % | lb | lb/pulg ² | | % | Lb | lb/pulg ² | | % |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0,00 | | | 0 | 0 | | |
| 0 | 30 | 0,64 | 25 | 103,10 | 34,37 | | | 91,60 | 30,53 | | | 38,9 | 12,97 | | |
| 1 | 0 | 1,27 | 50 | 128,50 | 42,83 | | | 111,30 | 37,10 | | | 50,1 | 16,70 | | |
| 1 | 30 | 1,91 | 75 | 186,40 | 62,13 | | | 143,60 | 47,87 | | | 80,2 | 26,73 | | |
| 2 | 0 | 2,54 | 100 | 219,10 | 73,03 | 73,03 | 7,30 | 186,20 | 62,07 | 62,07 | 6,21 | 101,4 | 33,80 | 33,80 | 3,38 |
| 3 | 0 | 3,81 | 150 | 305,90 | 101,97 | | | 252,10 | 84,03 | | | 110,5 | 36,83 | | |
| 4 | 0 | 5,08 | 200 | 395,70 | 131,90 | | | 302,30 | 100,77 | | | 143,1 | 47,70 | | |
| 5 | 0 | 6,35 | 250 | 469,20 | 156,40 | | | 352,30 | 117,43 | | | 161,0 | 53,67 | | |
| 6 | 0 | 7,62 | 300 | 526,00 | 175,33 | | | 401,30 | 133,77 | | | 168,0 | 56,00 | | |
| 8 | 0 | 10,16 | 400 | 697,30 | 232,43 | | | 491,40 | 163,80 | | | 189,4 | 63,13 | | |
| 10 | 0 | 12,70 | 500 | 807,61 | 269,20 | | | 608,20 | 202,73 | | | 210,5 | 70,17 | | |
| CBR Corregido | | | | | | | 7,30 | | | | 6,21 | | | | 3,38 |

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para el análisis se va a tomar las gráficas de cada muestra ensayada, las cuales van hacer de los ensayos de Próctor Estándar, Próctor Modificado y los de CBR.

4.2.1 Muestra N° 1

4.2.1.1 Gráfico N° 1 Curva de Ensayo Próctor Estándar

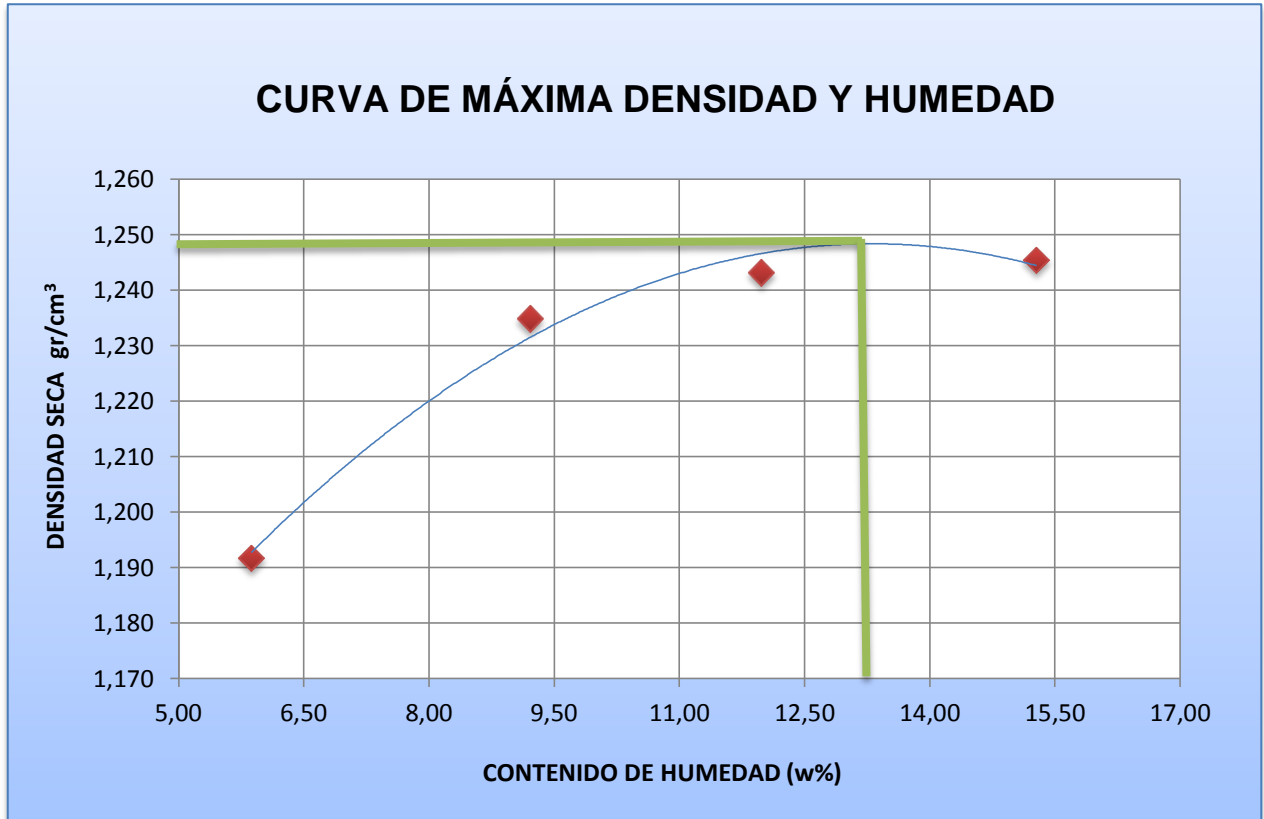


Fuente: Autora

Los valores que se obtuvo de esta grafica son los siguientes:

Humedad Óptima = 9,40 %
Densidad Máxima = 1,314 gr/cm³

4.2.1.1 Gráfico N° 2 Curva de Ensayo Próctor Modificado



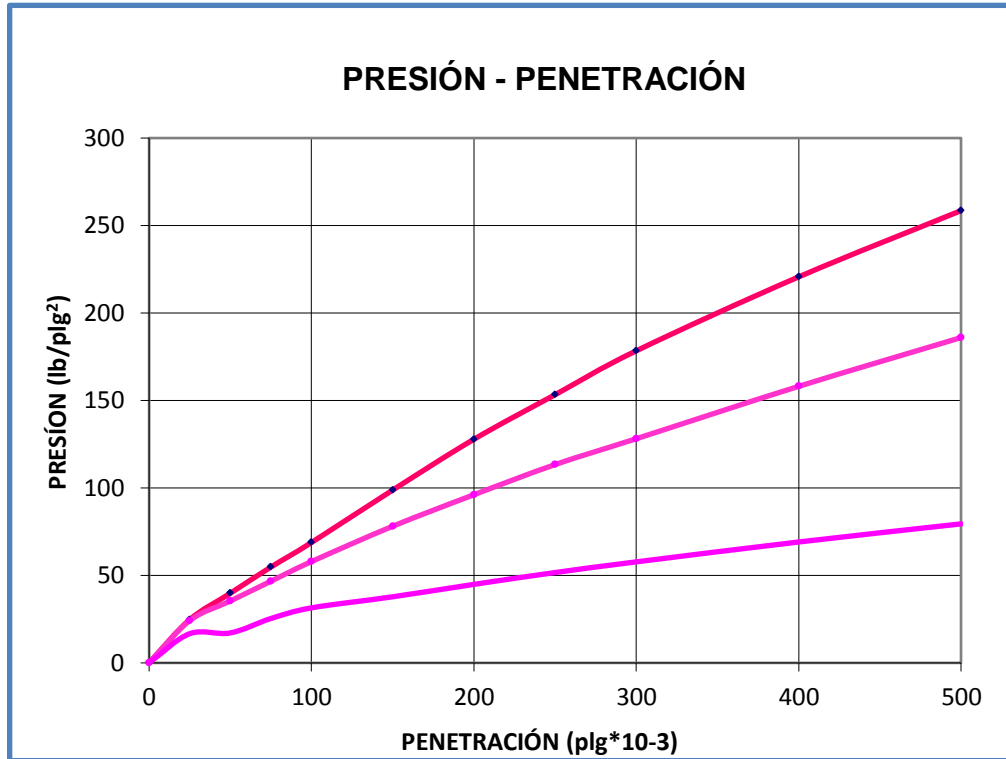
Fuente: Autora

Los valores que se obtuvo de esta grafica son los siguientes:

Humedad Óptima = 9,40 %
Densidad Máxima = 1,314 gr/cm³

4.1.1.2 Ensayo de CBR

4.2.1.2 Gráfico N • 3 Curva de Penetración del Ensayo CBR

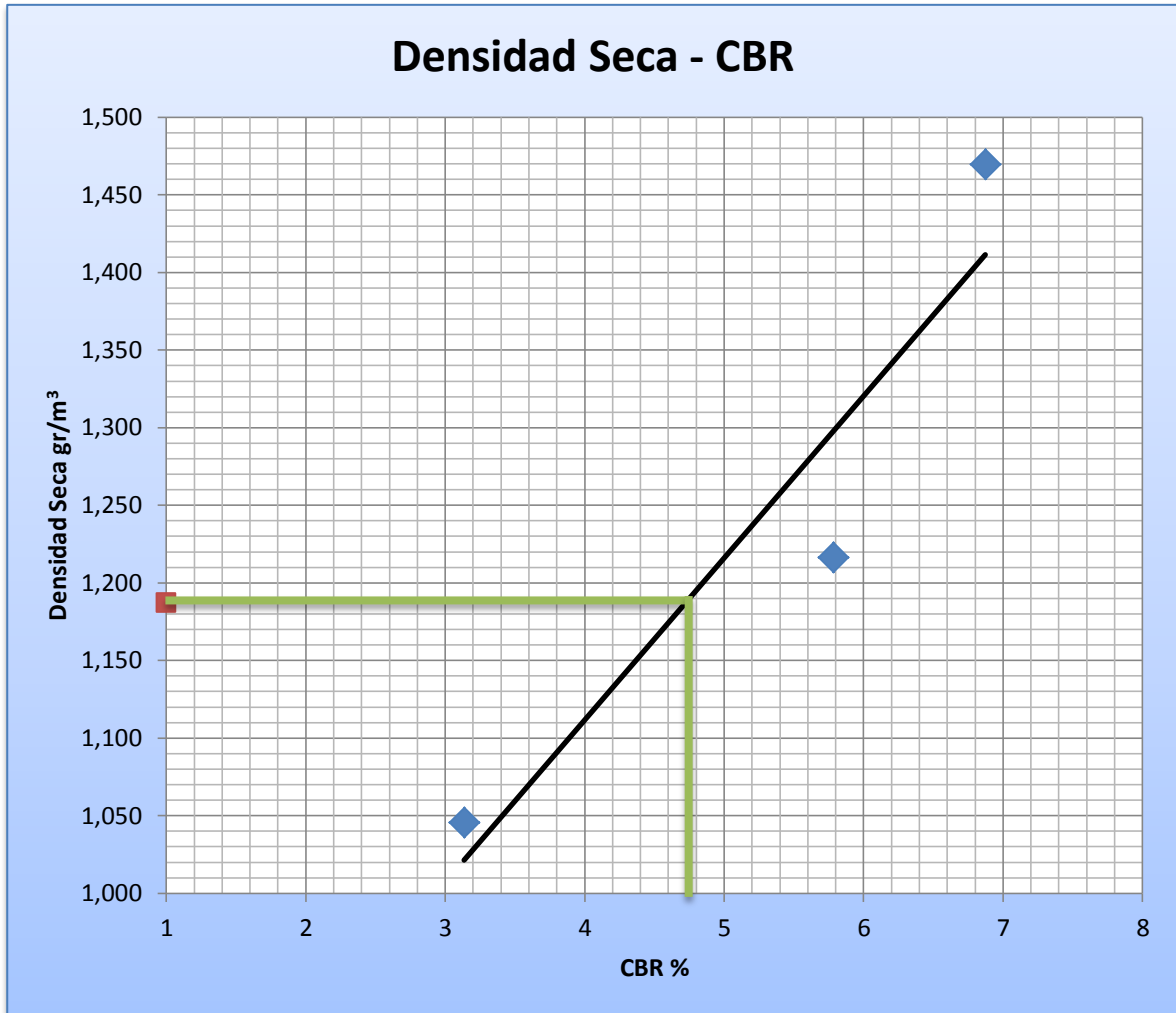


Fuente: Autora

Los valores que se obtuvo de esta grafica son los siguientes:

| DENSIDADES | | RESISTENCIAS | |
|------------|--------------------|--------------|---|
| 1,469 | gr/cm ³ | 6,87 | % |
| 1,216 | gr/cm ³ | 5,78 | % |
| 1,045 | gr/cm ³ | 3,14 | % |

