

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS BASES GRANULARES
EXISTENTES APLICANDO EL MÉTODO CBR IN SITU Y CBR DE
LABORATORIO EN EL SECTOR GRAN CHIMÚ, EL PORVENIR”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRANSPORTES

AUTORES : Br. ESPINOLA VILLANUEVA, AMADO TEÓFILO
Br. GAVIDIA SAMAME, JHONY RICARDO

ASESOR : Ing. LUJAN SILVA, ENRIQUE FRANCISCO

TRUJILLO – PERÚ

2017

JURADO CALIFICADOR

.....
Ing. Mamerto Rodríguez Ramos
Presidente
CIP: 3899

.....
Ing. Rolando Ochoa Zevallos
Secretario
CIP: 9133

.....
Ing. Juan Paul Henríquez Ulloa
Vocal
CIP: 118101

.....
Ing. Enrique Francisco Lujan Silva.
Asesor.
CIP: 54460

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad Problemática	1
1.2 Formulación del Problema	1
1.3 Justificación	3
1.4 Limitaciones	3
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo General	5
1.5.2 Objetivos Específicos	5
CAPÍTULO 2	
MARCO TEORICO	6
2.1 Antecedentes	6
2.2 Bases Teóricas	11
2.2.1 Clasificación de los suelos	11
2.2.1.1 Sistema de Clasificación AASHTO	11
2.2.1.2 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	14
2.2.2 Bases y Sub Bases	16
2.2.3 Relación de Soporte California – CBR	16
2.2.3.1 Ensayo de CBR (in situ)	18
2.2.3.2 Ensayo de CBR (Laboratorio)	18
2.3 Definición de términos básicos	18
2.3.1 Base Granular	18

CAPÍTULO 3

HIPÓTESIS	20
3.1 Formulación de la hipótesis	20
3.2 Operacionalización de las variables	20

CAPÍTULO 4

Material y métodos	22
4.1 Tipo de diseño de investigación.	22
4.2 Material.	22
4.2.1 Unidad de estudio.	22
4.2.2 Población.....	22
4.2.3 Muestra.	22
4.2.4 Ubicación de las Calicatas.	22
4.3 Métodos.	23
4.3.1 Ensayos Estándar de Terreno.	23
4.3.1.1 Análisis Granulométrico por Tamizado.	23
4.3.1.2 Límites de Consistencia.	26
4.3.1.3 Contenido de Humedad.....	27
4.3.1.4 Gravedad Específica.	29
4.3.2 Perfiles del suelo.....	31
4.3.2.1 Perfil Estratigráfico.....	32
4.3.2.2 Levantamiento de Suelos	33
4.3.3 CBR – in situ.....	38
4.3.4 CBR – Laboratorio.....	41

CAPÍTULO 5

DESARROLLO	45
5.1 Muestreo en Campo	45
5.2 Caracterización de las muestras	45
5.2.1 Propiedades Físicas	45
a. Ensayo Granulométrico (NTP D422)	46
b. Ensayo Contenido de Humedad (ASTM D2216)	56
c. Ensayo Gravedad Especifica (NTP 339.131).....	59

5.2.2	Ensayo de Compactación (NTP 339.141)	62
5.2.2.1	Resumen del Ensayo	62
5.2.2.2	Uso y Significado del Ensayo	62
5.2.2.3	Factores que afectan la compactación	63
5.2.2.4	Ensayo de Compactación Para la Base Granular	66
5.2.3	Determinación del CBR en Laboratorio	75

CAPÍTULO 6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	115
6.1 Propiedades Físicas del Suelo	115
CONCLUSIONES	124
RECOMENDACIONES	125
REFERENCIAS	126
ANEXOS	127

INDICE DE TABLAS

Tabla N°01: Clasificación AASHTO de suelos	13
Tabla N°02: Sistema Unificado de suelos	14
Tabla N°03: Calificación de Suelos	15
Tabla N°04: Relación Resistencia – Penetración	17
Tabla N°05: Requerimientos Granulométricos para Base Granular	18
Tabla N°06: Requerimientos Físico – Mecánicas y Químicas	19
Tabla N°07: Operacionalización de las variables	20
Tabla N°08: Granulometría de las muestras	55
Tabla N°09: Esfuerzo de compactación por # golpes/capa	65
Tabla N°10: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #01)	77
Tabla N°11: Propiedades de Expansión y Penetración	77
Tabla N°12: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #02)	80
Tabla N°13: Propiedades de Expansión y Penetración	80

Tabla N°14: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #03) -----	83
Tabla N°15: Propiedades de Expansión y Penetración -----	83
Tabla N°16: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #04) -----	86
Tabla N°17: Propiedades de Expansión y Penetración -----	86
Tabla N°18: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #05) -----	89
Tabla N°19: Propiedades de Expansión y Penetración -----	89
Tabla N°20: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #06) -----	92
Tabla N°21: Propiedades de Expansión y Penetración -----	92
Tabla N°22: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #07) -----	95
Tabla N°23: Propiedades de Expansión y Penetración -----	95
Tabla N°24: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #08) -----	98
Tabla N°25: Propiedades de Expansión y Penetración -----	98
Tabla N°26: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #09) -----	101
Tabla N°27: Propiedades de Expansión y Penetración -----	101
Tabla N° 28 Resultado CBR IN – SITU (calicata #01) -----	106
Tabla N° 29 Resultado CBR IN – SITU (calicata #02) -----	107
Tabla N° 30 Resultado CBR IN – SITU (calicata #03) -----	108
Tabla N° 31 Resultado CBR IN – SITU (calicata #04) -----	109
Tabla N° 32 Resultado CBR IN – SITU (calicata #05) -----	110
Tabla N° 33 Resultado CBR IN – SITU (calicata #06) -----	111
Tabla N° 34 Resultado CBR IN – SITU (calicata #07) -----	112
Tabla N° 35 Resultado CBR IN – SITU (calicata #08) -----	113
Tabla N° 36 Resultado CBR IN – SITU (calicata #09) -----	114
Tabla N°37: Cuadro resumen de Propiedades Físicas del Suelo -----	115
Tabla N°38: Cuadro resumen Ensayo de Compactación -----	116
Tabla N°39: Clasificación de CBR para suelos -----	118

Tabla N°40: Cuadro Resumen CBR in situ -----	118
Tabla N°41: Cuadro Resumen CBR de Laboratorio -----	119
Tabla N°42: Cuadro Comparativo CBR in situ vs CBR laboratorio-----	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°01: Índice de plasticidad vs Límite Líquido -----	15
Figura N°02: Formas de estratos de suelos -----	33
Figura N°03: Muestreo de suelos -----	35
Figura N°04: Introducción de las muestras en suelos -----	35
Figura N°05: Etiqueta de la muestra de suelo -----	36
Figura N°06: Excavación de calicata -----	36
Figura N°08: Limpieza de calicata -----	37
Figura N°09: Toma de muestra -----	37
Figura N°10: Curvas de compactación -----	64
Figura N°11: Curvas para golpes por capa -----	65
Figura N°12: Densidad Seca vs CBR -----	76
Figura N°13: C vs P 56, 25 y 12 golpes -----	78
Figura N°14: Densidad Seca vs CBR -----	79
Figura N°15: C vs P 56, 25 y 12 golpes -----	81
Figura N°16: Densidad Seca vs CBR -----	82
Figura N°17: C vs P 56, 25 y 12 golpes -----	84
Figura N°18: Densidad Seca vs CBR -----	85
Figura N°19: C vs P 56, 25 y 12 golpes -----	87
Figura N°20: Densidad Seca vs CBR -----	88
Figura N°21: C vs P 56, 25 y 12 golpes -----	90
Figura N°22: C vs P 56, 25 y 12 golpes -----	91
Figura N°23: C vs P 56, 25 y 12 golpes -----	93

Figura N°24: Densidad Seca vs CBR	94
Figura N°25: C vs P 56, 25 y 12 golpes	96
Figura N°26: Densidad Seca vs CBR	97
Figura N°27: C vs P 56, 25 y 12 golpes	99
Figura N°28: Densidad Seca vs CBR	100
Figura N°29: C vs P 56, 25 y 12 golpes	102
Figura N°30: Densidad Seca vs CBR	103
Figura N°31: Curva Esfuerzo – Deformación	104
Figura N°32: Curvas resumen de Propiedades Físicas del Suelo	117
Figura N°33: Curvas Resumen CBR de Laboratorio	120
Figura N°34: Gráfica Carga – Penetración	122
Figura N°35: Gráfica Carga – Penetración Norma	122
Figura N°36: Gráfica Carga – Penetración	123
Figura N°37: Gráfica Carga – Penetración Norma	123

ÍNDICE DE FOTOS

Foto N°01: Ensayo CBR in situ	38
Foto N°02: Instrumentos para ensayo CBR laboratorio	42
Foto N°03: Ubicación de Calicatas	127
Foto N°04: Midiendo sección para calicata	128
Foto N°05: Picado de la sección	128
Foto N°06: Excavación manual para calicatas	129
Foto N°07: Equipo encargado de excavación	129
Foto N°08: Material extraído de las calicatas	130
Foto N°09: Elección de muestras representativas	130
Foto N°10: Peso de las muestras representativas	131
Foto N°11: Puesta al horno de las muestras	131

Foto N°12: Tamizado de la muestra de suelo -----	132
Foto N°13: Ensayo de Limites de Consistencia-----	132
Foto N°14: Ensayo Gravedad Especifica -----	133
Foto N°15: Ensayo de compactación -----	133
Foto N°16: Camión para CBR in situ -----	134
Foto N°17: Ensamble del equipo para ensayo -----	134
Foto N°18: Operario ensamblando equipo-----	134
Foto N°19: Calibración de equipo para CBR in situ -----	135
Foto N°20: Equipo ya ensamblado para CBR in situ -----	135
Foto N°21: Indicadores de presión-----	135
Foto N°22: Tesistas en el campo de acción -----	136
Foto N°23: Recolección de resultados -----	136

DEDICATORIA

A DIOS, Por estar siempre conmigo y permitirme tener momentos muy importantes como este. Por darme salud, amor y sapiencia, para disfrutar de los triunfos y los éxitos que iré cosechando a lo largo de mi vida.

A MIS PADRES, Amado, Jesús y Luisa, quienes supieron respaldarme en todo momento con su gran amor y sacrificio. Que, con su ejemplo y dedicación me enseñaron a salir adelante para poder lograr mis metas, gracias por todo.

A MI HERMANAS, María y Pathy, con quienes compartí momentos de alegría y estuvieron siempre ahí para darme ese apoyo siempre. Gracias por toda la confianza.

Br. Espinola Villanueva, Amado Teófilo

A DIOS, por darme la vida, la fortaleza y el conocimiento necesario para afrontar nuevos retos cada día. Por permitirme culminar una meta y un logro más en mi vida. Por estar siempre a en todo momento conmigo con su dicha y amor.

A MIS PADRES, Javier y Merly, quienes fueron el pilar en mi carrera, a quienes les debo todo por brindarme su amor y cariño, sus enseñanzas y esfuerzo que fueron de ejemplo en todo momento de mi vida, este logro se lo dedico a ustedes.

A MI HERMANOS y Tíos, estuvieron siempre ahí para darme ese apoyo siempre. Gracias por toda la confianza.

Br. Gavidia Samame, Jhony Ricardo

AGRADECIMIENTOS

Esta Tesis no hubiera sido posible sin la participación, el apoyo y la compañía de muchas personas. En primer lugar, queremos agradecer a nuestros padres, hermanos y a nuestras familias, ya que ellos nos dieron el apoyo y cuidaron de nosotros en los momentos de fragilidad. Gran parte de lo que somos se lo debemos a ellos.

Una persona central en esta tesis, así como en nuestra formación universitaria, profesional y humana ha sido a nuestro asesor Ing. Enrique Francisco Lujan Silva. Gracias a él, por todo su apoyo metodológico y profesional para la orientación en el desarrollo de nuestra tesis. Asimismo, gracias por la gran cantidad y calidad de saberes brindados en este tiempo.

Un agradecimiento especial a la Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por el apoyo brindado en la etapa de nuestra titulación. Y a nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que a lo largo de nuestra formación académica nos inculcaron la dedicación al estudio y a la constante superación personal. Y sobre todo a estar siempre identificados con nuestra Universidad.

Los autores.

R E S U M E N

La presente tesis tiene como propósito fundamental el de realizar un análisis técnico de las bases granulares existentes en las vías del sector gran chimú en el distrito El Porvenir, con el fin de obtener un diseño óptimo en las bases, sub bases y sub rasantes de las estructuras viales en dicho sector.

Se empezará con la investigación de la normativa y sus especificaciones vigentes en el país y de esa manera se desarrollará el estudio de la sub rasante, mediante ensayos tanto en campo; CBR in situ como CBR de laboratorio, basados en las Normas ASTM 1883 y la Norma Técnica Peruana (C 010).

Posteriormente, se establecerán unos cuadros comparativos con los resultados de los diferentes valores de CBR obtenidos, y se realizarán unos gráficos con los resultados hallados y finalmente se efectuará el análisis comparativo según los resultados obtenidos tanto en campo como en laboratorio y se plantearan sus conclusiones.

ABSTRACT

The main purpose of this thesis is to perform a technical analysis of the existing granular bases in the Gran Chimú sector in the El Porvenir district, in order to obtain an optimum design in the bases, sub-bases and subfloors of the Road structures in this sector.

It will begin with the investigation of the normative and its specifications in force in the country and in that way will develop the study of the subfloor, by means of tests in the field; CBR in situ as a laboratory CBR, based on the ASTM Standards 1883 y and the Peruvian Technical Standard (C 010).

Subsequently, comparative tables will be established with the results of the different CBR values obtained, and graphs will be made with the results found and finally the comparative analysis will be carried out according to the results obtained both in the field and in the laboratory and their conclusions will be presented.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

En toda la red vial departamental podemos apreciar las dificultades que tienen los transportistas que afrontar para llevar los pasajeros y productos a su destino, ya que la mayor parte de las pavimentaciones presentan deterioros de la superficie de rodadura como ondulaciones, hundimientos y baches, ante ello los vehículos transitan con dificultad y a baja velocidad situación que se agrava en épocas de precipitaciones pluviales, quedando así intransitables dichas vías.

En la provincia de Trujillo se ve claramente que los pavimentos sufren grandes deterioros por temas ambientales, y esto se debe básicamente a que no se tiene el correcto proceso constructivo o no se constituye dentro de este una gestión de calidad acorde a los requerimientos que actualmente presenta la provincia o el País, considerando aun así futuros inconvenientes o la crecida poblacional que se da en el mundo, requiriendo así vías de comunicación rápidas, seguras y que no se vean afectadas por estas.

La mayor producción del sector Gran Chimú en temas de desarrollo es la industria de zapatos; las vías y medios de circulación en su mayoría se encuentran deterioradas por la alta cantidad de camiones, de carga pesada que circula por estas vías. Esta zona se encuentra en desarrollo ya que va contando con bancos, entidades públicas, empresas de calzado, etc. Tal crecimiento hace que se circule más por esta zona provocando las consecuencias ya mencionadas, y de la mano con que las vías no han tenido manteniendo desde ya 15 años.

Gran parte no ha cumplido lo que manda la norma de estudios ni ensayos al tipo de pavimento que se planteó; el trabajo se está realizando en el sector gran chimú.

La población en el sector gran chimú es de aproximadamente de 45 000 personas.

La crecida poblacional hace que la ciudad tenga una expansión por zonas, requiriendo estas vías de comunicación.

Se concretó la zona del Porvenir dado que es una zona de expansión y que aún no cuenta con todas sus vías pavimentadas, pudiendo ser esta investigación importante para futuros proyectos; además esta zona ha sido fuertemente afectada por temas meteorológicos, como lo fue “El Niño” hace unos meses, teniendo aun planificada la reconstrucción total de la zona.

La base granular constituye una capa importante para el desarrollo de proyectos viales, analizándose bajo ensayos de soporte, como lo es el CBR, ensayo confiable que nos puede dar a conocer la calidad de material que se tiene como base para futuros proyectos.

1.2 Formulación del Problema

¿En qué medida la aplicación de los métodos CBR In Situ y CBR de Laboratorio determinará el método más confiable para un análisis técnico de las bases granulares existentes en el sector Gran Chimú?

1.3 Justificación

El conocer la compactación de un determinado terreno y su capacidad de soporte ha sido, desde un principio, una de las principales actividades de la Ingeniería Civil. El propósito de realizar un estudio general de las condiciones de un terreno es, ante todo, el de recolectar información lo más leal posible de las condiciones del subsuelo en el menor tiempo, costo y esfuerzo posible.

Actualmente las vías de transporte presentan un gran impacto tanto en la economía de un sector como su seguridad y valoración que este presenta, con estos estudios nos permite tener la oportunidad de evaluar y analizar técnicamente las bases existentes.

Mediante el presente estudio, se busca corroborar y confirmar las diferentes teorías, técnicas y prácticas que están relacionadas con la mecánica de suelos, especialmente en el mejoramiento de las características de los mismos.

A partir de los diversos estudios se podrá generar una guía con las propiedades y la relación que estas presentan bajo ciertos ensayos, ya que esta investigación es un antecedente y puede ser empleado para futuras investigaciones.

Además, será fuente de consulta de profesionales del campo de la ingeniería civil y demás interesados en la materia, inclusive para aquellas entidades que requieran esta información para el desarrollo del sector.

1.4 Limitaciones

La presente investigación propone ensayos de CBR in situ y CBR en laboratorio para muestras de base granular obtenidas de calicatas realizadas en la zona de estudio, para lo cual se necesitó de mucho equipamiento para el desarrollo de esta; en la actualidad desarrollar este ensayo para investigación en la ciudad es viable si se realiza con un laboratorio particular, en nuestro caso en la laboratorio UPAO, en conjunto con un Laboratorio ubicado en la ciudad, por lo que elevaron considerablemente el presupuesto de esta investigación.

Una limitación del ensayo es que bajo condición de 4 días de inmersión no es posible llegar a controlar el grado de saturación que presenta el suelo. Luego de esto el espécimen es sacado del agua y se deja escurrir por un periodo de 15 minutos para luego ser ensayado. Este proceso incrementa la succión del suelo en estudio de forma descontrolada, dando lugar a resultados desviados.

La información para el desarrollo de esta investigación fue escasa, teniéndose así que acudir a normas internacionales y hasta investigaciones en inglés, validando información con libros o la misma consulta con los profesionales encargados de llevar esta investigación de la mejor manera.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Analizar técnicamente las bases granulares existentes aplicando el método CBR IN SITU y CBR de LABORATORIO en el sector Gran Chimú, Trujillo.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Realizar los estudios de Mecánica de Suelos correspondiente a la base granular presentado en el sector Gran Chimú, Trujillo.
- Evaluar y determinar las características granulométricas de las bases granulares existentes en la zona.
- Obtener CBR in – situ a través de un ensayo de campo realizado en el sector Gran Chimú, Trujillo.
- Obtener CBR de laboratorio a través de un ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UPAO.
- Realizar un análisis comparativo entre los resultados de los ensayos de CBR in – situ y CBR de laboratorio.

CAPÍTULO 2

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

ANTECEDENTE 1: DETERMINACIÓN DEL CBR DE LABORATORIO Y NATURAL EN SUELOS FINOS Y SU CORRELACIÓN CON EL DCP PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB- RASANTE, EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DE LA CIUDAD DE QUITO, febrero del 2013; Autores: Álvaro Andrés Angamarca Solano.

El presente trabajo de investigación se basa fundamentalmente en el desarrollo y obtención de correlaciones entre algunas propiedades de los suelos finos y su consecuente aplicación al diseño de pavimentos flexibles en las vías vehiculares de gran importancia para la ciudad de Quito.

El objetivo del ensayo de CBR es establecer una relación entre el comportamiento de los suelos finos principalmente utilizados como sub-rasante bajo el pavimento de carreteras, determinando la correlación entre el valor de CBR de campo y/o laboratorio. A partir de esta investigación podemos recalcar que por cada calle analizada, tomando en cuenta su longitud y ancho, se realizó calicatas para la extracción de muestras alteradas e inalteradas siendo usadas luego en los ensayos correspondientes, también se tuvo en cuenta las abscisas de cada calle para los ensayo in – situ correspondiente al DCP, obteniendo así resultados para determinar la correlación existente entre el CBR in – situ (ensayos realizados en la ciudad de Quito) y la Norma ASTM-D 6951 (DCP) Además, las condiciones de los suelos a nivel de sub-rasante en los ensayos de CBR al 95% son diferentes para las muestras alteradas como para las muestras inalteradas, debido a que las muestras alteradas no presentan las mismas condiciones que las obtenidas in – situ.

ANTECEDENTE 2: ESTUDIO DE LOS MATERIALES GRANULARES UTILIZADOS EN CAPAS DE BASE Y SUB BASE EN CARRETERAS,

mayo de 1988; Autor: Manuel Rivas Cervera.

La presente tesis tiene como objetivo principal el realizar un estudio de las características que definen a las capas granulares con el fin de mejorar el empleo de estas en las estructuras de pavimentos utilizadas en la actualidad e intentar diseñar nuevas estructuras con capas granulares en su composición, que mejoren las prestaciones de las actuales. Además de ello evaluar la evolución de los materiales en la puesta en obra y durante el período de servicio del pavimento y obtener las características mecánicas de las capas granulares de granulometría abierta, con objeto de definir la posible utilización de estas capas en el pavimento, así mismo, realizar el estudio de las características mecánicas e influencia que ejerce la naturaleza petrográfica de los áridos en estas características. Las conclusiones obtenidas en esta tesis fueron que la naturaleza pétreo del material puede dar lugar a reacciones químicas entre las partículas que pueden hacer variar en el tiempo las características mecánicas iniciales de la capa granular y que las características mecánicas de las capas granulares compuestas por material de granulometría continua varían considerablemente del estado seco (contenido de humedad inferior al 0,5 %) a la situación de encontrarse en presencia de agua (contenido de humedad próximo al óptimo del Próctor modificado. Finalmente, las capas granulares compactadas en seco (sin adición de agua) presentan una capacidad de soporte, medida en índice CBR, similar a la obtenida con adición de agua. Por tanto, resulta opcional la adición de agua en la puesta en obra.

ANTECEDENTE 3: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE PARA SUELOS DE TIPO LIMO ARENOSO, 2015; Autor(es):

Katya Gabriela Ortega Calle, Luis Enrique Villafuerte Bermúdez.

El presente estudio expone realizar una evaluación estructural y económica del pavimento flexible de la Vía La Chimba- Cayambe de 15km de longitud, con el fin de obtener un diseño óptimo de la estructura del pavimento, determinando el espesor de la base, sub base y carpeta asfáltica.

De esta manera con la ejecución de los ensayos de laboratorio CBR in- situ, D.C.P (Cono de Penetración Dinámica) y CBR de laboratorio se podrán obtener los datos necesarios para realizar los estudios pertinentes para la evaluación estructural de pavimento, la cual será un factor decisivo para evitar los desplazamientos y asentamientos producidos por los efectos de la consolidación.

De las conclusiones obtenidas en esta tesis se pudo establecer que los distintos valores de CBR de diseño obtenidos por los tres diferentes métodos (In-situ, de laboratorio, DCP) correspondiente al percentil ochenta y cinco para tráfico de vehículos pesados, no tuvo una variación significativa. El valor de CBR de diseño mediante DCP fue de 11.00%, el valor de CBR de diseño in-situ fue de 11.50% y finalmente el valor de CBR de laboratorio de diseño fue de 12.20%. Entre todos los CBR de diseños descritos anteriormente no hubo una variación superior a un 10%. Se concluyó además que el valor del CBR de diseño obtenido mediante DCP es confiable, pese a que tenga una desviación estándar de 9.2 superior a los valores de CBR de diseño obtenidos por los métodos de laboratorio e in-situ.

Finalmente se recomienda realizar un recorrido previo por la zona en estudio con el fin de identificar si la vía es apta para el ingreso del camión con las características que se requiere para realizar el ensayo del CBR in-situ.

ANTECEDENTE 4: RESISTENCIA IN – SITU DE SUBRASANTE UTILIZANDO PENETROMETRO DINÁMICO DE CONO EN LA CIUDAD DE ICA, 2012; Autor(es): Hubert Eduardo Injante Lima.

La presente tesis tiene como el objetivo principal de interpretar, describir y analizar la fiabilidad de los valores de CBR in situ de la sub-rasante en los pavimentos viales en la ciudad de Ica optimizando los costos operacionales usando el PDC. Además de ello indica la verificación de los valores de CBR in situ, que en este caso debería de coincidir con el CBR de proyecto, el hacerlo por los métodos tradicionales implica tiempo y disponibilidad de laboratorio de inmediato, la otra opción es medirlo con un equipo de CBR in situ que es caro, es allí donde el PDC (Penetrómetro Dinámico de Cono) toma importancia porque muchos de estos controles se pueden realizar con el equipo PDC.

De las conclusiones obtenidas en esta tesis se pudo establecer que los valores de CBR in – Situ calculados con las formulas obtenidas en $\pm 10 \%$ del valor base ensayado en equipo formal en un 90 % del total de mediciones.

Finalmente, la investigación presentada no pretende reemplazar el estudio tradicional en campo o los ensayos CBR normalizados conocidos, sin embargo, el PDC (Penetrometro Dinámico de Cono) es una contribución que se afirma como un ensayo complementario para diagnosticar las condiciones reales de un suelo.

ANTECEDENTE 5: ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS DEL CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OBTENIDOS EN LABORATORIO Y CON UN PENETROMETRO DINÁMICO, 2004;

Autor(es): Jan Michael Beskid Acosta y Ricardo Martínez Llanos.

La presente tesis tiene como el objetivo principal el estudio comparativo de los resultados del California Bearing Ratio (CBR) obtenidos en laboratorio y con un Penetrómetro Cónico Dinámico. Además de ello, implementar una metodología para la realización de los ensayos de Penetración Dinámica y extracción de muestras para realizar el ensayo de CBR en laboratorio.

Se realizaron 20 ensayos en cuatro obras en la ciudad de Maracaibo y a cada muestra se le realizó el ensayo de penetración, y de cada sitio se extrajo una muestra imperturbada con la que se determinó el valor CBR en el Laboratorio.

Bajo esta investigación se obtuvo una metodología ideada para ensayar muestras imperturbadas en el laboratorio que resulta muy ventajosa, ya que la misma permite representar de manera confiable las condiciones de campo en el laboratorio, y de este modo determinar el CBR real existente en el terreno.

Finalmente, al conseguir una correlación confiable entre los valores CBR obtenidos en laboratorio y con el PCD (Penetrómetro Cónico Dinámico), se recomienda utilizar este último para estimaciones de la capacidad portante del suelo en casos en los que se requiera realizar un gran número de ensayos. El método resulta muy efectivo en terrenos en los que se quiera estimar el CBR en distintos puntos, en aquellos casos en los que no sea viable la determinación de estos valores en el laboratorio. Por consiguiente, el método resultó ser adecuado para tomar muchos datos de capacidad portante en terrenos con valores CBR no muy elevados, en cortos periodos de tiempo.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Clasificación de los suelos

La clasificación de suelos permite identificar aquellos cuyas características y propiedades son similares entre sí, clasificándolos en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Dos sistemas de clasificación de suelos son los más usados en vías terrestres.

2.2.1.1 Sistema de Clasificación AASHTO

El Departamento de Caminos Públicos de Estados Unidos (Bureau of Public Roads) introdujo en 1929 uno de los primeros sistemas de clasificación para evaluar los suelos sobre los cuales se construían las carreteras. En 1945 fue modificado y a partir de entonces se le conoce como Sistema AASHTO.

Este sistema clasifica los suelos en siete grupos basado en las determinaciones de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación en cada grupo se hace mediante un "índice de grupo", el cual se calcula con la fórmula siguiente empírica:

$$IG = (F - 35) (0.2 + 0.005 (LL - 40)) + 0.01 (F - 15) (IP - 10)$$

Donde:

F: Porcentaje de partículas menor de 0.08 mm (pasa la malla No 200).

LL: Límite líquido.

IP: Índice de plasticidad.

El índice de grupo se reporta en números enteros; si es negativo se indica como 0.

La clasificación, incluyendo el índice de grupo, se usa para determinar la calidad relativa de suelos de terraplenes, material de sub-rasante, sub bases y bases.

Este método define como:

- Grava: material que pasa por la malla 80 mm y es retenido por la de 2mm.
- Arena gruesa: material comprendido entre 2 mm y 0.5 mm.
- Arena fina: material comprendido entre 0.5 y 0.08 mm.
- Limo, arcilla: material que pasa la malla 0.08 mm.

El término material granular se aplica a aquellos suelos con 35% o menos que pasa el tamiz 0.08 mm; limoso a los materiales finos que tienen un índice de plasticidad de 10 o menor; y arcilloso a los materiales finos que tienen índice de plasticidad 11 o mayor. Los limos y arcillas contienen más del 35% de partículas menores de 0.08 mm.