4.2.1.3 Gráfico N • 4 Curva de Ensayo CBR



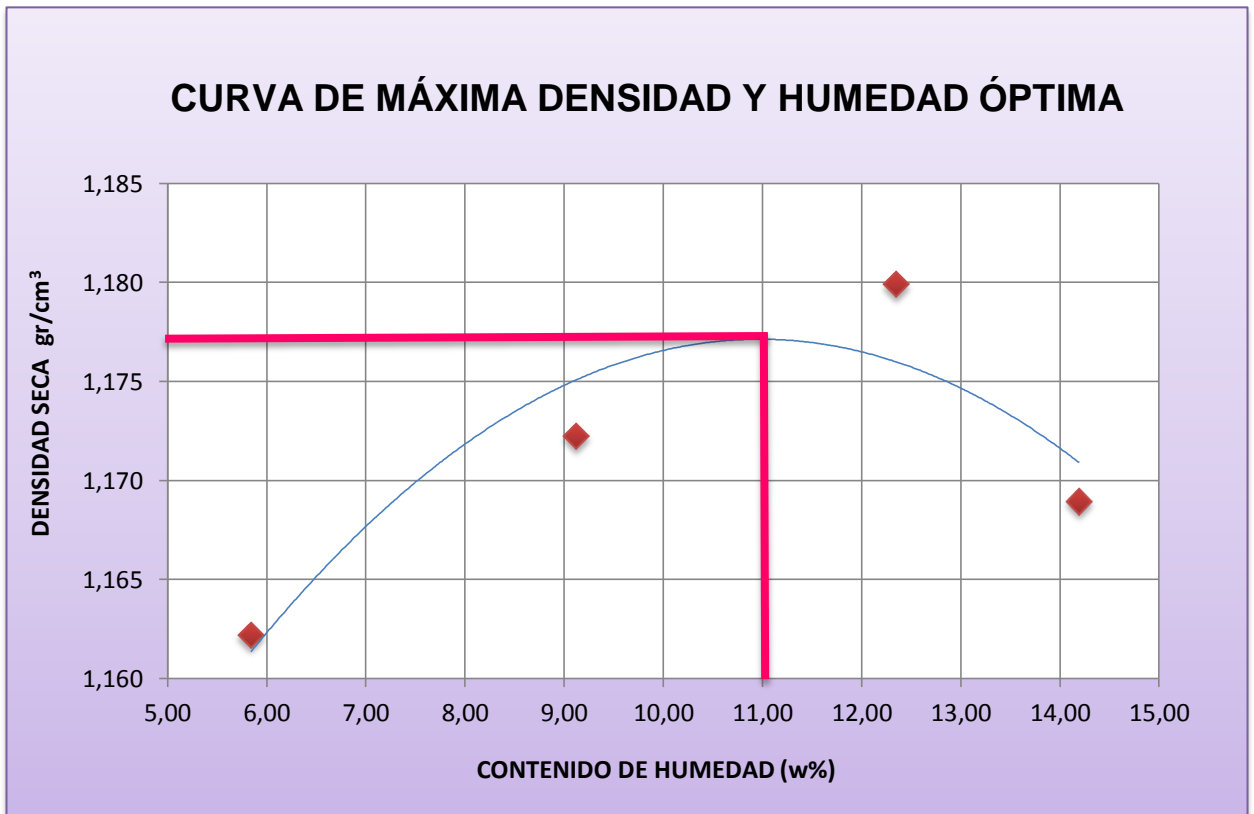
Fuente: Autora

Los valores que se obtuvo de esta grafica son los siguientes:

| | | |
|---------------------|-------------|--------------------|
| DENSIDAD MAX | 1,249 | gr/cm ³ |
| 95% DE DM | 1,187 | gr/cm ³ |
| CBR PUNTUAL | 4,76 | % |

4.2.2 Muestra N° 2

4.2.2.1 Gráfico N° 1 Curva de Ensayo Próctor Estándar

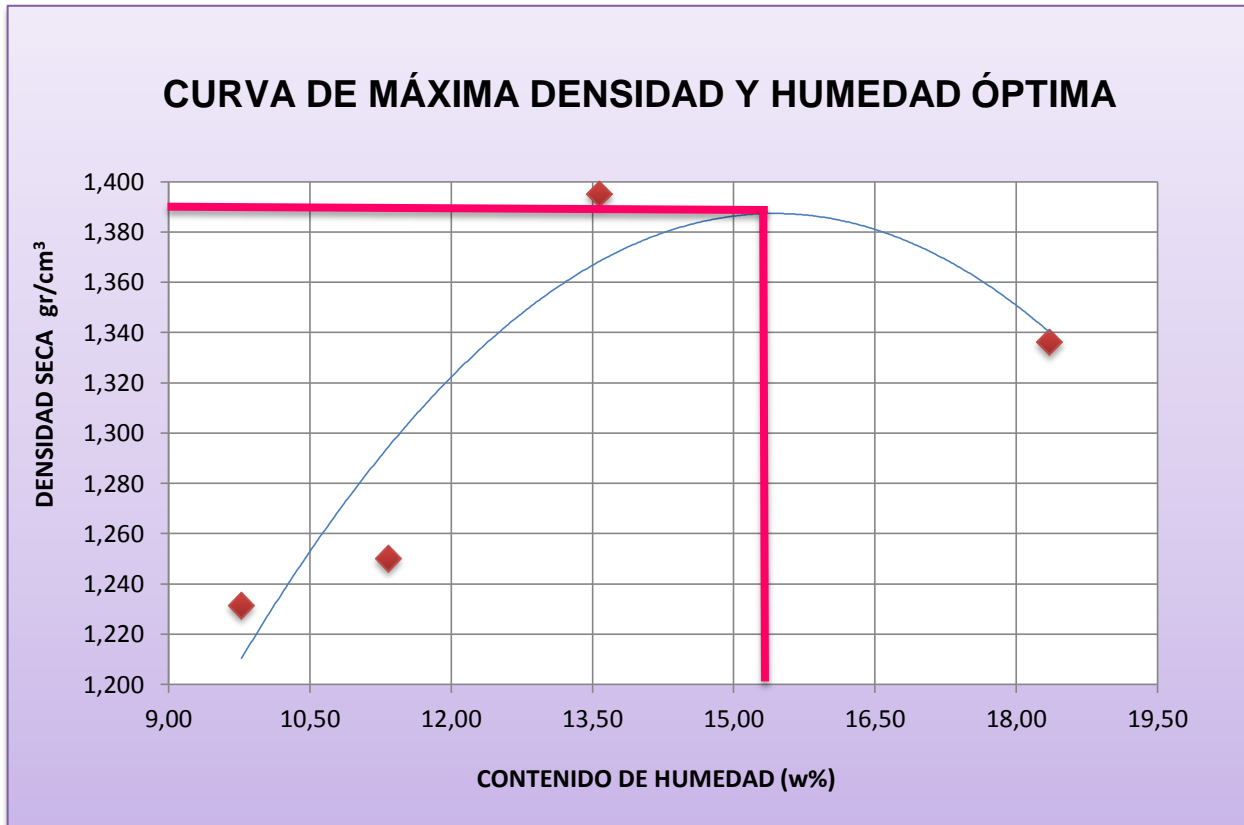


Fuente: Autora

Los valores que se obtuvo de esta grafica son los siguientes:

Humedad Óptima = 11,00 %
Densidad Máxima = 1,177 gr/cm³

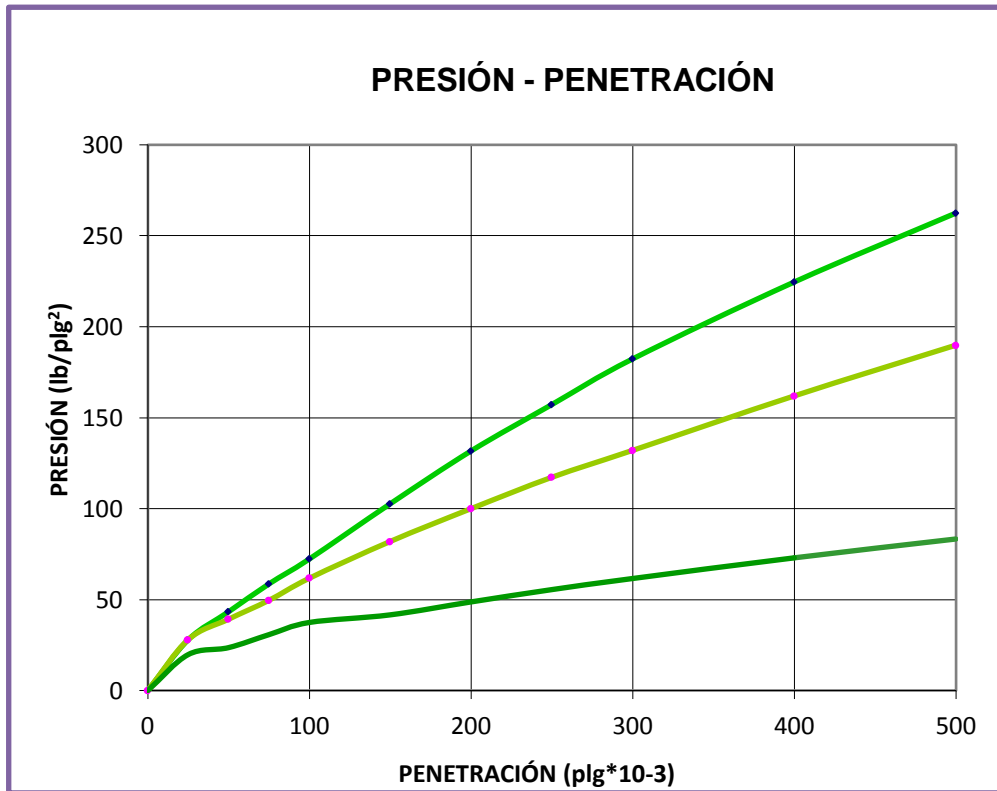
4.2.2.2 Gráfico N °2 Ensayo de Próctor Modificado



Los valores que se obtuvieron de esta gráfica son los siguientes:

Humedad Óptima = 15,20 %
Densidad Máxima = 1,384 gr/ cm³

4.2.2.3 Gráfica N • 3 Curva de Penetración de Ensayo de CBR

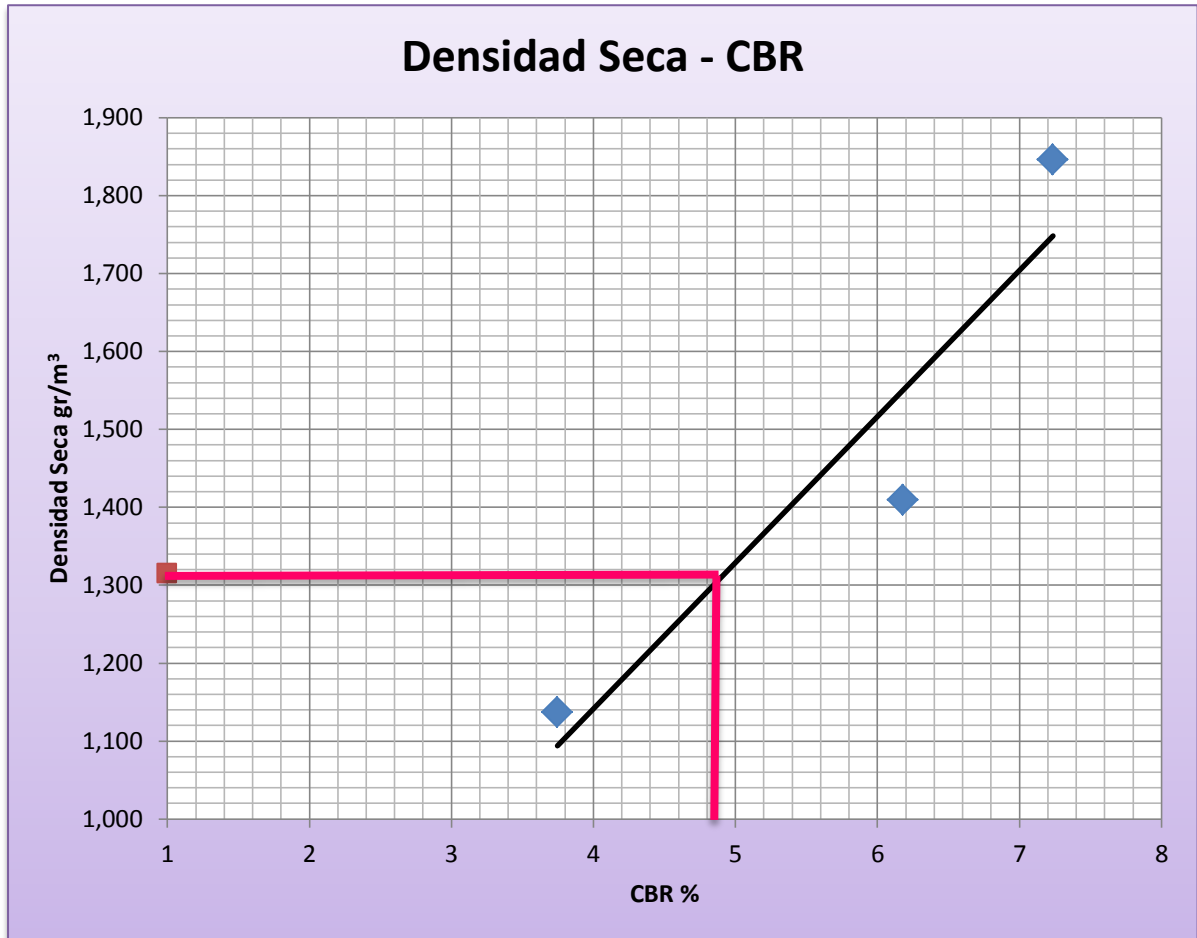


Fuente: Autora

Los valores que se obtuvieron de esta gráfica son los siguientes:

| DENSIDADES | | RESISTENCIAS | |
|------------|--------------------|--------------|---|
| 1,846 | gr/cm ³ | 7,24 | % |
| 1,409 | gr/cm ³ | 6,18 | % |
| 1,136 | gr/cm ³ | 3,75 | % |