Cuando se calcula el índice de grupo de los subgrupos A-2-6 y A-2-7, se usa solamente el término del índice de plasticidad de la fórmula. Cuando el suelo tiene índice de plasticidad de NP o el límite líquido no puede ser determinado, el índice de grupo se debe considerar (0).

Si un suelo es altamente orgánico, como la turba, puede ser clasificado como A-8 sólo con una inspección visual, sin considerar el porcentaje que pasa 0.08 mm, límite líquido e índice de plasticidad. Generalmente es de color oscuro, fibroso y olor putrefacto.

Tabla N°01: Clasificación AASHTO de suelos

CLASIFICACIÓN AASHTO											
Clasificación General	Suelos Granulares (max. 35% pasa la malla N°200)							Suelos Limo Arcilla (más de 35% pasa la malla N°200)			
Grupo de Suelo	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A - 7 - 5 A - 7 - 6
	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				
Pasa la Malla											
N°10	Máx.50										
N°40	Máx.30	Máx.50	Mín.31								
N°200	Máx.10	Máx.25	Máx.10	Máx.35	Máx.35	Máx.35	Máx.35	Mín.36	Mín.36	Mín.36	Mín.36
Fracción bajo la											
malla N°40											
Límite Líquido				Máx.40	Mín.41	Máx.40	Mín.41	Máx.40	Mín.41	Máx.40	Mín.41
Índice de Plasticidad	Máx.6		N.P.	Máx.10	Máx.10	Mín.11	Mín.11	Máx.10	Máx.10	Mín.11	Mín.11
Índice de Grupo I.G.	0		0	0		Máx.4		Máx.6	Máx.12	Máx.16	Máx.20
Principales Materiales constituyentes	Gravas y Arenas		Arenas Finas	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Calidad como subrasante	Excelente a buena						Aceptable a mala				

Fuente: *Soils and Waves, John Wiley & Son*

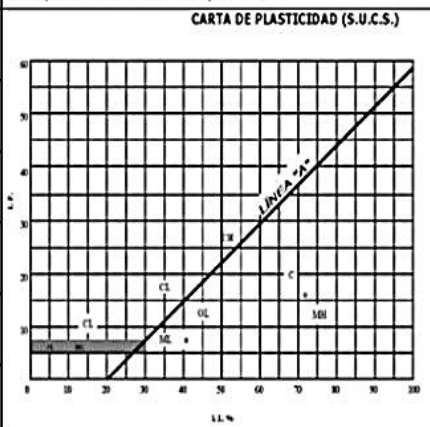
2.2.1.2 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)) es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras.

Tabla N°02: Sistema Unificado de suelos

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO			
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 Ø	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4			GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3. $C_u - D_{60}/D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$	NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos				
		GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LINEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla			
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4	ARENA LIMPIA Poco o nada de partículas finas	SW	Areñas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	$C_u - D_{60}/D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.	No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW	
			SP	Areñas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.			
		ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	SM	Areñas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LINEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
			SC	Areñas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.			
			SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 Ø	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de poca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G-grava, S-arena, O-suelo orgánico, P-turba, M-limo C - Arcilla, W - Bien Graduada, P - Mal Graduada, L - Baja Compresibilidad, H - Alta Compresibilidad
					CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.						
LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.					
	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.					
	OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.					
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		P		Turbas y otros suelos altamente orgánicos.			

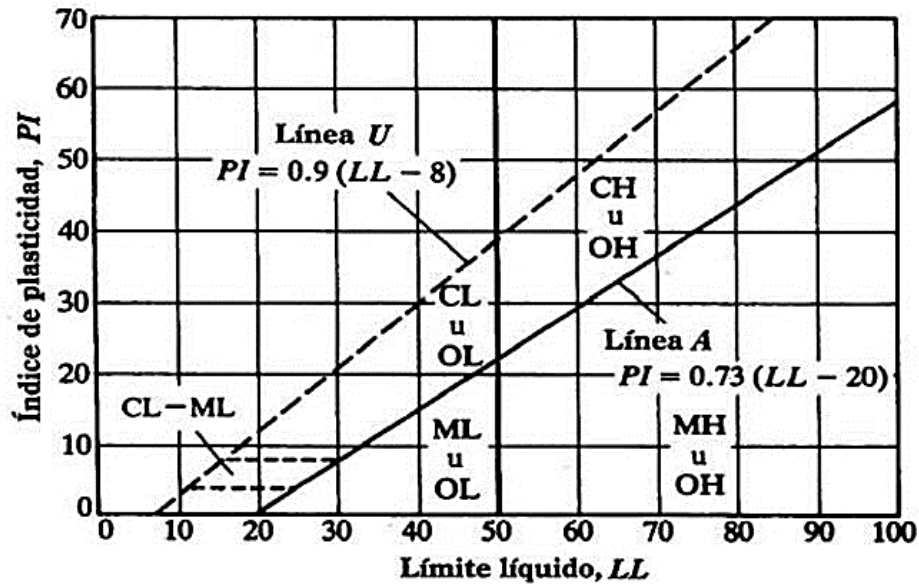
DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (finos que pasan por la malla No. 200) LOS SUELOS CLASIFICADOS COMO ARENAS O GRAVAS DEBEN SER REVISADOS PARA VERIFICAR SI CUMPLEN CON LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW, GP, SW, SP, SM, SC, GM, GC, GP, GP.



** CLASIFICACIÓN DE FRONTERA. LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS. POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.
 ◊ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.
 * LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS ÚNICAMENTE. LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFJO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL I.P. ES DE 6 O MENOS. EL SUFJO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

Fuente: Soils and Waves, John Wiley & Son

Figura N°01: Índice de plasticidad vs Límite Líquido



Fuente: Soils and Waves, John Wiley & Son

Tabla N°03: Calificación de Suelos

Grupo	VALORACIÓN ATRIBUTOS				APTITUDES SEGÚN USOS	
GW	+++	++	+++	+++	Mantos de presas, terraplenes, erosión de canales.	
GP	++	+++	++	+++	Mantos de presas y erosión de canales.	
GM	++	-	++	+++	Cimentaciones con flujo de agua.	
GC	++	--	+	++	Núcleos de presas, revestimientos de canales.	
SW	+++	++	+++	+++	Terraplenes y cimentación con poco flujo.	
SP	m	++	++	++	Diques y terraplenes de suave talud.	
SM	m	-	++	+	Cimentación con flujo, presas homogéneas.	
SC	++	--	+	+	Revestimiento de canales, capas de pavimento	
ML	m	-	M	m	Inaceptable en pavimentos, licuable.	
CL	+	--	M	m	Revestimiento de canales, pero es erodable.	
OL	m	-	--	m	No recomendable, máximo si hay agua.	
MH	--	-	-	---	Inaceptable en cimentaciones o bases (hinchable)	
CH	--	--	--	---	Inaceptable en cimentación (hinchable)	
OH	--	--	--	--	Inaceptable en cimentaciones o terraplenes.	
CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES	Facilidad de tratamiento en obra	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Sobresaliente	+++
					Muy alto	++
					Alto	+
					Moderado	m
					Deficiente	-
					Bajo	--
					Muy bajo	---

Fuente: Soils and Waves, John Wiley & Son

2.2.2 Bases y Sub Bases

La clasificación de suelos permite identificar aquellos cuyas características y propiedades son similares entre sí, clasificándolos en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Dos sistemas de clasificación de suelos son los más usados en vías terrestres.

A las bases y sub-bases se les agrupa en: granulares, estabilizadas con diferentes aditivos y de sub productos industriales de desecho o recicladas.

2.2.3 Relación de Soporte California – CBR

El ensayo CBR (California Bear Ratio) es una prueba que se originó en el Departamento de Carreteras de California en los Estados Unidos de América en el año 1929, con el objetivo de conocer los suelos donde diseñará adecuadamente los pavimentos, la ASTM denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte.

Este ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de densidad y humedad controladas; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

Además, el ensayo permite evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base. Dado que el comportamiento de los suelos varía de acuerdo a su grado de alteración, con su granulometría y sus características físicas, el método a seguir para determinar el CBR, es diferente en cada caso. Así tenemos:

- C.B.R: Suelos perturbados y remoldeados.
- Suelos gravosos y arenosos.
- Suelos cohesivos, poco plásticos y nada plásticos.
- Suelos cohesivos y expansivos.

- C.B.R. suelos inalterados.
- C.B.R. in-situ.

El CBR establece una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y la resistencia a la misma que presenta el tipo común de piedra triturada. Estas resistencias y penetraciones estándar se muestran en la tabla 4.

Tabla N°04: Relación Resistencia – Penetración

Penetración		Tiempo	Carga Unitaria Patrón	
(plg)	(mm)		(lbs./pulg. ²)	(Kg/cm ²)
0.025	0.63	0'30''		
0.050	1.27	1'00''		
0.075	1.90	1'30''		
0.100	2.54	2'00''	1000	70
0.150	3.81	3'00''		
0.200	5.08	4'00''	1500	105
0.250	6.35	5'00''		
0.3	7.62	6'00''	1900	133
0.4*	10.16	8'00''	2300	161
0.5*	12.70	10'00''	2600	182

*Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

Fuente: Soils and Waves, John Wiley & Son

En forma de ecuación esto es:

$$\%CBR = \frac{\text{Carga unitaria de prueba}}{\text{Carga unitaria patrón}} \times 100$$

2.2.3.1 Ensayo de CBR (in situ)

Es un método adecuado para determinar la capacidad de soporte de un material en el lugar donde será sometido a las solicitaciones de la estructura que soportará, deberá realizarse cuando se presentan materiales dudosos y en movimiento de tierras importantes.

2.2.3.2 Ensayo de CBR (Laboratorio)

El objetivo de este ensayo es determinar la capacidad de Soporte de los suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Sirve para evaluar la calidad relativa del suelo.

2.3 Definición de términos básicos

2.3.1 Base Granular

Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una sub-base o de la sub-rasante y la capa de rodadura. En cuanto a su granulometría, la composición final de la mezcla de agregados presentará una granulometría continua y bien graduada (sin inflexiones notables) según una fórmula de trabajo de dosificación aprobada por el Supervisor y según uno de los requisitos granulométricos que se indican en la **Tabla N°05**. Para las zonas con altitud de 3000 msnm se deberá seleccionar la gradación "A".

Tabla N°05: Requerimientos Granulométricos para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (N° 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (N° 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 um (N° 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (N° 200)	2 – 8	5 – 15	5 -15	8 – 15

Fuente: ASTM D 1241

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que a continuación se indican:

Tabla N°06: Requerimientos Físico – Mecánicas y Químicas

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Tráfico Ligero y Medio	Mín 80%
	Tráfico Pesado	Mín 100%

Fuente: ASTM D 1241

(1) La curva de gradación “A” deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m.

La franja por utilizar será la establecida en los documentos del proyecto o la determinada por el Supervisor.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Contratista deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente o viceversa.

CAPÍTULO 3

HIPÓTESIS

3.1 Formulación de la hipótesis

La aplicación de los métodos CBR in situ y CBR de laboratorio determinarán el método más confiable para un análisis técnico de las bases granulares existentes.

3.2 Operacionalización de las variables

Tabla N°07: Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	ÍTEMS
Bases Granulares	Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una sub base o de la sub-rasante y la Capa de rodadura.	En cuanto a su granulometría, la composición final de la mezcla de agregados presentará una granulometría continua y bien graduada (sin inflexiones notables)	El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas	Tráfico Ligero y Medio Mín 80% Tráfico Pesado Mín 100%
CBR in situ	Método de ensayo que evalúa la calidad de la sub-rasante, pero también es aplicable de sub-base y base; en este caso aplicado a la base granular.	Este método está diseñado para probar materiales en el terreno (in situ) y corresponden al método de ensayo estandarizado ASTM D-1883.		

CBR laboratorio	Ensayo que determina el índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, conocido como CBR (California Bearing Ratio).	En este caso se usa suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad, caso contrario (CBR in situ) se aplica sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.
------------------------	---	---

CAPÍTULO 4

MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Tipo de diseño de investigación.

Experimental

4.2 Material.

4.2.1 Unidad de estudio.

Base granular.

4.2.2 Población.

Base granular del sector Gran Chimú, Trujillo.

4.2.3 Muestra.

La población coincidirá con la muestra como sujeto único de análisis y es el mismo sector Gran Chimú, Trujillo.

4.2.4 Ubicación de las Calicatas.

- Av. Pumacahua con Manco Inca.
- Intersección calle Mateo Remigio con Crespo y Castillo.
- Intersección calle Mateo Remigio con Calle A. Ramírez de A.
- Intersección Av. Sánchez Carrión con calle los Héroes.
- Intersección Calle Jaime Blanco con Calle Santa Ana.
- Intersección Calle Hermanos Angulo con Calle Portugal.
- Calle A. Ramírez de A.
- Calle Baltazar Villalonga.
- Calle Santa Ana.

Sistema de coordenadas WGS - 84

# Calicata	Norte	Este
1	9105469,14	720404,01
2	9106219,40	720240,28
3	9106480,39	720369,42
4	9106808,91	720525,59
5	9106596,80	720815,41
6	9106278,84	720504,83
7	9106758,33	720918,95
8	9106608,29	720561,50
9	9106656,88	720647,46

4.3 Métodos.

4.3.1 Ensayos Estándar de Terreno.

Permite determinar las propiedades físicas de los suelos.

4.3.1.1 Análisis Granulométrico por Tamizado.

Se usó y trabajo bajo la norma ASTM D422, y para la siguiente explicación se tomó de referencia esa norma. Con este método se busca la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de las partículas en suelos. La distribución de tamaños de las partículas mayores a 75 μm (retenidas en la malla 200) es determinado por tamizado, mientras que la distribución de tamaños de partículas menores a 75 μm es determinado por un proceso de sedimentación usando un hidrómetro para obtener los datos necesarios.

a. Balanza. Una balanza con una precisión de 0.01 g para pesar el material pasando la malla N°10 (2.0 mm) y una balanza con precisión del 0.1% de la masa de la muestra para pesar la parte que quedó retenida en la malla N° 10.

b. Aparatos de agitación. Cualquiera de los aparatos A o B pueden ser usados.

- El aparato A consiste en agitador operado mecánicamente donde un motor eléctrico gira un eje vertical a una velocidad no menor de 10000 rpm sin carga. El eje está equipado con un agitador de metal, plástico o goma. El eje debe ser suficientemente largo para que el agitador no opere a menos de 19 mm. Ni más de 38.1 mm del fondo de la copa de dispersión. Se debe disponer de una copa especial que contenga la muestra mientras está siendo dispersada, puede usar cualquiera de los dos tipos de copa de dispersión.

- El aparato B consiste en una copa de dispersión con aire.

Nota 1. La cantidad de aire requerido es del orden de 2 p i e 3/min. Algunos compresores de aire pequeños no son capaces de suplir suficiente cantidad de aire para operar el equipo.

c. Hidrómetro. Un hidrómetro ASTM, graduado para leer gravedad específica de la suspensión o gramos por litro de suspensión, y conforme los requerimientos para hidrómetros 151H o 152H en la especificación E100. Las dimensiones de ambos son iguales. La escala es la única diferencia.

d. Cilindro de sedimentación. Un cilindro de vidrio de 457 mm de altura y 63.5 mm de diámetro y marcado para un volumen de 1000 ml. El diámetro interno debe ser tal que la marca de los 1000 ml esté a 36 ± 2 cm. del fondo.

e. Termómetro. Un termómetro con precisión de 1° F (0.5° C).

f. Mallas. Una serie de mallas de trama cuadrada, conforme los requerimientos de la especificación E11. Un set completo incluye lo siguiente:

3" (75 mm) N° 10 (2.00 mm)

2" (50 mm) N° 20 (850 μm)

1.5" (37.5 mm) N° 40 (425 μm)

1" (25.0mm) N° 60 (250 μm)

$\frac{3}{4}$ " (19.0 mm) N° 140 (106 μm)

$\frac{3}{8}$ " (9.5 mm) N° 200 (75 μm)

N° 4 (4.75 mm)

Nota 2. Una serie de mallas con puntos uniformemente espaciados para el gráfico, puede ser usada si se desea. Esta serie consiste en las siguientes mallas:

3" (75 mm) N° 16 (1.18 mm)

1.5" (37.5 mm) N° 30 (600 μm)

$\frac{3}{4}$ " (19.0 mm) N° 50 (300 μm)

$\frac{3}{8}$ " (9.5 mm) N° 100(150 μm)

N° 4 (4.75 mm) N° 200 (75 μm)

N° 8 (2.36 mm)

- g. Baño María o Sala de temperatura constante.** Un baño María o sala de temperatura constante para mantener la suspensión de suelo a temperatura constante durante el análisis del hidrómetro. Un tanque de agua satisfactorio es un tanque aislado el cual mantiene la suspensión a una temperatura constante conveniente cercana a 20°C. En casos donde el trabajo es realizado en un cuarto a temperatura constante controlado automáticamente, el baño maría no es necesario.
- h. Vaso de Precipitado (250ml).**
- i. Dispositivo de la sincronización.** Un reloj de pulsera o reloj con segundero.

4.3.1.2 Límites de Consistencia.

Este método comprende la determinación del límite líquido, límite plástico, y el índice de plasticidad de los suelos.

El límite líquido y el límite plástico de suelos (conjuntamente con el límite de contracción) son conocidos como los límites de Atterberg. Estos límites distinguen las fronteras de los diferentes estados de consistencia de los suelos plásticos. Los límites líquido y plástico de muchos suelos que han sido secados antes del ensayo pueden ser considerablemente diferentes de los valores obtenidos en muestras secas. Si los límites líquido y plástico de suelos son utilizados para correlacionar o estimar el comportamiento ingenieril de los suelos en su estado de humedad natural, las muestras no deberían ser secadas antes del ensayo, a menos que se deseen los datos de muestras secas específicamente.

El ensayo es efectuado solo a la parte de suelo que pasa la malla 425 μm (N° 40), la contribución relativa de esta porción de suelo en las propiedades

de la muestra como un todo debe ser considerada cuando se utiliza estos ensayos para evaluar las propiedades de un suelo.

Procedimiento del método.

- La muestra es procesada para remover cualquier material retenido en una malla de 425 μm (N°40). El límite líquido es determinado efectuando ensayos en el cual una porción de la muestra es extendida en una capa de bronce (Copa de Casagrande), dividida en dos por una herramienta acanaladora, y luego permitidas de fluir juntas por golpes causados por la caída repentina de la copa en un instrumento mecánico estándar.
- El límite plástico es determinado alternativamente presionando y enrollando en una hebra de diámetro de 3.2 mm (1/8 pulg.) una porción pequeña de suelo plástico hasta que su contenido de agua es reducido a un punto en el cual la hebra se desmenuza y no es capaz de ser presionada y re enrollarla. El contenido de agua del suelo en este estado es reportado como el límite plástico.
- El índice de plasticidad es calculado como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

4.3.1.3 Contenido de Humedad.

Este ensayo tiene por finalidad, determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. El contenido de humedad de una masa de suelo, está formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica. La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este (especialmente en aquellos de textura más fina), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad

mecánica. El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas, o sea:

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100 (\%)$$

Donde:

W = contenido de humedad expresado en %

Ww = peso del agua existente en la masa de suelo

Ws = peso de las partículas sólidas

Procedimiento del método.

- Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).
- Seleccionar especímenes de ensayo representativos.
- Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.
- Remover la tapa y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para obtener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida

por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.

- Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno. Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.

4.3.1.4 Gravedad Específica.

El peso específico de un suelo (γ_s) se define como el cociente entre el peso al aire de las partículas sólidas y el peso del agua, considerando igual temperatura y el mismo volumen. La gravedad específica de un suelo (G_s) se define como el peso unitario del material dividido por el peso unitario del agua destilada a 4° C. La G_s se calcula mediante la siguiente expresión:

$$G_s = \frac{Y_s}{Y_w}$$

Donde:

Y_s = peso específico de los sólidos (gr/cm³)

Y_w = peso específico del agua a 4°C (gr/cm³)

El valor de la gravedad específica es necesario para calcular la relación de vacíos de un suelo, es utilizada en el análisis hidrométrico y sirve para

graficar la recta de saturación máxima en el ensayo de compactación Próctor.

Procedimiento del método.

- Para determinar la absorción del material, se toman 1000 gr. de suelo retenido en la malla N° 4 ASTM y se lava en la malla N° 200 ASTM (0,08 mm), de modo de eliminar el material fino presente, hasta que el agua salga totalmente limpia. Esta muestra lavada, se seca en el horno hasta durante 24 horas.
- Retirada del horno, la muestra se pesa (W_s) y se sumerge inmediatamente durante 48 horas dentro del estanque de agua.
- Cumplido el tiempo, se retira la muestra y se seca superficial e individualmente con un paño, evitando durante esta operación la evaporación de agua desde los poros de las partículas.
- Finalmente se pesa la muestra, obteniendo el peso saturado superficialmente seco (W_{ss}) y se determina el % de absorción (%A).
- Para determinar el volumen de la muestra, se debe llenar el sifón con agua hasta que ésta se estabilice (esto ocurre cuando desde el sifón deja de escurrir agua). Inmediatamente, bajo la descarga de agua del sifón se coloca la probeta seca, graduada y tarada y se vacía la muestra al interior del sifón. Se espera que el agua deje de caer por la descarga y se determina el volumen desplazado (V_d).
- Se determina el volumen leyendo directamente el volumen en la probeta graduada (V_1).
- Se promedian los dos valores de volúmenes (V_1 y V_2) y se determina la gravedad específica (G_s) de la muestra.

Cálculos:

Para calcular el porcentaje de absorción (%A) de la muestra:

$$\%A = \frac{W_{ss} - W_s}{W_s} \cdot 100 (\%)$$

Donde:

Ws = peso de la muestra seca (gr.)

Wss = peso de la muestra saturada y superficialmente seca (gr.)

Calcular el volumen desplazado (Vd) por la muestra:

$$Vd = \frac{V_1 + \frac{W_1 - W_2}{D}}{2} (cm^3)$$

Donde:

V1 = volumen desplazado leído directamente en la probeta (cm³)

W1 = peso de la probeta más el agua (gr.)

W2 = peso de la probeta (gr.)

D = peso unitario del agua (gr/cm³)

Calcular la gravedad específica saturada (Gh) de la muestra, para luego hallar la gravedad específica (Gs):

$$G_h = \left(\frac{W_{ss}}{V_d} \right) \times \left(\frac{1}{\gamma_w} \right) \left(\frac{gr}{cm^3} \right) \quad G_s = \frac{G_h}{100 + \%A} \times 100 \left(\frac{gr}{cm^3} \right)$$

4.3.2 Perfiles del suelo.

Trata de la implementación de un perfil estratigráfico, para poder observar y reconocer los estratos o capas que se encuentran en ese suelo. Además, se darán definiciones de algunos conceptos relacionados con estratigrafía, definición de estratos, y algunos conceptos básicos sobre este tema.

Donde los objetivos que este procedimiento sigue son los siguientes:

- Poder identificar los estratos de una calicata.
- Identificar si la muestra obtenida a partir de la calicata es alterada o inalterada.
- Establecer la cantidad a extraer para la muestra de cada capa o estrato.

4.3.2.1 Perfil Estratigráfico.

a. Estratigrafía

Rama de la geología que estudia las rocas teniendo en cuenta la secuencia en que están superpuestas y los materiales de los cuales están constituidos.

b. Estratificación

Es el modo como se depositan las rocas sedimentarias de acuerdo al agente y al ambiente sedimentario. Es así que se tienen estratificaciones distintas. La estratificación caracteriza a una serie de capas maso menos paralelas denominadas ESTRATOS.

c. Columna Estratigráfica

Es la sucesión vertical de rocas sedimentarias existentes en una determinada área. A través de la correlación entre columnas es posible la reconstrucción del perfil estratigráfico entre ellas.

d. Perfil Estratigráfico

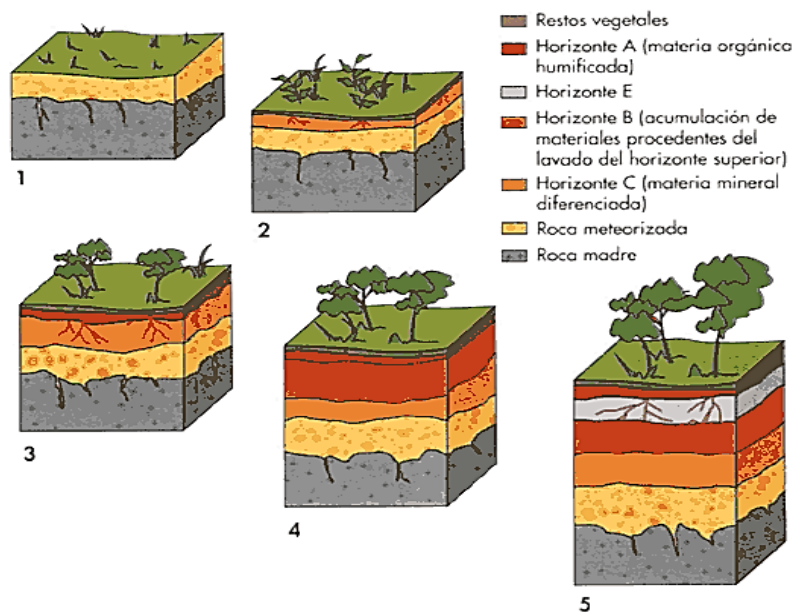
Es el que se realiza a partir de datos de perforaciones, de datos de prospección geofísica, o bien de cortes naturales o artificiales del terreno que muestran las rocas que conforman la columna estratigráfica, mediante los cuales se puede reconstruir la estratigrafía del subsuelo, acorde con la profundidad que demanda el proyecto.

e. Estratos o capas

Para la geología, el estrato es cada una de las capas en que pueden dividirse las rocas debido al proceso de sedimentación. Los estratos aparecen como capas horizontales de espesor más o menos uniforme, con interfaces nítidas en comparación al estrato más joven que se sitúa encima y al estrato más antiguo que se encuentra debajo. La capa más vieja se conoce como base o muro, mientras que la más joven recibe el nombre de techo.

Para un estudio de suelo de cada estrato de se debe sacar como mínimo 2 kg de muestra para luego ser llevado al laboratorio.

Figura N°02: Formas de estratos de suelos



Fuente: Blogspot Geología

4.3.2.2 Levantamiento de Suelos

En términos generales, una calicata es una excavación que se hace en el suelo, de medidas variables, generalmente de superficie de $1 \times 1 \times 1 = 1\text{m}^3$, cuya profundidad permita apreciar claramente el perfil de suelo donde crecen las raíces del cultivo y como se produce el mojamiento de este.

a. Calicata.

La calicata permite la inspección visual del contenido de humedad de suelo en la zona de raíces del cultivo, lo que entrega una idea de la disponibilidad de agua para las plantas y con ello decidir cuándo y cuánto regar, permite ver grado de compactación del terreno, profundidad del suelo, presencia o no de capas impermeables, ver estructura y textura, y al tomar muestra de cada horizonte del suelo, y enviarlas a un laboratorio, permite recopilar información química acerca de ese suelo. Es un ejercicio de vital importancia que se debe realizar antes de sembrar o plantar por primera vez en un terreno, en zonas representativas del mismo; así mismo, las calicatas se deben realizar anualmente para ver la evolución del perfil suelo.

b. Muestras de Suelo

Las muestras de suelo pueden obtenerse de dos formas, de acuerdo con el tipo de ensayo que se va a realizar. Estas son:

- Muestras alteradas, que no reflejan exactamente como se encontraba el suelo en su estado natural antes del muestreo;
- Muestras no alteradas, que reflejan exactamente como se encontraba el suelo en su estado natural antes del muestreo.
- Las muestras alteradas se utilizan para los ensayos más sencillos y en particular para los que usted mismo realizará en el terreno. Las muestras no alteradas son necesarias para los ensayos más complejos que es menester efectuar en el laboratorio para obtener análisis físicos y químicos más pormenorizados. Las muestras no alteradas es preciso tomarlas con mayor cuidado, ya que deben reflejar exactamente la naturaleza del suelo. Para que un estudio de los suelos del sitio sea completo, se necesitará muestras alteradas y no alteradas.

Se debe tener precaución cuando se tengan las muestras, es por eso que a continuación se detallan algunas consideraciones.

- Realice un muestreo de todos los horizontes del suelo de más de 10 cm de espesor; todas las muestras deben representar los horizontes naturales o estratificaciones del suelo; las muestras no deben tomarse a profundidades arbitrarias.