4.2.2.4 Gráfica N° 4 Curva de Ensayo CBR



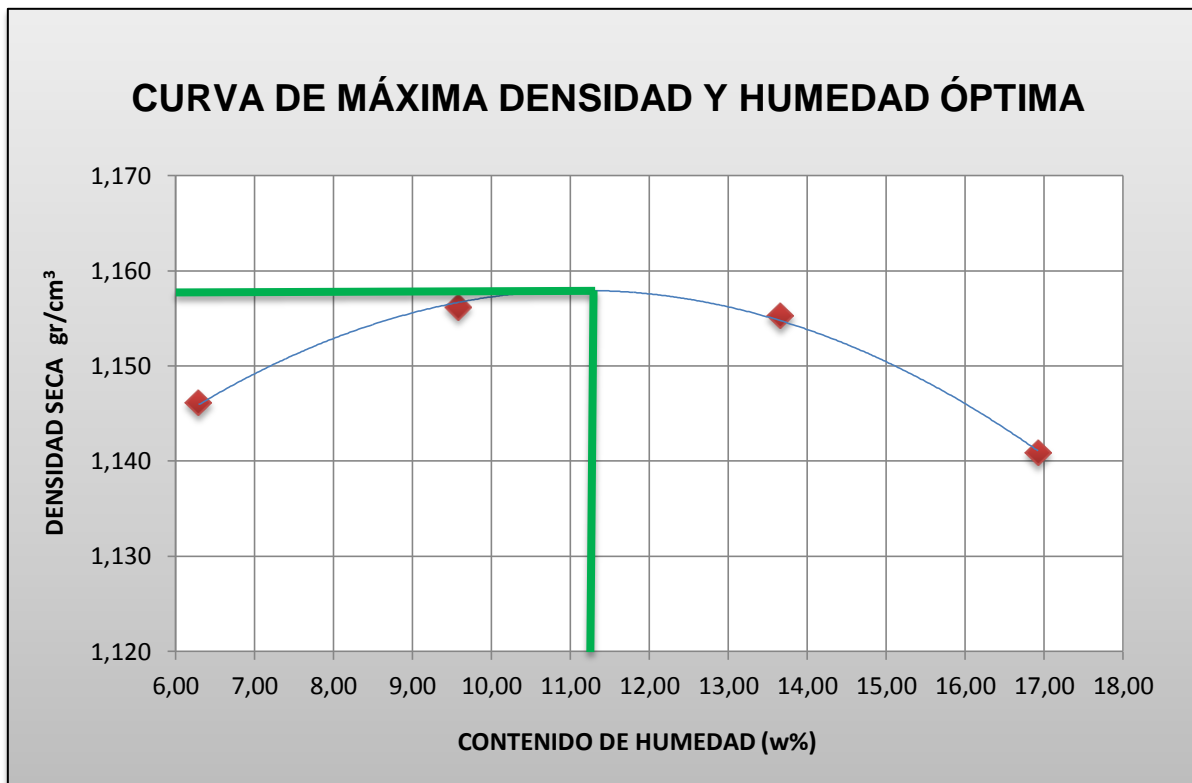
Fuente: Autora

Los valores que se obtuvo de esta grafica son los siguientes:

| | | |
|---------------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAX | 1,384 | gr/cm ³ |
| 95% DE DM | 1,315 | gr/cm ³ |
| CBR PUNTUAL | 4,80 | % |

4.2.3 Muestra N° 3

4.2.3.1 Gráfico N° 1 Curva de Ensayo Próctor Estándar

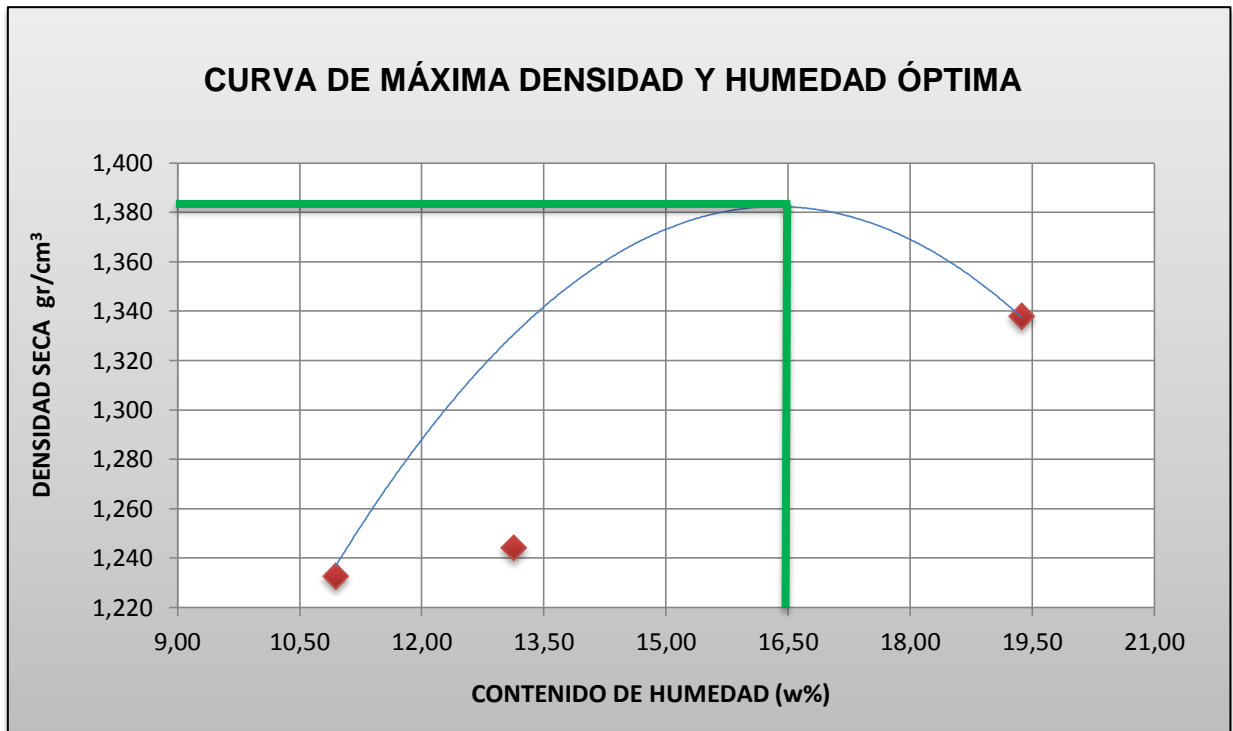


Fuente: Autora

Los valores que se obtuvieron de esta gráfica son los siguientes:

Humedad Óptima = 11,20 %
Densidad Máxima = 1,159 gr/cm³

4.2.3.2 Gráfico N • 2 Curva de Ensayo Próctor Modificado

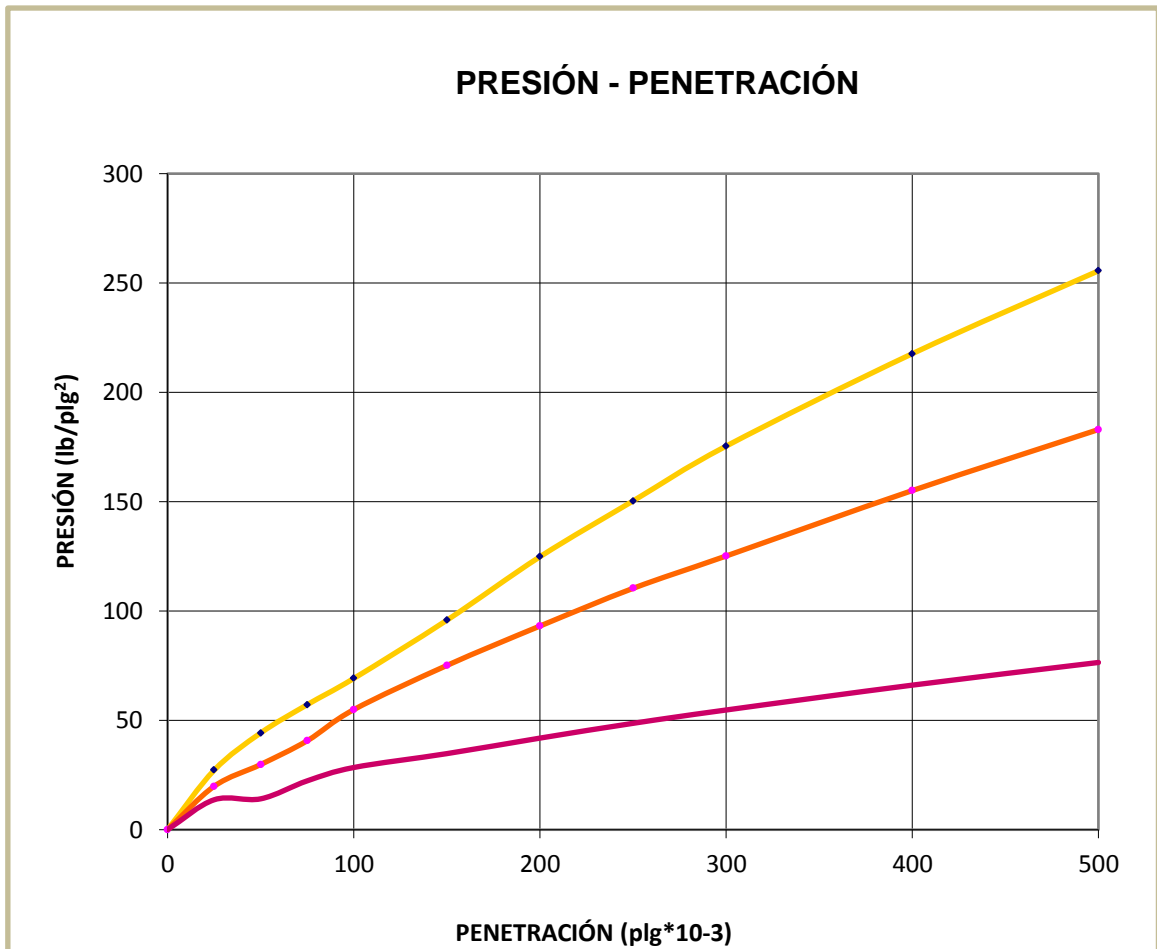


Fuente: Autora

Los valores que se obtuvieron de esta gráfica son los siguientes:

Humedad Óptima = 16,50 %
Densidad Máxima = 1,381 gr/cm³

4.2.3.3 Gráfico N • 3 Curva de Penetración de Ensayo de CBR

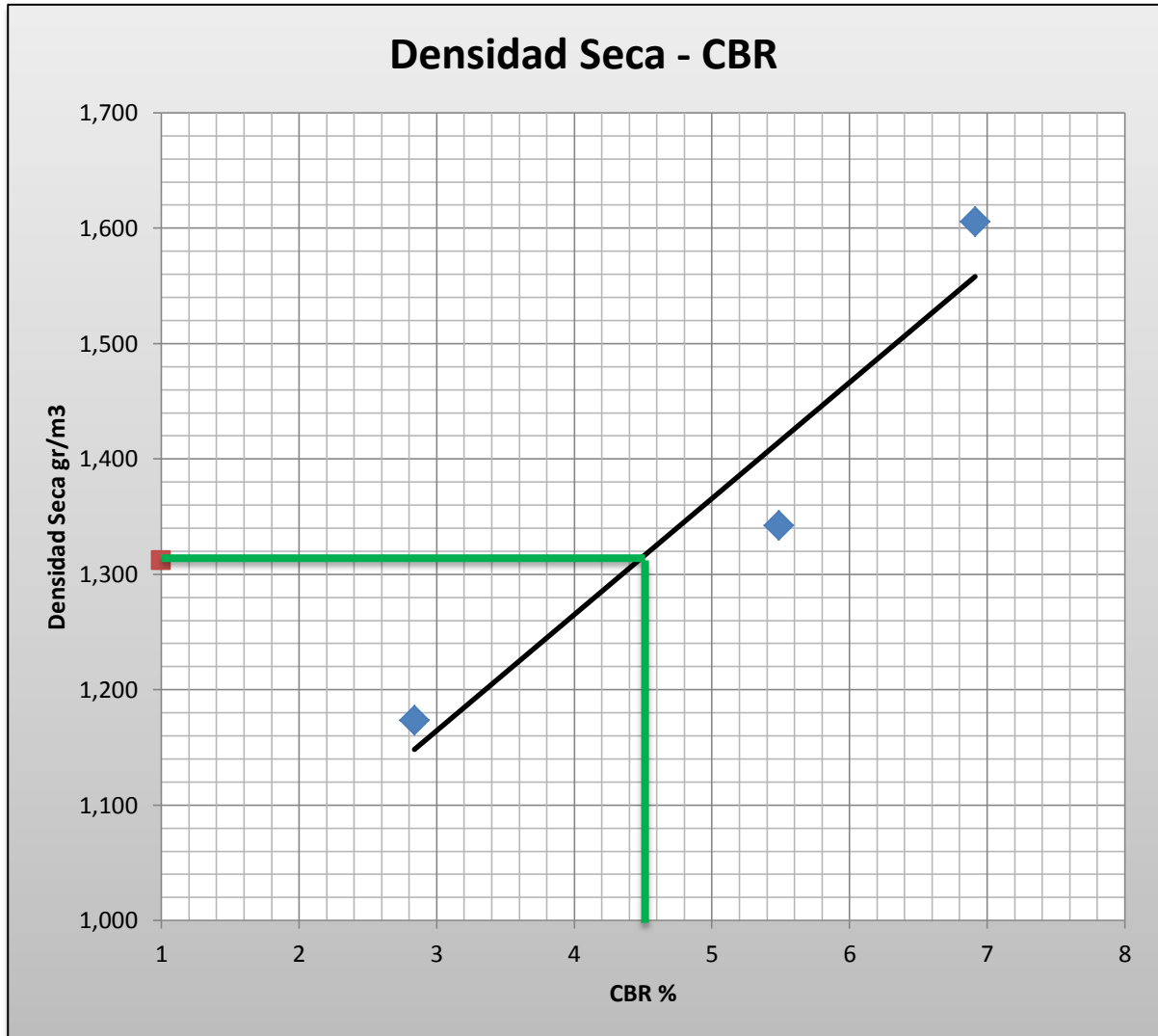


Fuente: Autora

Los valores que se obtuvo de esta grafica son los siguientes:

| DENSIDADES | | RESISTENCIAS | |
|------------|--------------------|--------------|---|
| 1,605 | gr/cm ³ | 6,91 | % |
| 1,342 | gr/cm ³ | 5,49 | % |
| 1,173 | gr/cm ³ | 2,84 | % |

4.2.3.4 Gráfico N • 4 Curva de Ensayo CBR



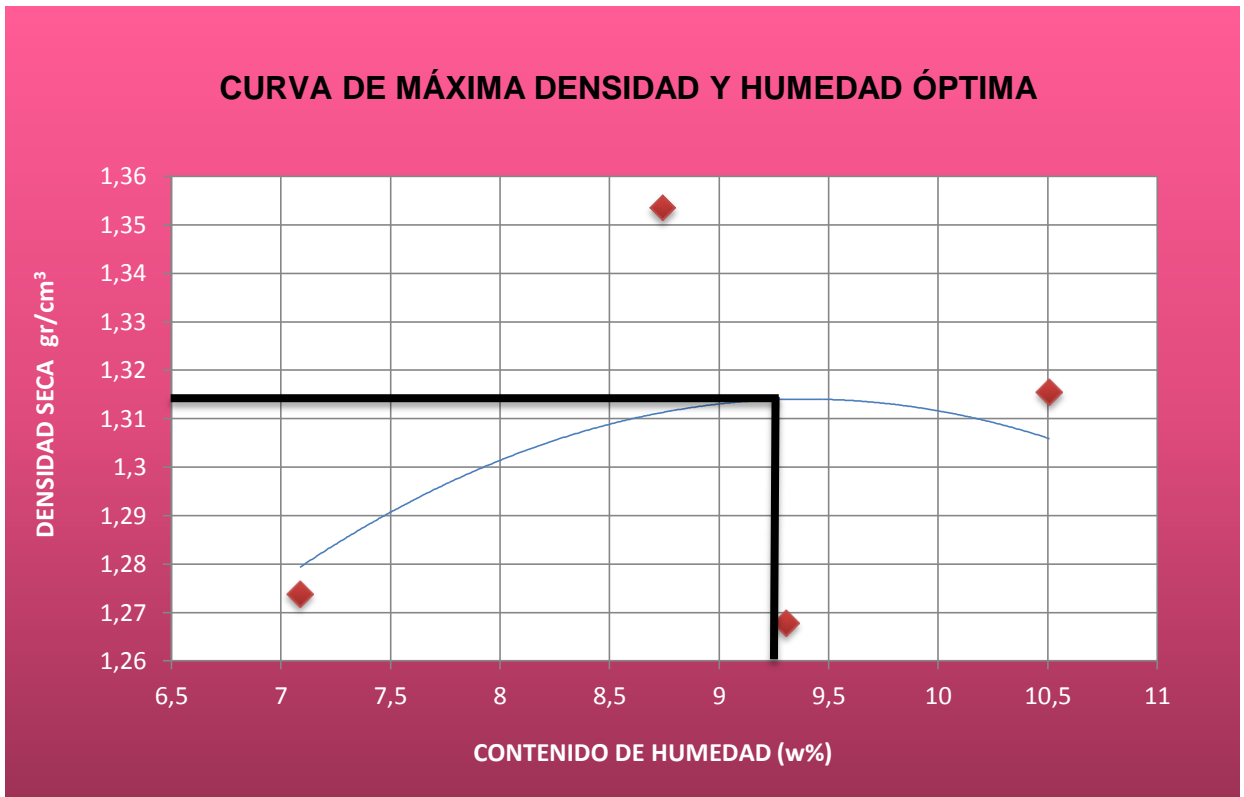
Fuente: Autora

Los valores que se obtuvieron de esta gráfica son los siguientes:

| | | |
|---------------------|--------------|--------------------------|
| DENSIDAD MAX | 1,381 | gr/cm³ |
| 95% DE DM | 1,312 | gr/cm³ |
| CBR PUNTUAL | 4,59 | % |

4.2.4 Muestra N° 4

4.2.4.1 Gráfico N° 1 Curva de Ensayo Próctor Estándar

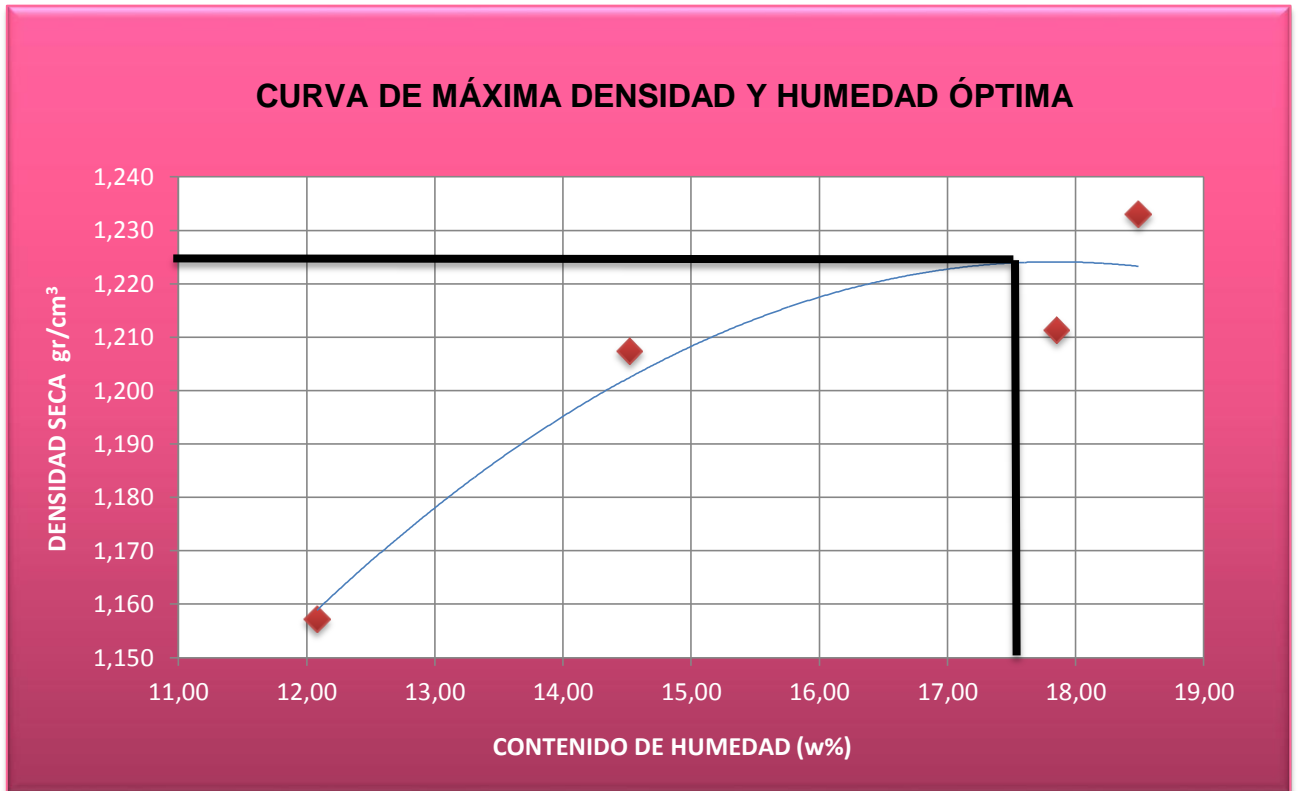


Fuente: Autora

Los valores que se obtuvo de esta grafica son los siguientes:

Humedad Óptima = 9,30 %
Densidad Máxima = 1,311 gr/cm³

4.2.4.2 Gráfico N° 2 Curva de Ensayo Próctor Modificado

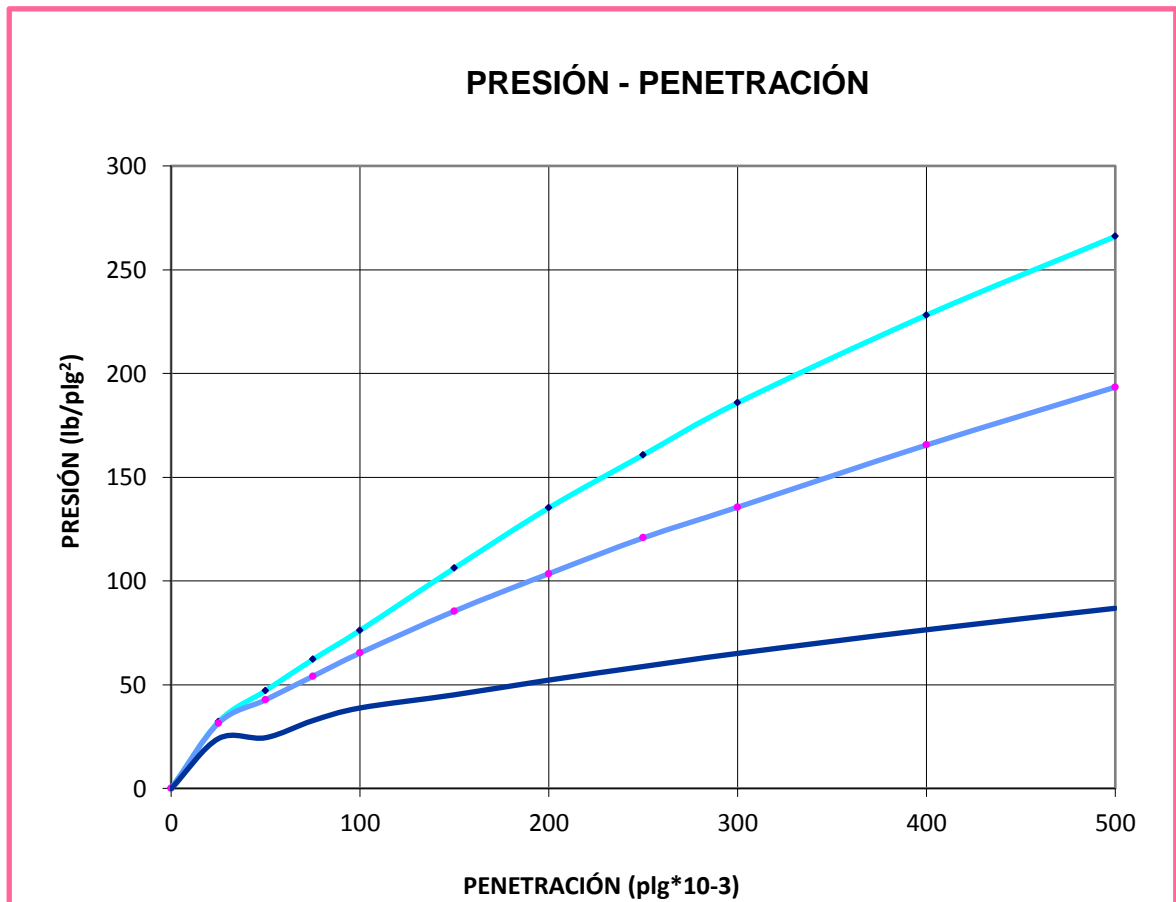


Fuente: Autora

Los valores que se obtuvieron de esta gráfica son los siguientes:

Humedad Óptima = 17,90 %
Densidad Máxima = 1,222 gr/cm³

4.2.4.3 Gráfico N • 4 Curva de Penetración de Ensayo de CBR

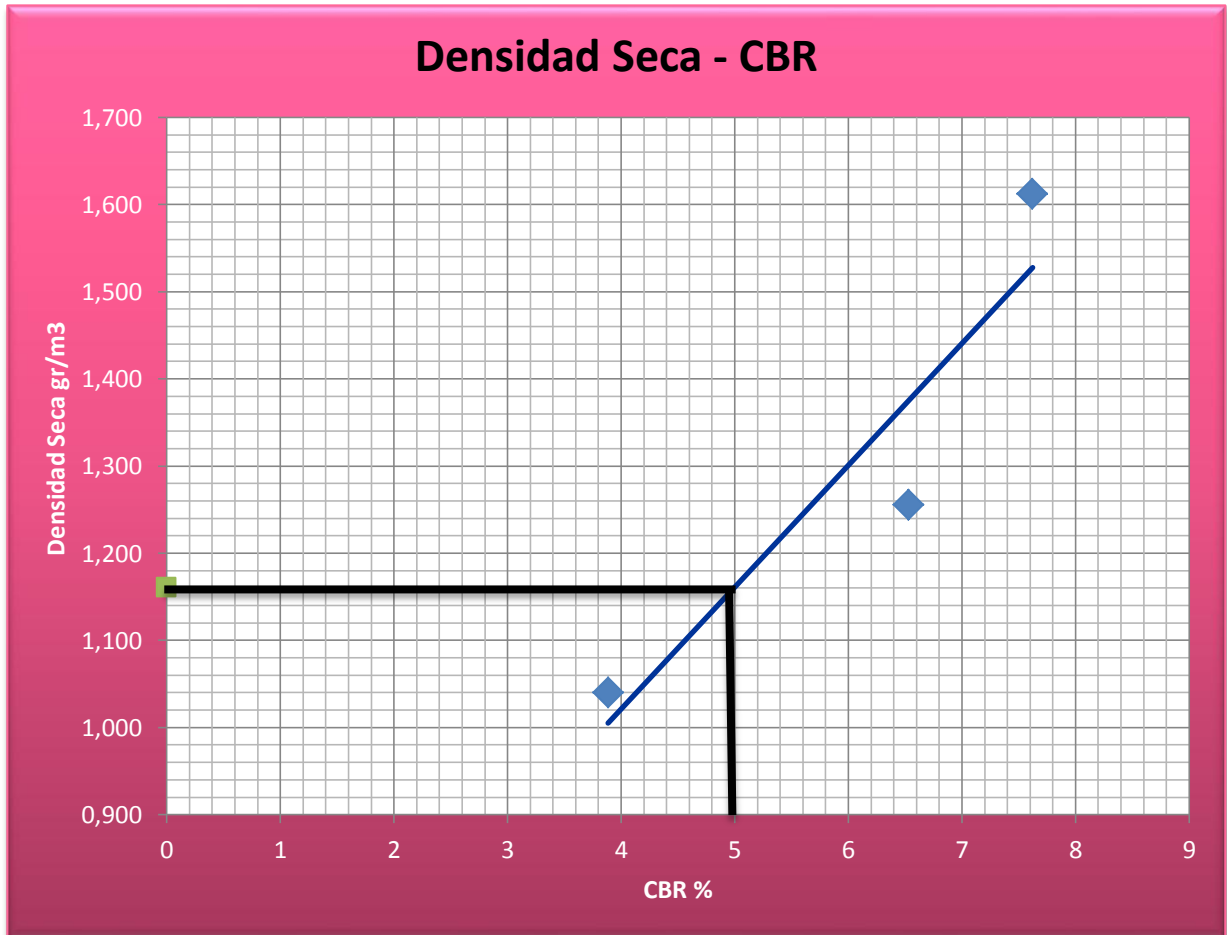


Fuente: Autora

Los valores que se obtuvieron de esta gráfica son los siguientes:

| DENSIDADES | | RESISTENCIAS | |
|------------|--------------------|--------------|---|
| 1,612 | gr/cm ³ | 7,62 | % |
| 1,256 | gr/cm ³ | 6,53 | % |
| 1,040 | gr/cm ³ | 3,89 | % |

4.2.4.4 Gráfico N° 4 Curva de Ensayo CBR



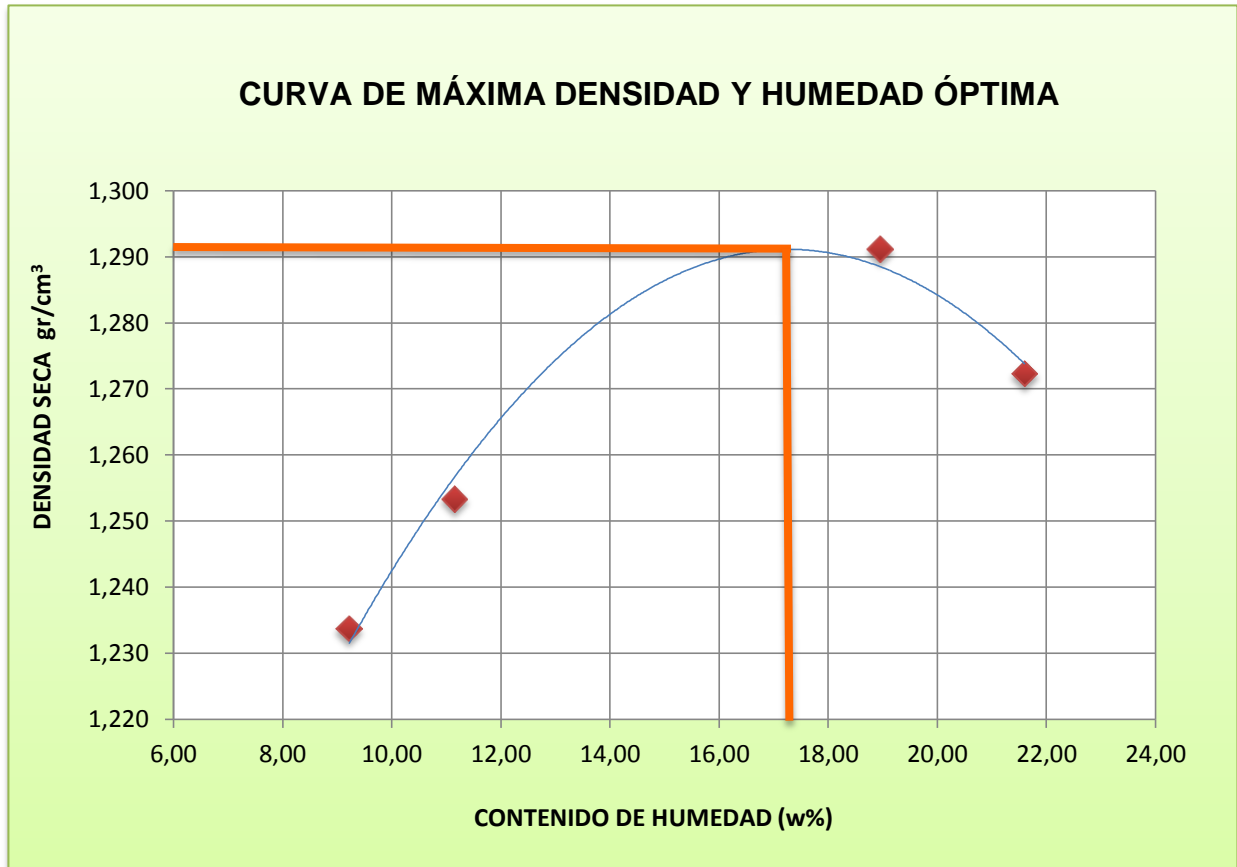
Fuente: Autora

Los valores que se obtuvieron de esta gráfica son los siguientes:

| | | |
|---------------------|--------------|--------------------------|
| DENSIDAD MAX | 1,222 | gr/cm³ |
| 95% DE DM | 1,161 | gr/cm³ |
| CBR PUNTUAL | 5,00 | % |

4.2.5 Muestra N° 5

4.2.5.1 Gráfica N° 1 Curva de Ensayo Próctor Estándar

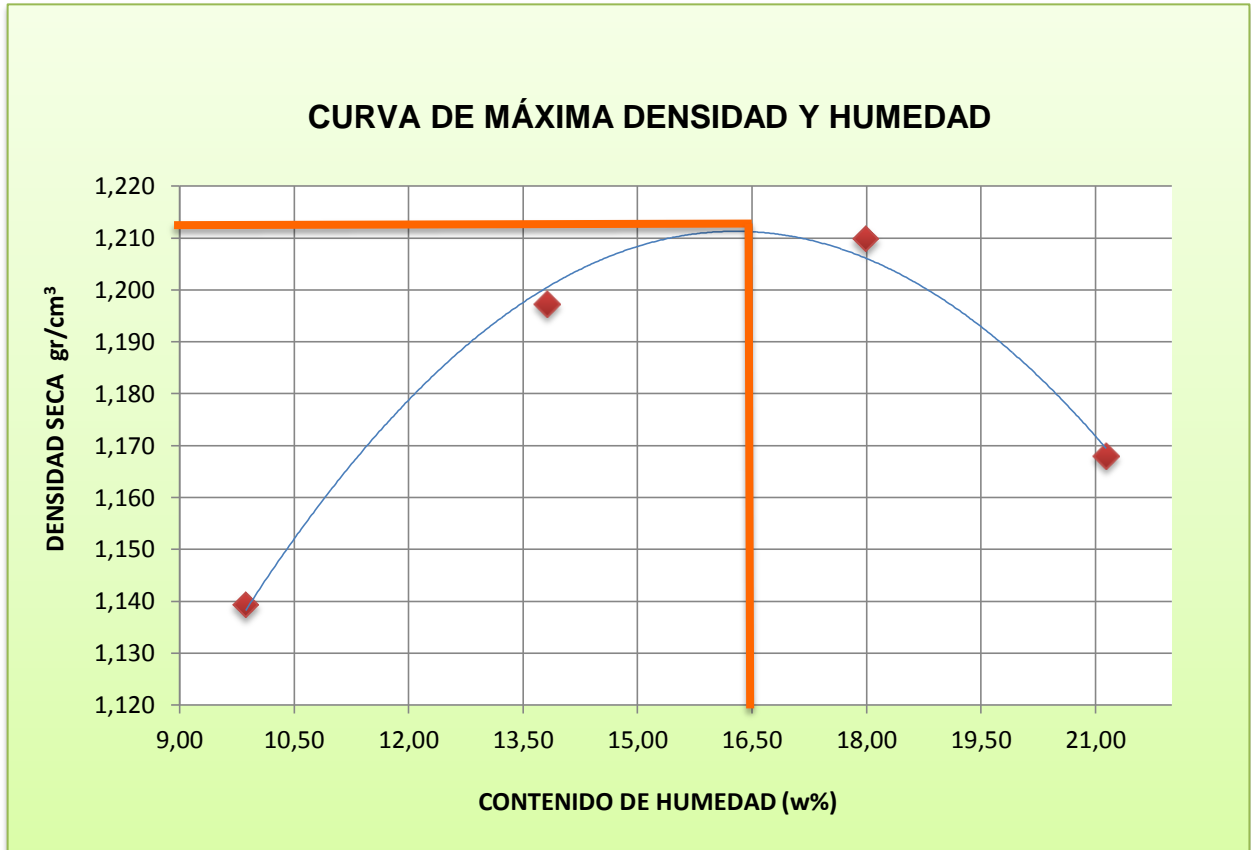


Fuente: Autora

Los valores que se obtuvo de esta grafica son los siguientes:

Humedad Óptima = 17,20 %
Densidad Máxima = 1,291 gr/cm³

4.2.5.2 Gráfica N • 2 Curva de Ensayo Próctor Modificado

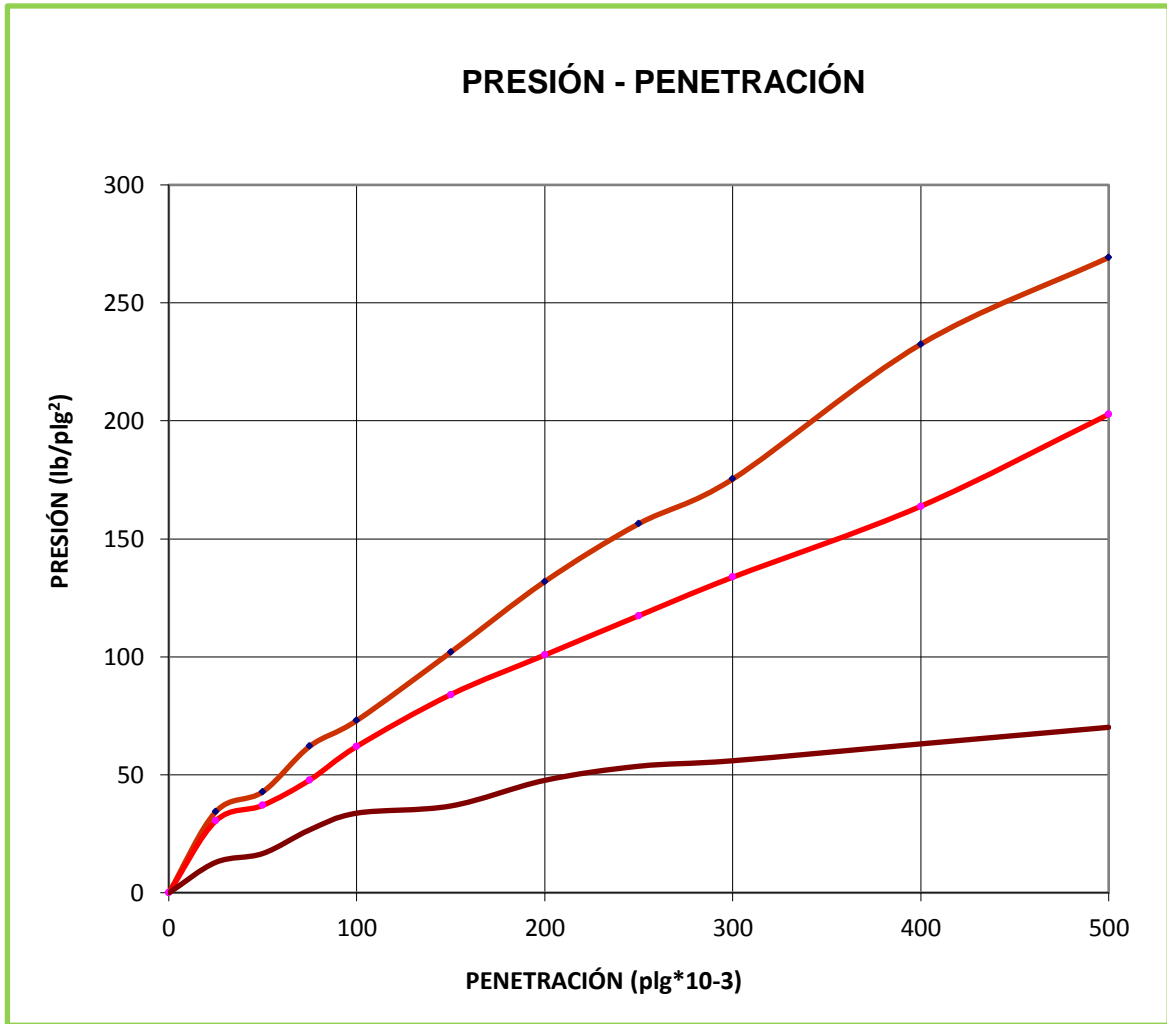


Fuente: Autora

Los valores que se obtuvo de esta grafica son los siguientes:

Humedad Óptima = 16,50 %
Densidad Máxima = 1,212 gr/cm³

4.2.5.3 Gráfico N • 3 Curva de Penetración de Ensayo de CBR

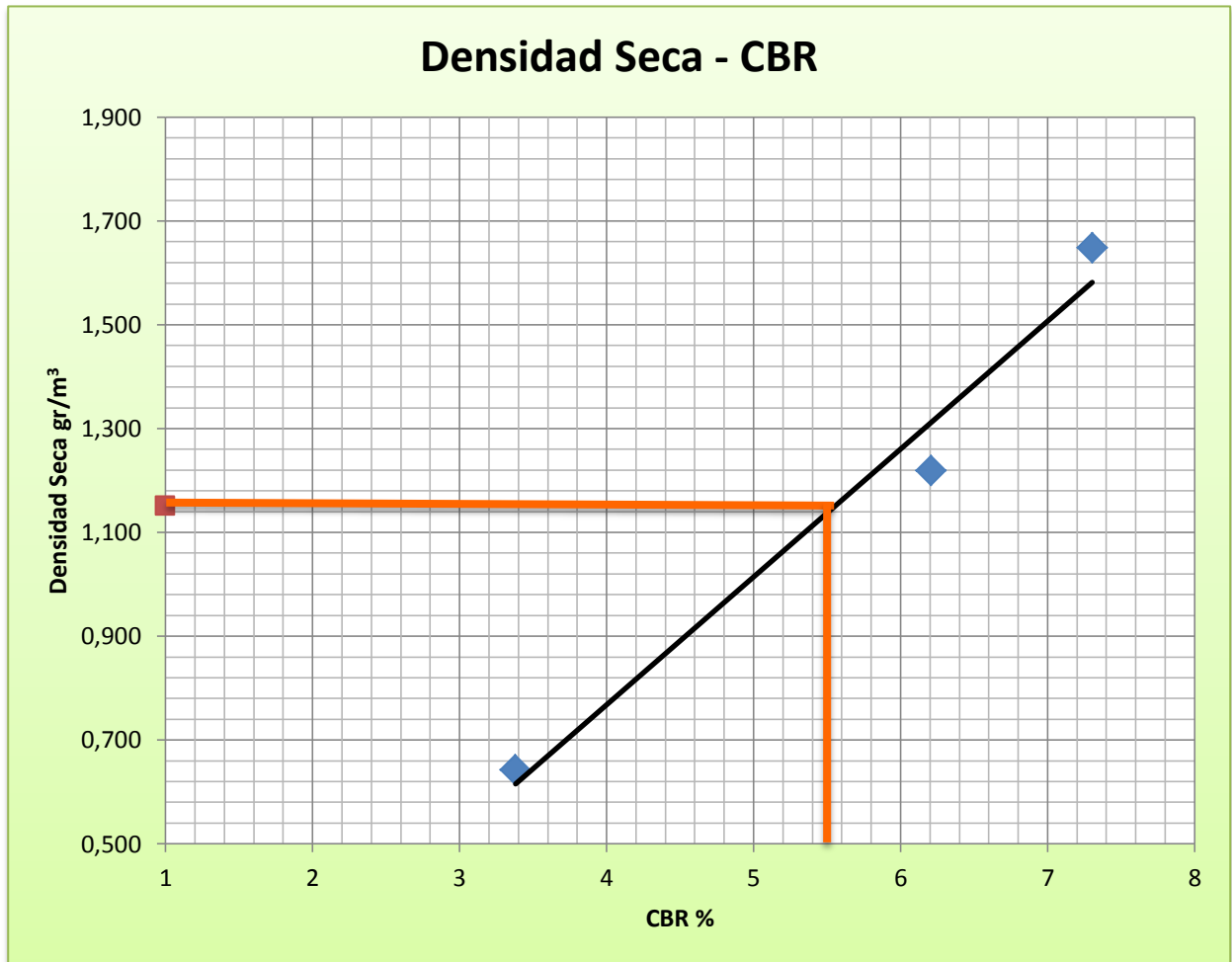


Fuente: Autora

Los valores que se obtuvieron de esta gráfica son los siguientes:

| DENSIDADES | | RESISTENCIAS | |
|------------|--------------------|--------------|---|
| 1,648 | gr/cm ³ | 7,30 | % |
| 1,219 | gr/cm ³ | 6,21 | % |
| 0,642 | gr/cm ³ | 3,38 | % |

4.2.5.4 Gráfico N °4 Curva de Ensayo CBR



Fuente: Autora

Los valores que se obtuvo de esta grafica son los siguientes:

| | | |
|---------------------|--------------|--------------------------|
| DENSIDAD MAX | 1,212 | gr/cm³ |
| 95% DE DM | 1,151 | gr/cm³ |
| CBR PUNTUAL | 5,58 | % |

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Luego de realizar el análisis de los resultados de los correspondientes estudios y ensayos se consideró que la determinación de la resistencia del suelo del Sector San Pedro, Parroquia de Ambatillo Alto, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, se verificara el cumplimiento de lo planteado para cada una de las muestras tomadas anteriormente.

4.3.1 Muestra N° 1

La correlación que existe entre los ensayos en esta muestra se puede determinar los diferentes datos y llegar a determinar las hipótesis establecidas:

4.1.2.1 Tabla N° 1: Resultados Ensayo Próctor Estándar

| PRÓCTOR ESTÁNDAR | |
|------------------|---------------------------|
| Humedad Óptima | Densidad Máxima |
| 9,40 % | 1,314 gr/ cm ³ |

Fuente: Autora

4.1.2.2 Tabla N° 2: Resultados Ensayo Próctor Modificado

| PRÓCTOR MODIFICADO | |
|--------------------|---------------------------|
| Humedad Óptima | Densidad Máxima |
| 12,90% | 1,249 gr/ cm ³ |

Fuente: Autora

4.1.2.3 Tabla N° 3: Resultados Ensayo Compactación de CBR

| COMPACTACIÓN DE CBR | |
|--------------------------|----------------|
| Densidad Seca | Agua Absorbida |
| 1,469 gr/cm ³ | 14,60 |
| 1,216 gr/cm ³ | 19,26 |
| 1,045 gr/cm ³ | 25,79 |

Fuente: Autora

4.1.2.4 Tabla N° 4: Resultados Ensayo de CBR

| ENSAYO DE CBR | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|----------------|
| Densidades | Resistencias | 95 % Densidad Máxima | CBR Puntual |
| 1,469 gr/cm ³ | 6,87 % | 1,187 gr/cm ³ | 4,76 % |
| 1,216 gr/cm ³ | 5,78 % | | |
| 1,045 gr/cm ³ | 3,14 % | | |

Fuente: Autora

Entre el ensayo de Próctor Estándar y Modificado se puede notar una diferencia entre las Humedades Óptimas de 3,50 % y las Densidades Máximas de 0,065 gr/cm³ las mismas que se puede determinar que estos ensayos nos proporcionan las Humedades Óptimas del suelo de dicho sector las cuales alcanzaran su máxima compacidad.

Con los datos de Próctor Modificado se obtiene los datos para el ensayo de CBR en bases a las Densidades y a la Penetración del suelo y como resultado final se obtendrá una 95% de Densidad Máxima de 1,187 gr/cm³ y en base a este dato la resistencia portante del suelo que sería el CBR Puntual de 4,76 %.