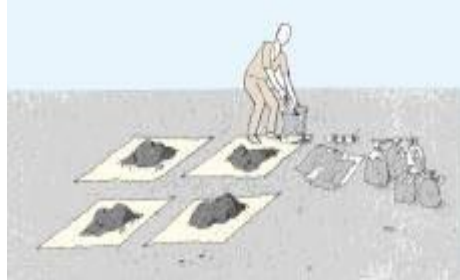
Figura N°03: Muestreo de suelos



Fuente: FAO

- Si tiene que examinar y comparar las muestras de suelo, al tomarlas, agrúpelas cuidadosamente en pilas separadas para evitar que se mezclen muestras diferentes y coloque las pilas sobre láminas de material plástico u hojas de periódico, para que no se mezclen con materias tales como hojas, estiércol o grava que puedan encontrarse en el terreno.
- Si no tiene intención de examinar y comparar las muestras de suelo cuando las tome, colóquelas inmediatamente en bolsas resistentes de material plástico o de lona con revestimiento plástico; ate todas las bolsas fuertemente.

Figura N°04: Introducción de las muestras en suelos



Fuente: FAO

- Marque todas las bolsas de muestras de manera cuidadosa y pormenorizada; escriba claramente en el rótulo el número de identificación del lugar donde se tomó la muestra, los límites superiores e inferior del horizonte muestreado, y la fecha

Figura N°05: Etiqueta de la muestra de suelo



Localización de la muestra _____
Limite superior _____
Limite inferior _____
Fecha _____

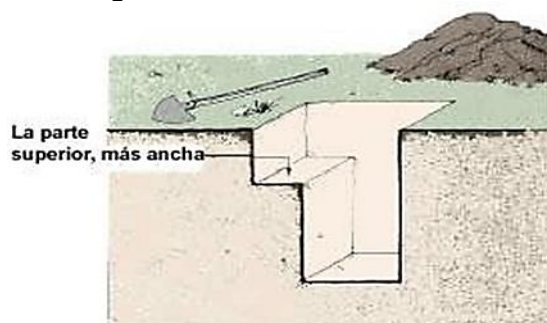
Fuente: FAO

METODO DE MUESTREO DE TERRENO

Método de la Calicata

La calicata es el único medio disponible que realmente permite ver y examinar un perfil de suelo en su *estado natural*. Puede excavar a mano o con equipos especiales, como una excavadora de zanjas. De ser necesario, podrá obtener muestras no alteradas de horizontes seleccionados de una calicata.

Figura N°06: Excavación de calicata



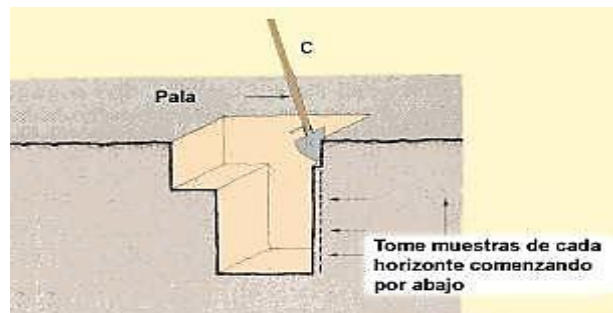
Fuente: FAO

Ahora está listo para comenzar a tomar las muestras de suelo alterado o no alterado que necesita, o bien para las pruebas de campo o bien para los análisis de laboratorio.

Para obtener muestras para *análisis químicos*, haga lo siguiente:

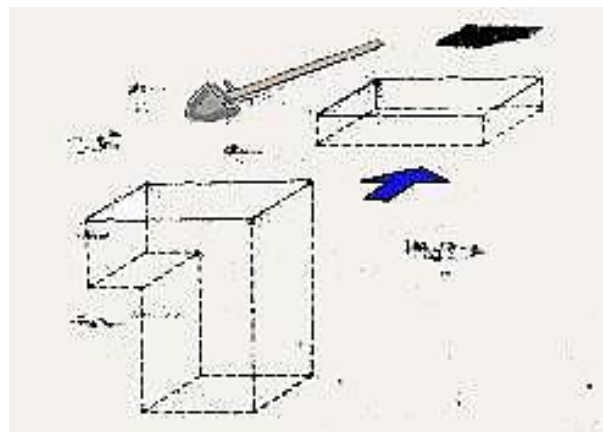
- Limpie cuidadosamente todo el perfil vertical.
- Tome muestras de cada horizonte de abajo hacia arriba; comience por el horizonte inferior y continúe hacia arriba.
- Para el muestreo de los horizontes superiores, que quizás fueron alterados al excavar la calicata, busque una zona no alterada que esté lo más cerca posible de la calicata, excave un hueco poco profundo y tome la muestra en él.

Figura N°08: Limpieza de calicata



Fuente: FAO

Figura N°09: Toma de muestra



Fuente: FAO

4.3.3 CBR – in situ

Método de ensayo que evalúa la calidad de la sub-rasante, pero también es aplicable de sub-base y base; en este caso aplicado a la base granular. Este método está diseñado para probar materiales en el terreno (in situ) y corresponden al método de ensayo estandarizado ASTM D-1883.

Los aparatos a tomar en cuenta para el correcto procedimiento de este ensayo son los siguientes:

- Gato mecánico de tornillo.
- Anillos de carga
- Pistón de penetración
- Diales
- Soporte para el dial de penetración
- Platina de sobrecarga
- Pesas de sobrecarga
- Vehículo de carga
- Gatos
- Equipo misceláneo

Foto N°01: Ensayo CBR in situ



Fuente: Propia

El procedimiento a seguir estandarizado y que se usó para desarrollar la presente investigación fue la siguiente:

- Se prepara el área de la superficie que va a ser ensayada, retirando el material suelto y superficial que no sea representativo del suelo que se va a ensayar. Asimismo, un área de ensayo tan uniforme y horizontal como sea posible.
- Se localiza el vehículo en tal forma que el dispositivo de reacción quede directamente sobre la superficie por ensayar. Intentando que el gato mecánico quede debajo de la viga o dispositivo de reacción, con la manivela hacia afuera. Colóquese los gatos de camión a cada lado del vehículo y levántese para que no exista peso alguno sobre los resortes posteriores; cerciórese de que el vehículo esta nivelado en la parte trasera.
- Ubíquese el gato mecánico en la posición correcta y conéctese el anillo de carga al extremo del gato. Conéctese el adaptador del pistón al extremo inferior del anillo, adiciónese el número necesario de extensiones hasta alcanzar una altura menor de 125 mm sobre la superficie de ensayo y conéctese el pistón de penetración. Sujétese el gato en su sitio. Compruébese el nivel del montaje del gato para asegurarse su verticalidad y háganse los ajustes que sean necesarios.
- Colóquese la platina de sobrecarga de 4.5 kg debajo del pistón de penetración, de tal forma que cuando baje el pistón, este pase a través del agujero central.
- Asíéntese el pistón bajo una carga inicial aproximadamente 21kPa. Para una rápida colocación, úsese la relación de alta velocidad del gato. Para materiales de base con una superficie irregular, colóquese el pistón sobre una delgadísima capa de polvo de trituración de piedra caliza o de yeso.
- Si es necesario para lograr una superficie uniforme, levántese la platina de

carga mientras todavía está actuando la carga inicial sobre el pistón y espolvoréese uniformemente arena fina, en un espesor de 3 a 6 mm, sobre la superficie cubierta con la platina. Esto sirve para distribuir uniformemente el peso de la sobrecarga.

- Adiciónese a la platina un número de pesos de sobrecarga tal, que transmita una presión equivalente a la intensidad de carga, producida por las capas de pavimento, que se colocaran sobre la sub-rasante, la base o ambos, excepto que la mínima pesa aplicada será la de 4.5 kg más una pesa de sobrecarga de 9 kg.
- Fíjese el soporte del dial de penetración al pistón y sujétese el dial a dicho soporte.
- Colóquense en cero las lecturas de ambos diales.
- Aplíquese la carga al pistón de penetración de tal manera que la velocidad aproximada de penetración sea de 1.3 mm por minuto. Utilizando la relación de baja velocidad del gato durante el ensayo se puede mantener una carga uniforme de penetración por parte del operador. Regístrense las lecturas del anillo de carga para cada 0.64 mm de incremento de penetración hasta una profundidad final de 12.70 mm. En suelos homogéneos las profundidades de penetración mayores de 7.62 mm frecuentemente se pueden omitir. Calcúlese la relación soporte en porcentaje.
- Al finalizar el ensayo, se obtiene una muestra en el punto de penetración y se determina su humedad. También se determina el peso unitario en un sitio localizado de 100 a 150 mm desde el punto de penetración. El peso unitario se determina de acuerdo con los métodos de ensayo (método del cono de arena), o (métodos nucleares).

4.3.4 CBR – Laboratorio

Ensayo que determina el índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, conocido como CBR (California Bearing Ratio). En este caso se usa suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad, caso contrario (CBR in situ) se aplica sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

Es usado para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de sub-rasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado, haciendo referencia a los ensayos en donde se determina las relaciones Peso unitario – Humedad, usando un equipo modificado.

Los aparatos y materiales a considerar para el desarrollo de dicho ensayo son los siguientes:

- Prensa para forzar la penetración de un pistón en el espécimen
- Molde de metal cilíndrico
- Disco espaciador de metal
- Pistón de compactación
- Aparato medidor de expansión
- Pesas
- Pistón de penetración
- Dos diales
- Tanque
- Estufa
- Balanzas
- Tamices
- Equipo misceláneo

Foto N°02: Instrumentos para ensayo CBR laboratorio



Fuente: Propia

El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método contempla el ensayo de especímenes después de estar sumergidos en agua por 4 días confinados en un molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuara sobre el material.

- Preparar una muestra de suelo de grano fino (en cantidad suficiente para hacer 6 probetas) menor que el tamiz # 4, al contenido de humedad óptima del suelo determinado con el ensayo de Próctor Modificado.
- Antes de compactar el suelo en los moldes, tomar una muestra

representativa para determinar su contenido de humedad (por lo menos 100 g si el suelo es de grano fino).

- Pesar los moldes sin su base ni el collar.
- Para cada molde ajustar el molde a la base, insertar el disco espaciador en el molde y cubrirlo con un disco de papel filtro.
- Fabricar 6 probetas de 5 capas cada una: 2 de 12 golpes por capa, 2 de 26 golpes por capa y 2 de 56 golpes por capa; dejar saturando una muestra de 12, de 26 y de 56 golpes por capa.
- Para cada molde retirar la base, el collar y el disco espaciador, pesar el molde con el suelo compactado y determinara el peso unitario total del suelo.
- Colocar un disco de papel filtro sobre la base, invertir la muestra y asegurar el molde a la base de forma que el suelo quede en contacto con el papel filtro.

Para muestras saturadas, se llevó a cabo los siguientes pasos:

- Colocar suficientes pesas ranuradas (no menos de 4.5 kg) sobre la muestra de suelo para simular la presión de sobrecarga requerida.
- Colocar la muestra en la máquina de compresión y sentar el pistón sobre la superficie de suelo utilizando una carga inicial no mayor de 4.5 kg. Fijar el cero en los deformímetros de medida de carga y de penetración (o deformación).
- Hacer lecturas de deformación o penetración y tomar las respectivas lecturas del deformímetro de carga. Extrudir la muestra del molde y tomar dos muestras representativas adicionales para contenido de humedad.

Para muestras no saturadas, se llevó a cabo los siguientes pasos:

- Colocar la placa perforada con el vástago ajustable sobre el suelo compactado y aplicar suficientes pesas para obtener la sobrecarga deseada, cuidando que no sea inferior a 4.5 kg. Asegurarse de usar un disco de papel filtro entre la base perforada del vástago y el suelo para evitar que el suelo se pegue a la base del vástago.
- Sumergir el molde y las pesas en un recipiente de agua de forma que el agua tenga acceso tanto a la parte superior como a la parte inferior de la muestra y ajustar el deformímetro de carátula (con lecturas al 0.01 mm) en su respectivo soporte; marcar sobre el molde los puntos donde se apoya el soporte de forma que pueda removerse y volver a colocarlo sobre el molde en el mismo sitio cuando se desee hacer una lectura.
- Ajustar el cero del deformímetro de expansión y registrar el tiempo de comienzo del ensayo. Tomar las lecturas a 0, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 y 96 horas de tiempo transcurrido; el ensayo de expansión puede terminarse después de 48 horas si las lecturas en el deformímetro de expansión se mantienen constantes por lo menos durante 24 horas.
- Al final de las 96 horas de inmersión, sacar la muestra y dejarla drenar por espacio de 15 min; secar completamente la superficie superior de la muestra con toallas de papel.
- Pesar la muestra sumergida incluyendo el molde.
- Realizar los pasos 8 al 10 para cada muestra.
- Tomar muestras para contenido de humedad de las muestras saturadas de la siguiente forma: 2 dentro de los 3 cm superiores del suelo 2 dentro de los 3 cm inferiores del suelo 2 en el centro de la muestra de suelo.

CAPÍTULO 5

DESARROLLO

5.1 Muestreo en Campo

Se realizaron 9 calicatas ubicadas de forma que se tenga una amplia y verás zona de estudio, ubicado en el sector Gran Chimú, El Porvenir – La Libertad.

Se hicieron calicatas de 0.80 x 1.50 x 0.30 m en el sector Gran Chimú, para a partir de cada una obtener un espécimen de 42 kg, del cual se tendrá la muestra que será llevado al laboratorio o caso contrario se realizará el ensayo en el mismo terreno (in situ).

Una vez tenidas las muestras se procede a realizar una prueba granulométrica para cada una, para este caso se usó el método mediante el tamizado, obteniendo así la distribución de partículas que se presenta en la zona.

Además, se realizó una prueba de compactación que tiene como objetivo determinar la densidad máxima de un suelo para un contenido de humedad óptimo (CHO), resultado de compactación o incremento de energía que se le da al suelo.