4.3.2 Muestra N° 2

La correlación que existe entre los ensayos en esta muestra se puede determinar los diferentes datos y llegar a determinar las hipótesis establecidas:

4.3.2.1 Tabla N° 1: Resultados Ensayo de Próctor Estándar

| PRÓCTOR ESTÁNDAR | |
|------------------|---------------------------|
| Humedad Óptima | Densidad Máxima |
| 11,00% | 1,177 gr/ cm ³ |

Fuente: Autora

4.3.2.2 Tabla N° 2: Resultados Ensayo Próctor Modificado

| PRÓCTOR MODIFICADO | |
|---------------------------|---------------------------|
| Humedad Óptima | Densidad Máxima |
| 15,20% | 1,384 gr/ cm ³ |

Fuente: Autora

4.3.2.3 Tabla N° 3: Resultados Ensayo Compactación de CBR

| COMPACTACIÓN DE CBR | |
|----------------------------|----------------|
| Densidad Seca | Agua Absorbida |
| 1,846 gr/cm ³ | 6,60 |
| 1,409 gr/cm ³ | 11,35 |
| 1,316 gr/cm ³ | 16,14 |

Fuente: Autora

4.3.2.4 Tabla N° 4: Resultados Ensayo de CBR

| ENSAYO DE CBR | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|-------------|
| Densidades | Resistencias | 95 % Densidad Máxima | CBR Puntual |
| 1,846 gr/cm ³ | 7,24 % | 1,315 gr/cm ³ | 4,80 % |
| 1,409 gr/cm ³ | 6,18 % | | |
| 1,316 gr/cm ³ | 3,75 % | | |

Fuente: Autora

Entre el ensayo de Próctor Estándar y Modificado se puede notar una diferencia entre las Humedades Óptimas de 4,20 % y las Densidades Máximas de 0,207 gr/cm³ las mismas que se puede determinar que estos ensayos nos proporcionan las Humedades Óptimas del suelo de dicho sector las cuales alcanzaran su máxima compacidad.

Con los datos de Próctor Modificado se obtiene los datos para el ensayo de CBR en bases a las Densidades y a la Penetración del suelo y como resultado final se obtendrá una 95% de Densidad Máxima de 1,315 gr/cm³ y en base a este dato la resistencia portante del suelo que sería el CBR Puntual de 4,80 %.

4.3.3 Muestra N° 3

La correlación que existe entre los ensayos en esta muestra se puede determinar los diferentes datos y llegar a determinar las hipótesis establecidas:

4.3.3.1 Tabla N° 1: Resultados Ensayo Próctor Estándar

| PRÓCTOR ESTÁNDAR | |
|------------------|---------------------------|
| Humedad Óptima | Densidad Máxima |
| 11,20 % | 1,159 gr/ cm ³ |

Fuente: Autora

4.3.3.2 Tabla N° 2: Resultados Ensayo Próctor Modificado

| PRÓCTOR MODIFICADO | |
|--------------------|---------------------------|
| Humedad Óptima | Densidad Máxima |
| 16,50 % | 1,381 gr/ cm ³ |

Fuente: Autora

4.3.3.3 Tabla N° 3: Resultados Ensayo Compactación de CBR

| COMPACTACIÓN DE CBR | |
|--------------------------|----------------|
| Densidad Seca | Agua Absorbida |
| 1,605 gr/cm ³ | 3,77 |
| 1,342 gr/cm ³ | 5,30 |
| 1,173 gr/cm ³ | 7,74 |

Fuente: Autora

4.3.3.4 Tabla N° 4: Resultados Ensayo de CBR

| ENSAYO DE CBR | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|-------------|
| Densidades | Resistencias | 95 % Densidad Máxima | CBR Puntual |
| 1,605 gr/cm ³ | 6,91 % | 1,312 gr/cm ³ | 4,59 % |
| 1,342 gr/cm ³ | 5,49 % | | |
| 1,173 gr/cm ³ | 2,84 % | | |

Fuente: Autora

Entre el ensayo de Próctor Estándar y Modificado se puede notar una diferencia entre las Humedades Óptimas de 5,30 % y las Densidades Máximas de 0,222

gr/cm³ las mismas que se puede determinar que estos ensayos nos proporcionan las Humedades Óptimas del suelo de dicho sector las cuales alcanzaran su máxima compacidad.

Con los datos de Próctor Modificado se obtiene los datos para el ensayo de CBR en bases a las Densidades y a la Penetración del suelo y como resultado final se obtendrá una 95% de Densidad Máxima de 1,312 gr/cm³ y en base a este dato la resistencia portante del suelo que sería el CBR Puntual de 4,59 %.

4.3.4 Muestra N° 4

La correlación que existe entre los ensayos en esta muestra se puede determinar los diferentes datos y llegar a determinar las hipótesis establecidas:

4.3.4.1 Tabla N° 1: Resultados Ensayo Próctor Estándar

| PRÓCTOR ESTÁNDAR | |
|------------------|---------------------------|
| Humedad Óptima | Densidad Máxima |
| 9,30 % | 1,311 gr/ cm ³ |

Fuente: Autora

4.3.4.2 Tabla N° 2: Resultados Ensayo Próctor Modificado

| PRÓCTOR MODIFICADO | |
|--------------------|---------------------------|
| Humedad Óptima | Densidad Máxima |
| 17,90 % | 1,222 gr/ cm ³ |

Fuente: Autora

4.3.4.3 Tabla N° 3: Resultados Ensayo Compactación de CBR

| COMPACTACIÓN DE CBR | |
|--------------------------|----------------|
| Densidad Seca | Agua Absorvida |
| 1,612 gr/cm ³ | 5,21 |
| 1,256 gr/cm ³ | 2,17 |
| 1,040 gr/cm ³ | 5,70 |

Fuente: Autora

4.3.4.1 Tabla N° 4: Resultados Ensayo CBR

| ENSAYO DE CBR | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|----------------|
| Densidades | Resistencias | 95 % Densidad Máxima | CBR Puntual |
| 1,612 gr/cm ³ | 7,62 % | 1,161 gr/cm ³ | 5,00 % |
| 1,256 gr/cm ³ | 6,53 % | | |
| 1,040 gr/cm ³ | 3,89 % | | |

Fuente: Autora

Entre el ensayo de Próctor Estándar y Modificado se puede notar una diferencia entre las Humedades Óptimas de 8,60 % y las Densidades Máximas de 0,089 gr/cm³ las mismas que se puede determinar que estos ensayos nos proporcionan las Humedades Óptimas del suelo de dicho sector las cuales alcanzaran su máxima compacidad.

Con los datos de Próctor Modificado se obtiene los datos para el ensayo de CBR en bases a las Densidades y a la Penetración del suelo y como resultado final se obtendrá una 95% de Densidad Máxima de 1,161 gr/cm³ y en base a este dato la resistencia portante del suelo que sería el CBR Puntual de 5,00 %.

4.3.5 Muestra N° 5

La correlación que existe entre los ensayos en esta muestra se puede determinar los diferentes datos y llegar a determinar las hipótesis establecidas:

4.3.5.1 Tabla N° 1: Resultados Ensayo Próctor Estándar

| PRÓCTOR ESTÁNDAR | |
|------------------|---------------------------|
| Humedad Óptima | Densidad Máxima |
| 17,20 % | 1,291 gr/ cm ³ |

Fuente: Autora

4.3.5.2 Tabla N° 2: Resultados Ensayo Próctor Modificado

| PRÓCTOR MODIFICADO | |
|---------------------------|---------------------------|
| Humedad Óptima | Densidad Máxima |
| 16,50 % | 1,212 gr/ cm ³ |

Fuente: Autora

4.3.5.3 Tabla N° 3: Resultados Ensayo Compactación de CBR

| COMPACTACIÓN DE CBR | |
|----------------------------|----------------|
| Densidad Seca | Agua Absorbida |
| 1,648 gr/cm ³ | 5,70 |
| 1,219 gr/cm ³ | 7,37 |
| 0,642 gr/cm ³ | 7,85 |

Fuente: Autora

4.3.5.4 Tabla N° 4: Resultados Ensayo de CBR

| ENSAYO DE CBR | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|-------------|
| Densidades | Resistencias | 95 % Densidad Máxima | CBR Puntual |
| 1,648 gr/cm ³ | 7,30 % | 1,151 gr/cm ³ | 5,58 % |
| 1,219 gr/cm ³ | 6,21 % | | |
| 0,642 gr/cm ³ | 3,38 % | | |

Fuente: Autora

Entre el ensayo de Próctor Estándar y Modificado se puede notar una diferencia entre las Humedades Óptimas de 0,70 % y las Densidades Máximas de 0,079 gr/cm³ las mismas que se puede determinar que estos ensayos nos proporcionan las Humedades Óptimas del suelo de dicho sector las cuales alcanzaran su máxima compacidad.

Con los datos de Próctor Modificado se obtiene los datos para el ensayo de CBR en bases a las Densidades y a la Penetración del suelo y como resultado final se obtendrá una 95% de Densidad Máxima de 1,151 gr/cm³ y en base a este dato la resistencia portante del suelo que sería el CBR Puntual de 5,58 %.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Mediante los ensayos realizados a través de las curvas de Próctor Estándar se determinó que se requiere de un contenido de humedad más alto para alcanzar la humedad óptima y la máxima densidad.
- Mediante los ensayos realizados a través de las curvas de Próctor Modificado se determinó que se requiere de un menor contenido de humedad para alcanzar la humedad óptima y la máxima densidad.
- Es importante conocer el contenido de humedad óptimo del suelo debido que, si éste sobrepasa el límite el suelo empieza a ablandarse y las propiedades técnicas decrecen aceleradamente.
- El Próctor determina la relación del contenido de humedad y el peso unitario seco del suelo compactado en el caso de la muestra N° 1 se observa que el resultado del ensayo Próctor Estándar obtiene un valor de Humedad Óptima de 9,40 % y Densidad Máxima de 1,314 gr/cm³ y en el ensayo Próctor Modificado se obtiene un valor de Humedad Óptima de 14,10 % y Densidad Máxima de 1,605 gr/cm³.

- El Próctor determina la relación del contenido de humedad y el peso unitario seco del suelo compactado en el caso de la muestra N° 2 se observa que el resultado del ensayo Próctor Estándar obtiene un valor de Humedad Óptima de 11,00 % y Densidad Máxima de 1,177 gr/cm³ y en el ensayo de Próctor Modificado se obtiene un valor de Humedad Óptima de 15,20 % y Densidad Máxima de 1,384 gr/cm³.
- El Próctor determina la relación del contenido de humedad y el peso unitario seco del suelo compactado en el caso de la muestra N° 3 se observa que el resultado del ensayo Próctor Estándar obtiene un valor de Humedad Óptima de 11,20 % y Densidad Máxima de 1,159 gr/cm³ y en el ensayo de Próctor Modificado se obtiene un valor de Humedad Óptima de 16,50 % y Densidad Máxima de 1,381 gr/cm³.
- El Próctor determina la relación del contenido de humedad y el peso unitario seco del suelo compactado en el caso de la muestra N° 4 se observa que el resultado del ensayo Próctor Estándar obtiene un valor de Humedad Óptima de 9,30 % y Densidad Máxima de 1,311 gr/cm³ y en el ensayo de Próctor Modificado se obtiene un valor de Humedad Óptima de 17,90 % y Densidad Máxima de 1,222 gr/cm³.
- El Próctor determina la relación del contenido de humedad y el peso unitario seco del suelo compactado en el caso de la muestra N° 5 se observa que el resultado del ensayo Próctor Estándar obtiene un valor de Humedad Óptima de 17,20 % y Densidad Máxima de 1,291 gr/cm³ y en el ensayo de Próctor Modificado se obtiene un valor de Humedad Óptima de 16,50 % y Densidad Máxima de 1,212 gr/cm³.
- Se puede establecer que el CBR, deberá verificarse para las condiciones de humedad y densidad que prevalecerán en el suelo al momento de darle un uso.