5.2 Caracterización de las muestras

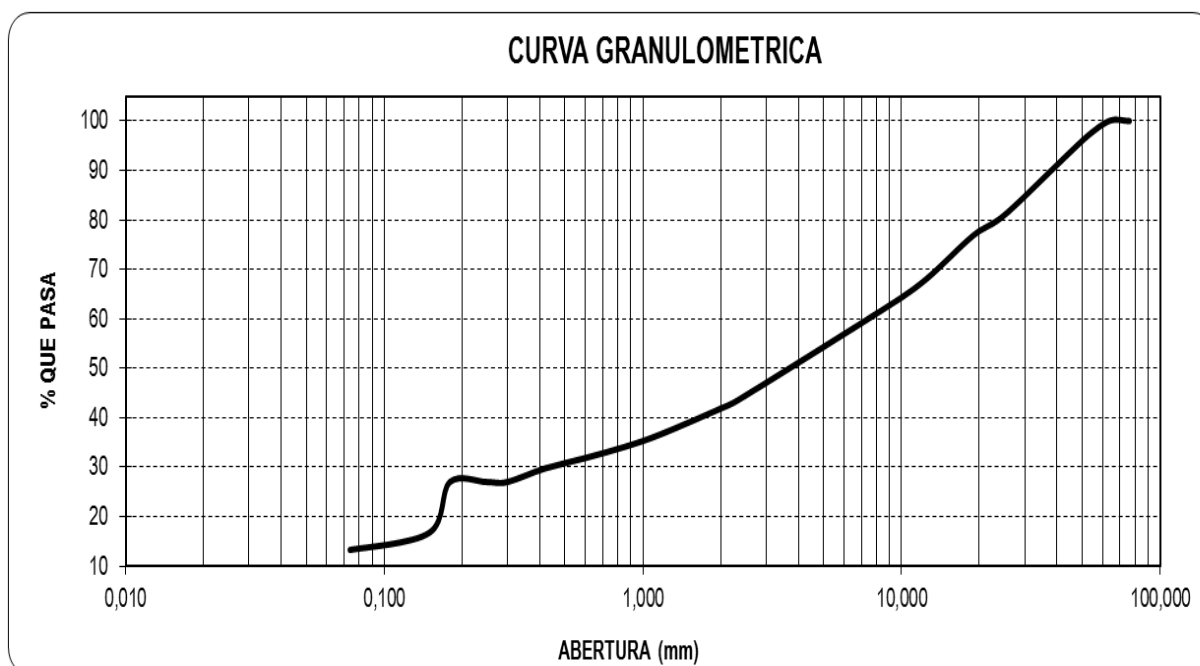
5.2.1 Propiedades Físicas

La presente investigación conto con material obtenido de la base granular del sector Gran Chimú, El Porvenir, se trasladaron las muestras obtenidas, además de realizarse los ensayos in situ correspondiente al CBR planteado. Finalmente tendremos la composición que cada muestra posee y así caracterizarlos según lo contemplado en la norma NTP D422, ASTM D2216, NTP 339.131

a. Ensayo Granulométrico (NTP D422)

Calicata #01

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76,200	0,00	0,00	0,00	100,00	GM - GRAVA LIMOSA
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,600	176,60	3,75	3,75	96,25	
1 1/2"	38,100	459,80	9,76	13,51	86,49	
1"	25,400	245,20	5,20	18,71	81,29	
3/4"	19,050	203,50	4,32	23,03	76,97	
1/2"	12,700	403,780	8,57	31,60	68,40	
3/8"	9,525	225,600	4,79	36,39	63,61	
1/4"	6,350	0,000	0,00	36,39	63,61	DATOS DE LA MUESTRA
N°4	4,178	496,500	10,54	46,93	53,07	D ₁₀ = 0,18 C _c = 0,89 D ₃₀ = 1,26 C _u = 55,02 D ₆₀ = 9,89 % finos % arena %Grava 13,39 39,69 46,93
N°8	2,360	438,80	9,31	56,24	43,76	
N°10	2,000	85,84	1,82	58,06	41,94	
N°16	1,180	242,67	5,15	63,21	36,79	
N°20	0,850	122,50	2,60	65,81	34,19	
N°30	0,600	105,69	2,24	68,06	31,94	
N°40	0,420	97,70	2,07	70,13	29,87	DESCRIPCION DE LA CALICATA
N°50	0,300	129,80	2,75	72,88	27,12	ESPESOR (m) : (0.00 - 0.30) ESTRATO C-01 : E-01
N°60	0,250	0,00	0,00	72,88	27,12	
N°80	0,180	0,00	0,00	72,88	27,12	
N°100	0,150	482,90	10,25	83,13	16,87	
N°200	0,074	163,98	3,48	86,61	13,39	
< 200		630,70	13,39	100,00	0,00	
Total		4711,56				

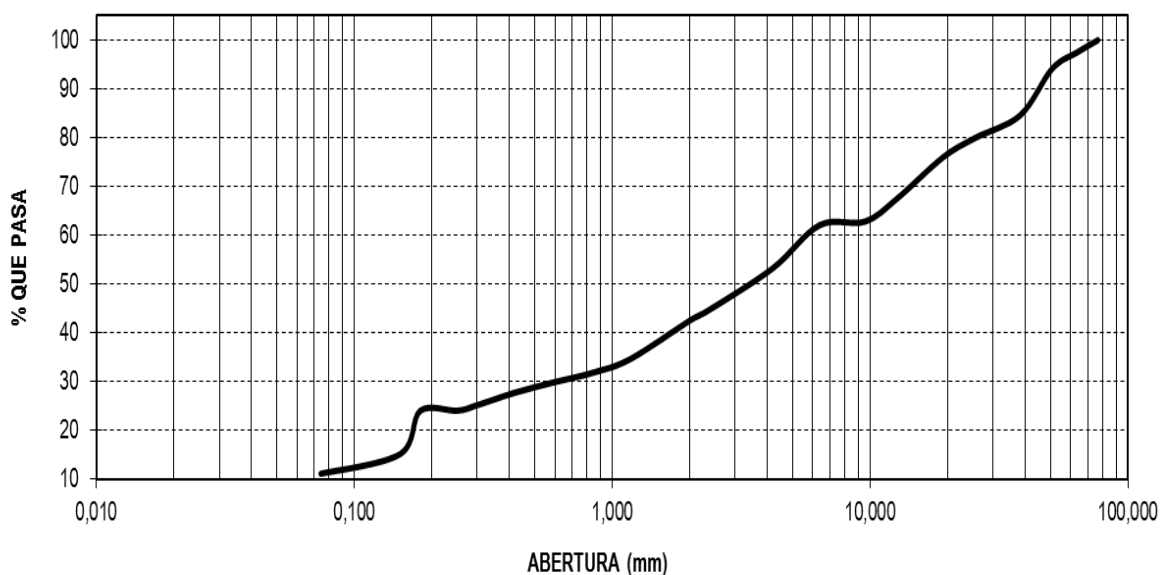


Fuente: Propia

Calicata #02

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76,200	0,00	0,00	0,00	100,00	GP - GM - GRAVA LIMOSA POBREMENTE GRADUA
2 1/2"	63,500	113,34	2,45	2,45	97,55	
2"	50,600	157,63	3,41	5,86	94,14	
1 1/2"	38,100	440,31	9,53	15,39	84,61	
1"	25,400	215,69	4,67	20,06	79,94	
3/4"	19,050	185,13	4,01	24,07	75,93	
1/2"	12,700	387,460	8,38	32,45	67,55	
3/8"	9,525	217,690	4,71	37,16	62,84	
1/4"	6,350	34,760	0,75	37,91	62,09	DATOS DE LA MUESTRA
N°4	4,178	408,800	8,85	46,76	53,24	D ₁₀ = 0,08 C _c = 1,20 D ₃₀ = 0,76 C _u = 73,23 D ₆₀ = 5,96
N°8	2,360	396,77	8,59	55,35	44,65	
N°10	2,000	95,68	2,07	57,42	42,58	
N°16	1,180	362,95	7,85	65,27	34,73	
N°20	0,850	129,60	2,80	68,08	31,92	
N°30	0,600	90,61	1,96	70,04	29,96	
N°40	0,420	100,64	2,18	72,22	27,78	DESCRIPCION DE LA CALICATA
N°50	0,300	118,37	2,56	74,78	25,22	ESPESOR (m) : (0.00 - 0.30) ESTRATO C-01 : E-02
N°60	0,250	53,47	1,16	75,93	24,07	
N°80	0,180	0,00	0,00	75,93	24,07	
N°100	0,150	412,07	8,92	84,85	15,15	
N°200	0,074	185,58	4,02	88,87	11,13	
< 200		514,45	11,13	100,00	0,00	
Total		4621,00				

CURVA GRANULOMETRICA

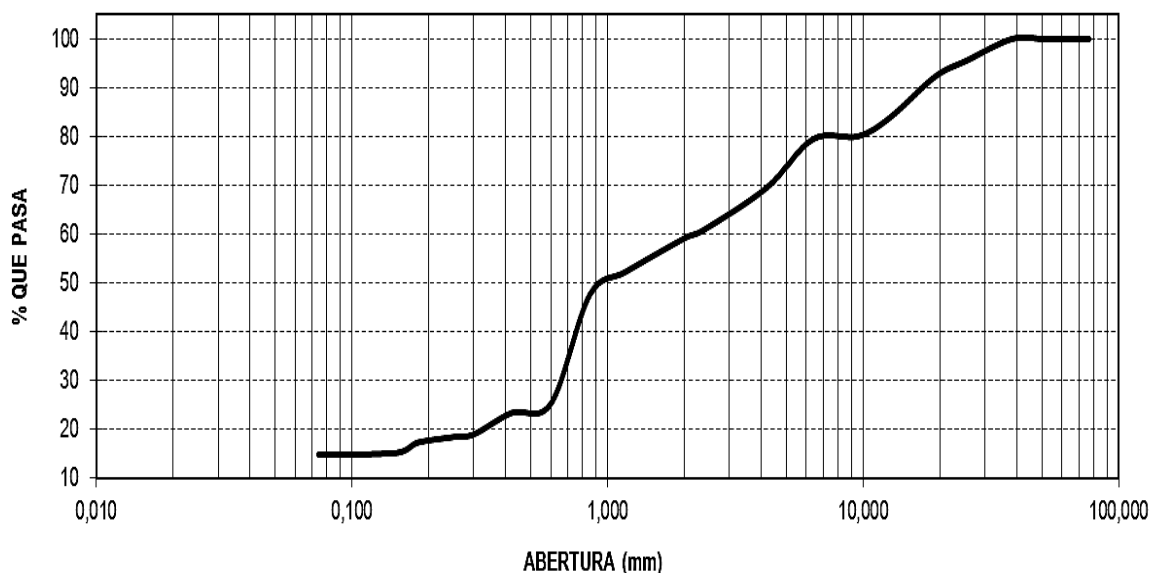


Fuente: Propia

Calicata #03

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76,200	0,00	0,00	0,00	100,00		GM - GRAVA LIMOSA
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	100,00		
2"	50,600	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00		
1"	25,400	150,70	4,40	4,40	95,60		
3/4"	19,050	114,50	3,34	7,75	92,25		
1/2"	12,700	286,900	8,38	16,13	83,87		
3/8"	9,525	131,300	3,83	19,96	80,04	DATOS DE LA MUESTRA	
1/4"	6,350	20,000	0,58	20,54	79,46		
N°4	4,178	342,100	9,99	30,54	69,46	D ₁₀ = 0,42 C _c = 0,42 D ₃₀ = 0,76 C _u = 7,93 D ₆₀ = 3,29	
N°8	2,360	298,20	8,71	39,25	60,75		
N°10	2,000	54,90	1,60	40,85	59,15		
N°16	1,180	234,70	6,85	47,70	52,30		
N°20	0,850	163,00	4,76	52,47	47,53		
N°30	0,600	761,70	22,25	74,71	25,29		
N°40	0,420	68,10	1,99	76,70	23,30	DESCRIPCION DE LA CALICATA	
N°50	0,300	149,10	4,35	81,06	18,94		
N°60	0,250	20,00	0,58	81,64	18,36	ESPEJOR (m) : (0.00 - 0.30) ESTRATO C-03 : E-03	
N°80	0,180	40,00	1,17	82,81	17,19		
N°100	0,150	71,00	2,07	84,88	15,12		
N°200	0,074	13,80	0,40	85,29	14,71		
< 200		503,80	14,71	100,00	0,00		
Total		3423,80					

CURVA GRANULOMETRICA

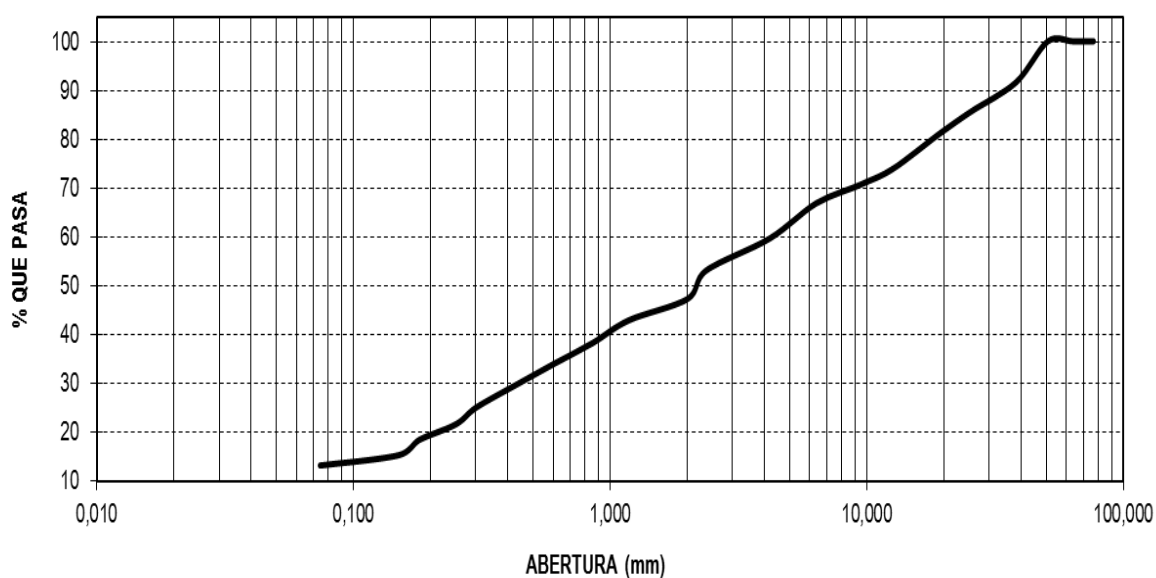


Fuente: Propia

Calicata #04

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76,200	0,00	0,00	0,00	100,00	GM - GRAVA LIMOSA
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,600	0,00	0,00	0,00	100,00	
1 1/2"	38,100	239,50	8,36	8,36	91,64	
1"	25,400	172,80	6,03	14,39	85,61	
3/4"	19,050	132,40	4,62	19,01	80,99	
1/2"	12,700	200,000	6,98	25,99	74,01	
3/8"	9,525	93,500	3,26	29,25	70,75	
1/4"	6,350	111,500	3,89	33,14	66,86	DATOS DE LA MUESTRA
N°4	4,178	206,600	7,21	40,36	59,64	
N°8	2,360	189,00	6,60	46,95	53,05	D ₁₀ = 0,21 C _c = 0,84
N°10	2,000	165,30	5,77	52,72	47,28	D ₃₀ = 0,32 C _u = 2,83
N°16	1,180	126,10	4,40	57,12	42,88	D ₆₀ = 0,58
N°20	0,850	134,60	4,70	61,82	38,18	
N°30	0,600	122,30	4,27	66,09	33,91	
N°40	0,420	129,80	4,53	70,62	29,38	DESCRIPCION DE LA CALICATA
N°50	0,300	125,30	4,37	74,99	25,01	
N°60	0,250	98,00	3,42	78,41	21,59	ESPESOR (m) : (0.00 - 0.30)
N°80	0,180	92,00	3,21	81,62	18,38	
N°100	0,150	89,00	3,11	84,73	15,27	
N°200	0,074	61,10	2,13	86,86	13,14	ESTRATO C-04 : E-04
< 200		376,50	13,14	100,00	0,00	
Total		2865,30				