- El CBR determina la resistencia al corte del suelo basado en la resistencia a la penetración, y en este caso en la muestra N° 1 se observa que el CBR con un valor de 4,76 % indica una sub-rasante de resistencia al corte muy baja, con una densidad máxima al 95 % de 1,187 gr/cm³.
- El CBR determina la resistencia al corte del suelo basado en la resistencia a la penetración, y en este caso en la muestra N° 2 se observa que el CBR con el valor de 4,80 % indicando una sub-rasante de resistencia al corte muy baja, con una densidad máxima al 95 % de 1,315 gr/cm³.
- El CBR determina la resistencia al corte del suelo basado en la resistencia a la penetración, y en este caso en la muestra N° 3 se observa que el CBR con el valor de 4,59 % indicando una sub-rasante de resistencia al corte muy baja, con una densidad máxima al 95 % de 1,312 gr/cm³.
- El CBR determina la resistencia al corte del suelo basado en la resistencia a la penetración, y en este caso en la muestra N° 4 se observa que el CBR con el valor de 5,00 % indicando una sub-rasante de resistencia al corte muy baja, con una densidad máxima al 95 % de 1,161 gr/cm³.
- El CBR determina la resistencia al corte del suelo basado en la resistencia a la penetración, y en este caso en la muestra N° 5 se observa que el CBR con el valor de 5,58 % indicando una sub-rasante de resistencia al corte baja, con una densidad máxima al 95 % de 1,151 gr/cm³.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es necesario conocer los tipos de ensayos Próctor los cuales son "Estándar", y "Modificado", la diferencia entre ambos es la distinta energía utilizada, debido al mayor peso del pistón y mayor altura de caída en el Próctor Modificado.
- El Ensayo Próctor Método B recomienda que el suelo pase totalmente por la malla No 4, o que tenga un retenido máximo del 10 % en esta malla, pero que pase totalmente el tamiz 3/4".
- Para obtener un buen Ensayo de CBR es recomendable que se efectúe bajo condiciones controladas de humedad y densidad.
- Es recomendable que los ensayos de CBR se realicen sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para un suelo específico.
- Es necesario contemplar que los valores de C.B.R van 0 a 100 cuanto mayor es su valor, mejor es la resistencia al corte del suelo.

C.- MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

[1], [2] <http://es.slideshare.net/ensayo-de-compactacion-proctor-modificado>

[3] <https://es.wikipedia.org/wiki/Suelo>

[4]. Mantilla Negrete Francisco “Mecánica de Suelos Elemental para la Ingeniería Civil”, Capítulo 1 Presentación Introducción General, Ambato 2000.

[5] Mantilla Negrete Francisco “Mecánica de Suelos Elemental para la Ingeniería Civil”, Capítulo 6 Identificación y Clasificación de Suelos, Ambato 2000.

[6] Mantilla Negrete Francisco “Mecánica de Suelos Elemental para la Ingeniería Civil”, Capítulo 8 Compactación de los Suelos, Ambato 2000.

[7] http://www.construmatica.com/construpedia/Ensayo_CBR

[8] http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo32_p.pdf

2. ANEXOS

2.1 Reporte Fotográfico Ensayo Próctor Estándar



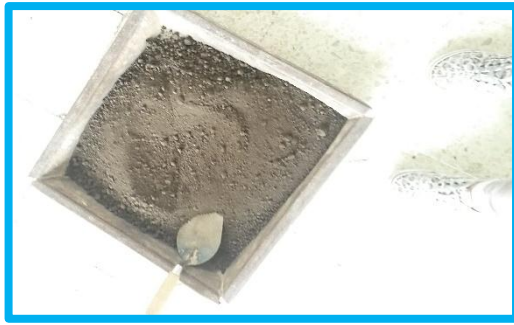
Se tomaron las muestras del suelo en la Parroquia Ambatillo Alto en el Sector de San Pedro.



Una vez extraída la muestra se la debe extender para que se seque en su totalidad.



Pesar 6000 gr. de suelo tamizado previamente por el tamiz 3/4 en la balanza electrónica.



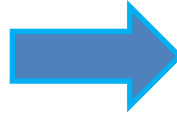
Extender la muestra pesada en una bandeja y añadir el 3 % de agua y mezclar con el palustre. Cabe mencionar la cantidad de agua va en aumento de 6 %, 9 % hasta llegar al 12 %.



Tomar los datos del molde así: Pesar el molde de 6" sin collarín. Medir con el calibrador pie de rey el diámetro interior del molde y la altura.



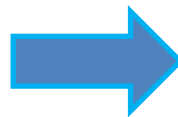
Colocar la muestra de suelo en 3 capas en el molde y dar 56 golpes en cada capa con el martillo de 5,5 lb.



Se debe sacar el collarín para enraizar el suelo y posteriormente se limpia el exceso de suelo que queda en el molde con la brocha.



Pesar el molde más el suelo húmedo.



Sacar 2 muestras para contenido de humedad de la parte superior e inferior y colocar en los recipientes los mismos que fueron pesados anteriormente y llevarlos al horno.

2.2 Reporte Fotográfico Ensayo Próctor Modificado



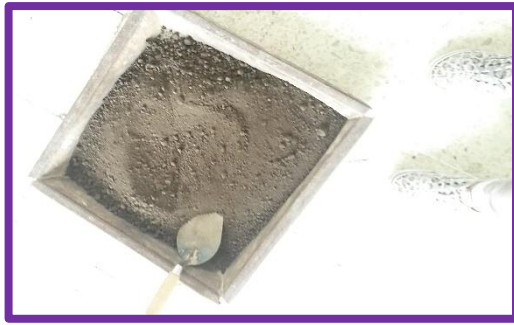
Se tomaron las muestras del suelo en la Parroquia Ambatillo Alto en el Sector de San Pedro.



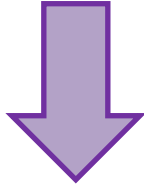
Una vez extraída la muestra se la debe extender para que se seque en su totalidad.



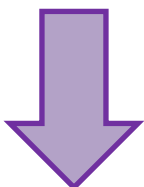
Pesar 6000 gr. de suelo tamizado previamente por el tamiz 3/4 en la balanza electrónica.



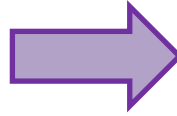
Extender la muestra pesada en una bandeja y añadir el 3 % de agua y mezclar con el palustre. Cabe mencionar la cantidad de agua va en aumento de 6 %, 9 % hasta llegar al 12 %.



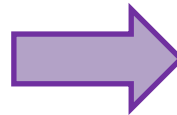
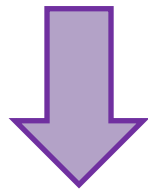
Tomar los datos del molde así: Pesar el molde de 6" sin collarín. Medir con el calibrador pie de rey el diámetro interior del molde y la altura.



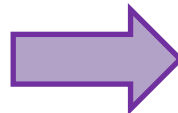
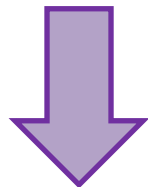
Colocar la muestra de suelo en 5 capas en el molde y dar 56 golpes en cada capa con el martillo de 10 lb.



Se debe sacar el collarín para enrazar el suelo y posteriormente se limpia el exceso de suelo que queda en el molde con la brocha.



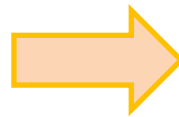
Pesar el molde más el suelo húmedo.



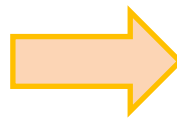
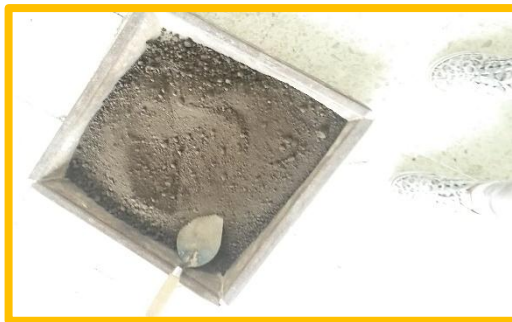
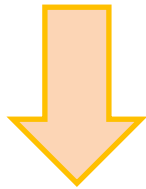
Sacar 2 muestras para contenido de humedad de la parte superior e inferior y colocar en los recipientes los mismos que fueron pesados anteriormente y llevarlos al horno.

2.3 Reporte Fotográfico Ensayo CBR

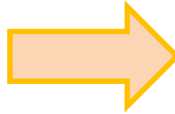
2.3.1 *Determinación del Próctor Modificado*



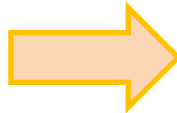
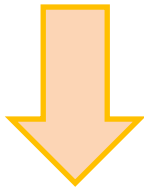
Pesar 6000 gr. de suelo tamizado anteriormente por el tamiz 3/4 en la balanza electrónica.



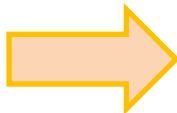
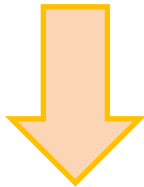
Extender la muestra pesada en una bandeja y añadir el porcentaje de contenido óptimo de agua obtenido en el Próctor Modificado. Es necesario mencionar la cantidad de agua es la misma para las tres muestras.



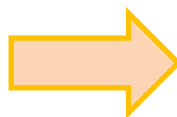
Tomar los datos del molde así: Pesar el molde de 6" sin collarín. Medir con el calibrador pie de rey el diámetro interior del molde y su altura.



Colocar la muestra de suelo en 5 capas en el molde con sus respectivos golpes 11, 27 y 56.

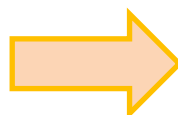


Se debe sacar el collarín para enrazar el suelo y posteriormente se limpia el exceso de suelo que queda en el molde con la brocha.

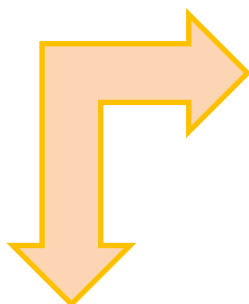
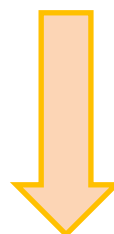


Se pesa el molde más el suelo húmedo y se procede a invertir la muestra de suelo.

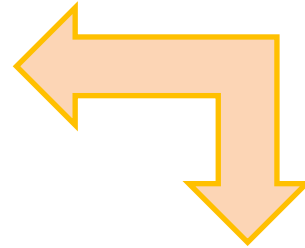
2.3.2 *Determinación del Esponjamiento*



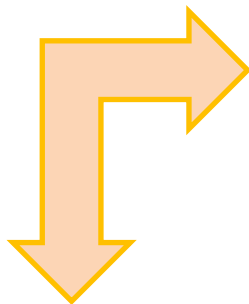
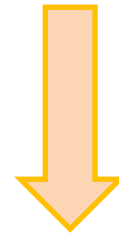
Se coloca el disco perforado y las sobrepesas.



Se monta el trípode y se instala el dial de esponjamiento de tal modo que su punta palpable quede tocando el vástago.

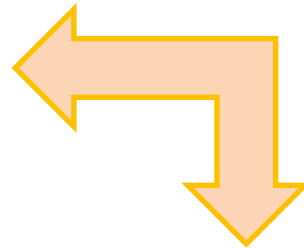


Se llena el tanque con agua y se registra la lectura inicial del dial, se deja el molde sumergido durante tres días y se procede a tomar las lecturas diarias a la misma hora.

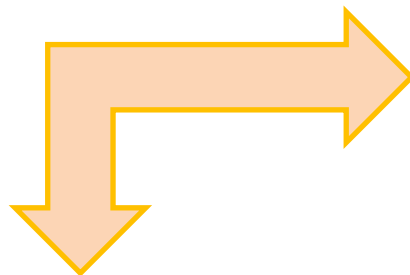


Registrada la lectura final del dial, se retira el trípode y se saca los moldes del agua, para dejarlo drenar durante 15 minutos.

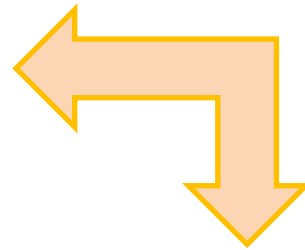
2.3.3 *Determinación del CBR*



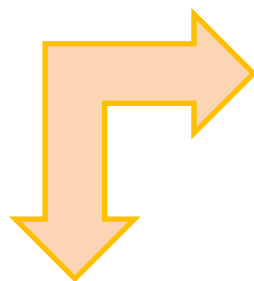
Se lleva la muestra a la máquina de ensayo y se colocan sobre la superficie las sobrecargas de manera que se reproduzcan las cargas que ejercerán las capas de base y sub-base sobre la misma.



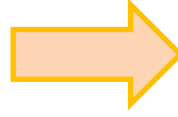
Se apoya el pistón de penetración y se colocan los diales de carga y deformación en cero.



Se anotan las lecturas de carga, en los siguientes niveles de penetración: 0, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400 y 500 plg * 10⁻³.



Se retira la muestra de la máquina.



Sacar 2 muestras para contenido de humedad del ahuellamiento dejado por el pistón.