CURVA GRANULOMETRICA

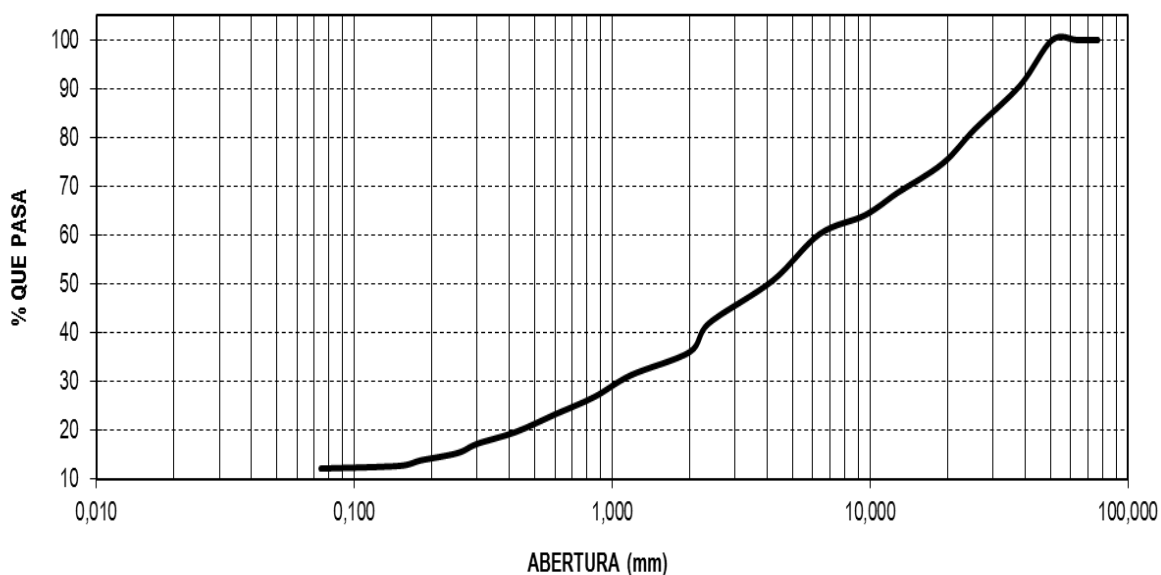


Fuente: Propia

Calicata #05

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76,200	0,00	0,00	0,00	100,00	GM - GRAVA LIMOSA
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,600	0,00	0,00	0,00	100,00	
1 1/2"	38,100	364,70	9,27	9,27	90,73	
1"	25,400	353,30	8,98	18,25	81,75	
3/4"	19,050	278,10	7,07	25,32	74,68	
1/2"	12,700	238,600	6,07	31,39	68,61	
3/8"	9,525	178,400	4,53	35,92	64,08	
1/4"	6,350	152,600	3,88	39,80	60,20	DATOS DE LA MUESTRA
N°4	4,178	375,100	9,53	49,33	50,67	$D_{10} = 0,20$ $C_c = 0,39$ $D_{30} = 0,35$ $C_u = 7,96$ $D_{60} = 1,57$
N°8	2,360	346,10	8,80	58,13	41,87	
N°10	2,000	227,20	5,78	63,91	36,09	
N°16	1,180	189,30	4,81	68,72	31,28	
N°20	0,850	176,00	4,47	73,19	26,81	
N°30	0,600	139,50	3,55	76,74	23,26	
N°40	0,420	144,70	3,68	80,42	19,58	DESCRIPCION DE LA CALICATA
N°50	0,300	93,00	2,36	82,78	17,22	ESPESOR (m) : (0.00 - 0.30) ESTRATO C-05 : E-05
N°60	0,250	76,40	1,94	84,72	15,28	
N°80	0,180	58,65	1,49	86,21	13,79	
N°100	0,150	43,65	1,11	87,32	12,68	
N°200	0,074	22,68	0,58	87,90	12,10	
< 200		476,02	12,10	100,00	0,00	
Total		3934,00				

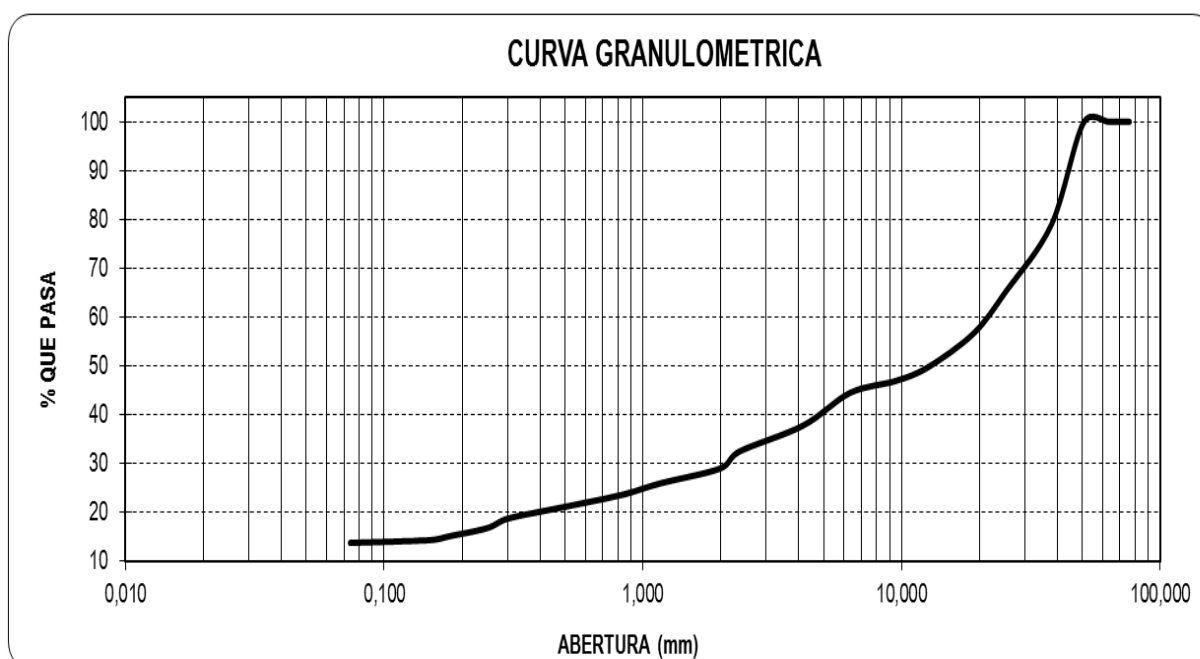
CURVA GRANULOMETRICA



Fuente: Propia

Calicata #06

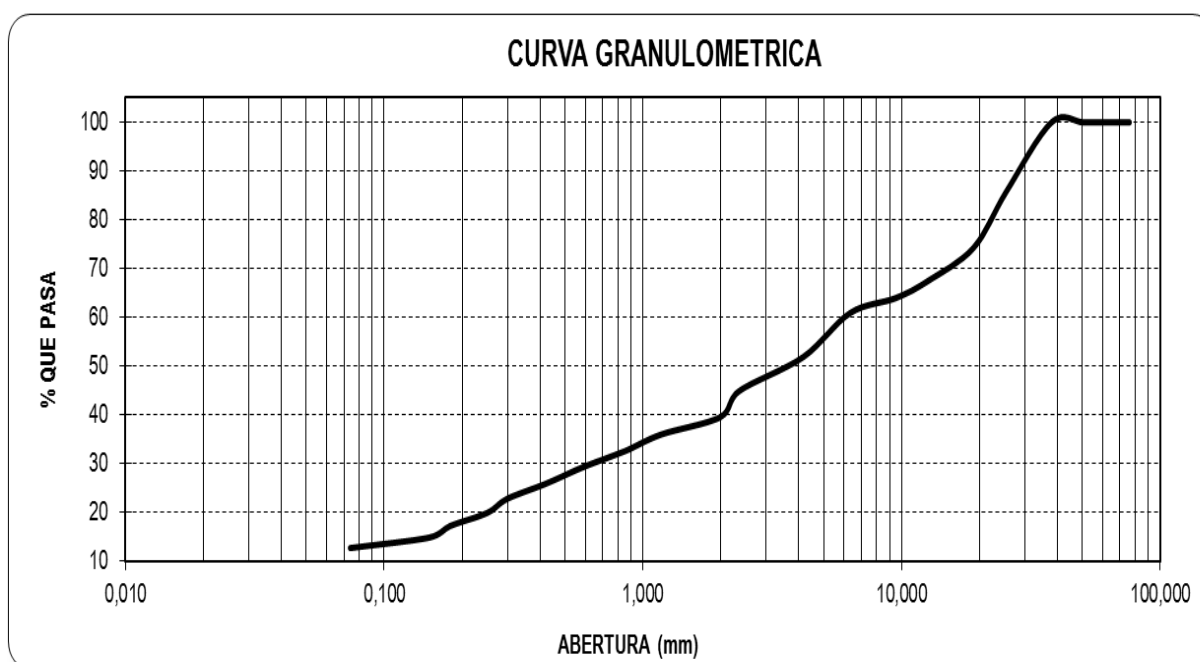
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76,200	0,00	0,00	0,00	100,00	GM - GRAVA LIMOSA
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,600	7,68	0,21	0,21	99,79	
1 1/2"	38,100	758,40	20,78	20,99	79,01	
1"	25,400	500,80	13,72	34,72	65,28	
3/4"	19,050	314,20	8,61	43,33	56,67	
1/2"	12,700	252,700	6,92	50,25	49,75	
3/8"	9,525	102,700	2,81	53,06	46,94	
1/4"	6,350	88,600	2,43	55,49	44,51	
N°4	4,178	245,000	6,71	62,21	37,79	
N°8	2,360	195,40	5,35	67,56	32,44	
N°10	2,000	124,80	3,42	70,98	29,02	
N°16	1,180	110,60	3,03	74,01	25,99	
N°20	0,850	82,90	2,27	76,28	23,72	
N°30	0,600	63,30	1,73	78,02	21,98	
N°40	0,420	60,00	1,64	79,66	20,34	DESCRIPCION DE LA CALICATA
N°50	0,300	59,50	1,63	81,29	18,71	
N°60	0,250	70,80	1,94	83,23	16,77	ESPESOR (m) : (0.00 - 0.30) ESTRATO C-06 : E-06
N°80	0,180	59,20	1,62	84,85	15,15	
N°100	0,150	30,00	0,82	85,68	14,32	
N°200	0,074	21,40	0,59	86,26	13,74	
< 200		501,32	13,74	100,00	0,00	
Total		3649,30				



Fuente: Propia

Calicata #07

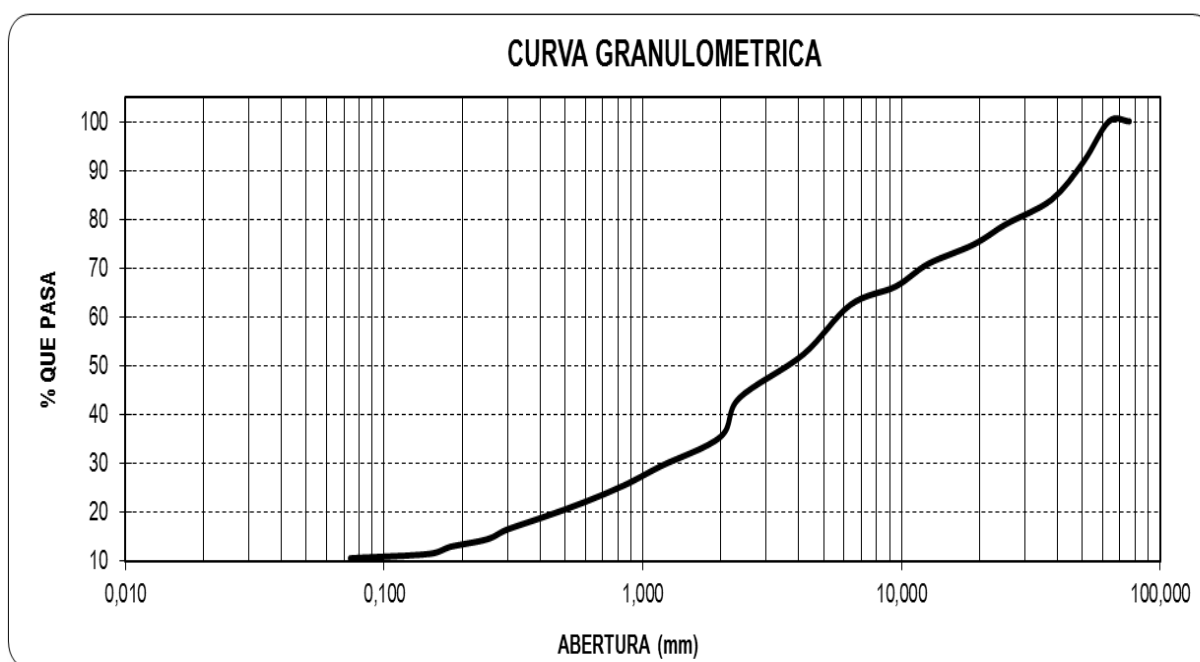
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76,200	0,00	0,00	0,00	100,00	
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,600	0,00	0,00	0,00	100,00	
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00	
1"	25,400	481,80	14,30	14,30	85,70	
3/4"	19,050	383,50	11,38	25,68	74,32	
1/2"	12,700	229,100	6,80	32,48	67,52	
3/8"	9,525	118,700	3,52	36,01	63,99	DATOS DE LA MUESTRA
1/4"	6,350	102,600	3,05	39,05	60,95	
N°4	4,178	304,200	9,03	48,08	51,92	D ₁₀ = 0,33 C _c = 0,77 D ₃₀ = 0,74 C _u = 6,63 D ₆₀ = 2,18
N°8	2,360	235,80	7,00	55,08	44,92	
N°10	2,000	178,60	5,30	60,38	39,62	
N°16	1,180	120,50	3,58	63,96	36,04	
N°20	0,850	116,70	3,46	67,42	32,58	
N°30	0,600	102,20	3,03	70,45	29,55	
N°40	0,420	122,90	3,65	74,10	25,90	
N°50	0,300	101,60	3,02	77,12	22,88	ESPESOR (m) : (0.00 - 0.30) ESTRATO C-06 : E-07
N°60	0,250	99,08	2,94	80,06	19,94	
N°80	0,180	89,65	2,66	82,72	17,28	
N°100	0,150	79,05	2,35	85,06	14,94	
N°200	0,074	73,30	2,18	87,24	12,76	
< 200		429,92	12,76	100,00	0,00	
Total		3369,20				



Fuente: Propia

Calicata #08

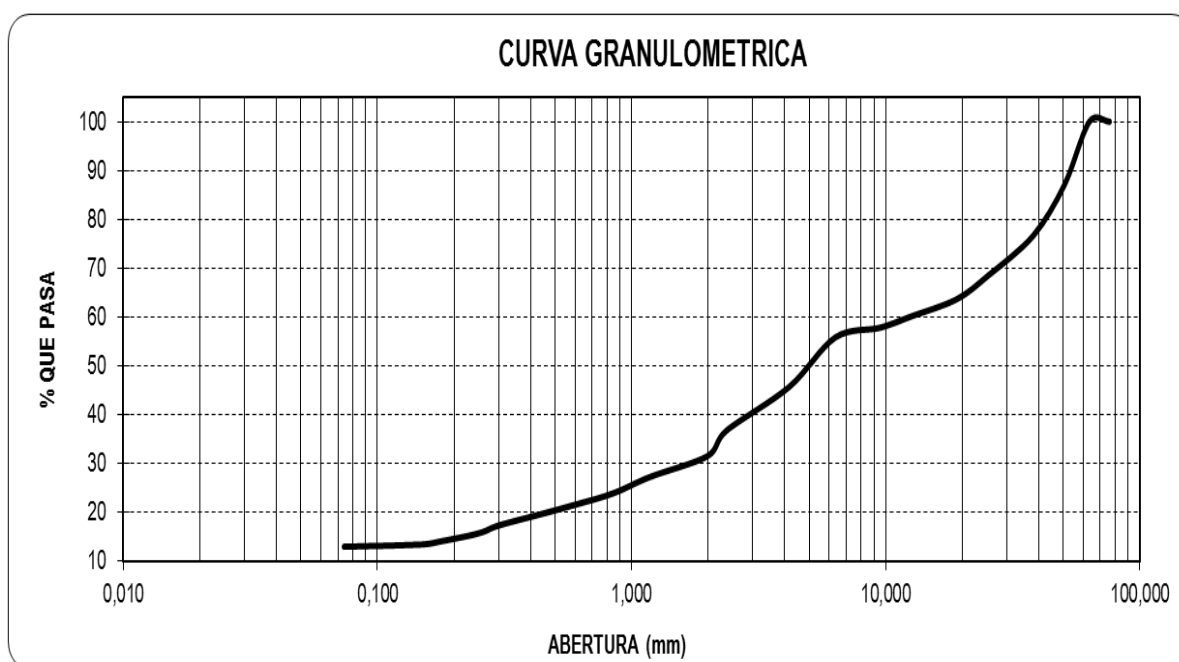
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76,200	0,00	0,00	0,00	100,00	GP - GM = GRAVA LIMOSA POBREMENTE GRADUADA
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,600	405,60	8,28	8,28	91,72	
1 1/2"	38,100	379,65	7,75	16,04	83,96	
1"	25,400	245,20	5,01	21,05	78,95	
3/4"	19,050	203,50	4,16	25,20	74,80	
1/2"	12,700	193,780	3,96	29,16	70,84	
3/8"	9,525	225,600	4,61	33,77	66,23	
1/4"	6,350	185,300	3,78	37,55	62,45	
N°4	4,178	496,500	10,14	47,69	52,31	
N°8	2,360	438,80	8,96	56,65	43,35	
N°10	2,000	385,84	7,88	64,53	35,47	
N°16	1,180	292,67	5,98	70,51	29,49	
N°20	0,850	192,50	3,93	74,44	25,56	
N°30	0,600	165,69	3,38	77,83	22,17	
N°40	0,420	147,70	3,02	80,84	19,16	
N°50	0,300	129,80	2,65	83,49	16,51	
N°60	0,250	98,30	2,01	85,50	14,50	
N°80	0,180	75,89	1,55	87,05	12,95	
N°100	0,150	69,85	1,43	88,48	11,52	DESCRIPCION DE LA CALICATA ESPESOR (m) : (0.00 - 0.30) ESTRATO C-06 : E-08
N°200	0,074	45,30	0,93	89,40	10,60	
< 200		518,83	10,60	100,00	0,00	
Total		4896,30				



Fuente: Propia

Calicata #09

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76,200	0,00	0,00	0,00	100,00	GM = GRAVA LIMOSA
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,600	569,85	12,95	12,95	87,05	
1 1/2"	38,100	458,36	10,42	23,37	76,63	
1"	25,400	356,65	8,11	31,48	68,52	
3/4"	19,050	214,20	4,87	36,35	63,65	
1/2"	12,700	152,600	3,47	39,82	60,18	
3/8"	9,525	102,700	2,33	42,16	57,84	
1/4"	6,350	88,600	2,01	44,17	55,83	DATOS DE LA MUESTRA
N°4	4,178	445,800	10,13	54,30	45,70	D ₁₀ = 0,08 C _c = 0,28 D ₃₀ = 0,87 C _u = 393,09 D ₆₀ = 32,52
N°8	2,360	395,40	8,99	63,29	36,71	
N°10	2,000	224,80	5,11	68,40	31,60	
N°16	1,180	190,60	4,33	72,74	27,26	
N°20	0,850	145,60	3,31	76,05	23,95	
N°30	0,600	103,65	2,36	78,40	21,60	
N°40	0,420	97,36	2,21	80,62	19,38	DESCRIPCION DE LA CALICATA
N°50	0,300	89,65	2,04	82,65	17,35	ESPESOR (m) : (0.00 - 0.30) ESTRATO C-09 : E-09
N°60	0,250	70,80	1,61	84,26	15,74	
N°80	0,180	69,35	1,58	85,84	14,16	
N°100	0,150	30,00	0,68	86,52	13,48	
N°200	0,074	21,40	0,49	87,01	12,99	
< 200		571,52	12,99	100,00	0,00	
Total		4398,89				



Fuente: Propia

Del ensayo realizado se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en un cuadro resumen.

Tabla N°08: Granulometría de las muestras

Muestra de calicata #	Granulometría		#200 (% que pasa)	Descripción
	Cu	Cc		
1	55,02	0,89	13,39	Grava Limosa
2	73,23	1,2	11,13	Grava Limosa Pobrementemente Graduada
3	7,93	0,42	14,71	Grava Limosa
4	2,83	0,84	13,14	Grava Limosa
5	7,96	0,39	12,1	Grava Limosa
6	133,42	0,2	13,74	Grava Limosa
7	6,63	0,77	12,76	Grava Limosa
8	55,02	0,89	10,6	Grava Limosa Pobrementemente Graduada
9	393,09	0,28	12,99	Grava Limosa

Fuente: Propia

b. Ensayo Contenido de Humedad (ASTM D2216)

Calicata #01

DESCRIPCIÓN	I	II
Peso de Tarro (gr.)	150,50	80,00
Peso de Tarro + Suelo Húmedo (gr.)	473,40	384,50
Peso de Tarro + Suelo Seco (gr.)	461,60	373,80
Peso de Suelo Seco (gr.)	311,10	293,80
Peso de Agua (gr.)	11,80	10,70
% de Humedad (%)	3,79	3,64
% De Humedad Promedio (%)	3,72	

Fuente: Propia

Calicata #02

DESCRIPCIÓN	I	II
Peso de Tarro (gr.)	87,12	83,57
Peso de Tarro + Suelo Húmedo (gr.)	516,34	486,19
Peso de Tarro + Suelo Seco (gr.)	508,19	480,37
Peso de Suelo Seco (gr.)	421,07	396,80
Peso de Agua (gr.)	8,15	5,82
% de Humedad (%)	1,94	1,47
% De Humedad Promedio (%)	1,70	

Fuente: Propia

Calicata #03

DESCRIPCIÓN	I	II
Peso de Tarro (gr.)	38,10	38,70
Peso de Tarro + Suelo Húmedo (gr.)	143,80	147,90
Peso de Tarro + Suelo Seco (gr.)	137,50	141,00
Peso de Suelo Seco (gr.)	99,40	102,30
Peso de Agua (gr.)	6,30	6,90
% de Humedad (%)	6,34	6,74
% De Humedad Promedio (%)	6,54	

Fuente: Propia

Calicata #04

DESCRIPCIÓN	I	II
Peso de Tarro (gr.)	27,60	29,63
Peso de Tarro + Suelo Húmedo (gr.)	227,60	235,64
Peso de Tarro + Suelo Seco (gr.)	222,60	229,73
Peso de Suelo Seco (gr.)	195,00	200,10
Peso de Agua (gr.)	5,00	5,91
% de Humedad (%)	2,56	2,95
% De Humedad Promedio (%)	2,76	

Fuente: Propia

Calicata #05

DESCRIPCIÓN	I	II
Peso de Tarro (gr.)	27,50	27,50
Peso de Tarro + Suelo Húmedo (gr.)	225,70	267,10
Peso de Tarro + Suelo Seco (gr.)	221,30	261,70
Peso de Suelo Seco (gr.)	193,80	234,20
Peso de Agua (gr.)	4,40	5,40
% de Humedad (%)	2,27	2,31
% De Humedad Promedio (%)	2,29	

Fuente: Propia

Calicata #06

DESCRIPCIÓN	I	II
Peso de Tarro (gr.)	35,21	40,13
Peso de Tarro + Suelo Húmedo (gr.)	4404,90	4627,61
Peso de Tarro + Suelo Seco (gr.)	3990,10	4190,38
Peso de Suelo Seco (gr.)	3954,89	4150,25
Peso de Agua (gr.)	414,80	437,23
% de Humedad (%)	10,49	10,54
% De Humedad Promedio (%)	10,51	

Fuente: Propia

Calicata #07

DESCRIPCIÓN	I	II
Peso de Tarro (gr.)	34,90	50,00
Peso de Tarro + Suelo Húmedo (gr.)	435,20	450,50
Peso de Tarro + Suelo Seco (gr.)	426,70	442,20
Peso de Suelo Seco (gr.)	391,80	392,20
Peso de Agua (gr.)	8,50	8,30
% de Humedad (%)	2,17	2,12
% De Humedad Promedio (%)	2,14	

Fuente: Propia

Calicata #08

DESCRIPCIÓN	I	II
Peso de Tarro (gr.)	6,02	28,30
Peso de Tarro + Suelo Húmedo (gr.)	179,50	177,60
Peso de Tarro + Suelo Seco (gr.)	176,90	175,30
Peso de Suelo Seco (gr.)	170,88	147,00
Peso de Agua (gr.)	2,60	2,30
% de Humedad (%)	1,52	1,56
% De Humedad Promedio (%)	1,54	

Fuente: Propia

Calicata #09

DESCRIPCIÓN	I	II
Peso de Tarro (gr.)	54,20	40,39
Peso de Tarro + Suelo Húmedo (gr.)	4459,10	4426,37
Peso de Tarro + Suelo Seco (gr.)	4044,30	4033,60
Peso de Suelo Seco (gr.)	3990,10	3993,21
Peso de Agua (gr.)	414,80	392,77
% de Humedad (%)	10,40	9,84
% De Humedad Promedio (%)	10,12	

Fuente: Propia

C. Ensayo Gravedad Especifica (NTP 339.131)

Calicata #01

DESCRIPCIÓN	M-01	
Peso Inicial Muestra (gr.)	181,39	192,09
Peso Frasco volumétrico (gr.)	153,21	172,65
Peso Frasco + Agua (gr.)	646,20	664,10
Peso Frasco + Muestra (gr.)	334,60	364,74
Peso Frasco + Muestra + Agua (gr.)	762,20	785,70
Gs	2,77	2,73
Gs promedio	2,75	

Fuente: Propia

Calicata #02

DESCRIPCIÓN	M-01	
Peso Inicial Muestra (gr.)	195,82	191,72
Peso Frasco volumétrico (gr.)	140,67	169,57
Peso Frasco + Agua (gr.)	643,71	669,78
Peso Frasco + Muestra (gr.)	336,49	361,29
Peso Frasco + Muestra + Agua (gr.)	760,18	783,20
Gs	2,47	2,45
Gs promedio	2,46	

Fuente: Propia

Calicata #03

DESCRIPCIÓN	M-01	
Peso Inicial Muestra (gr.)	198,20	192,41
Peso Frasco volumétrico (gr.)	136,59	170,19
Peso Frasco + Agua (gr.)	642,37	665,17
Peso Frasco + Muestra (gr.)	334,79	362,60
Peso Frasco + Muestra + Agua (gr.)	763,29	781,64
Gs	2,56	2,53
Gs promedio	2,55	

Fuente: Propia

Calicata #04

DESCRIPCIÓN	M-01	
Peso Inicial Muestra (gr.)	193,28	192,02
Peso Frasco volumétrico (gr.)	142,35	172,58
Peso Frasco + Agua (gr.)	643,19	663,25
Peso Frasco + Muestra (gr.)	335,63	364,60
Peso Frasco + Muestra + Agua (gr.)	762,46	783,41
Gs	2,61	2,67
Gs promedio	2,64	

Fuente: Propia

Calicata #05

DESCRIPCIÓN	M-01	
Peso Inicial Muestra (gr.)	201,00	201,75
Peso Frasco volumétrico (gr.)	140,00	165,25
Peso Frasco + Agua (gr.)	643,13	662,97
Peso Frasco + Muestra (gr.)	331,00	367,00
Peso Frasco + Muestra + Agua (gr.)	761,08	782,14
Gs	2,75	2,44
Gs promedio	2,60	

Fuente: Propia

Calicata #06

DESCRIPCIÓN	M-01	
Peso Inicial Muestra (gr.)	197,21	200,45
Peso Frasco volumétrico (gr.)	138,19	165,25
Peso Frasco + Agua (gr.)	643,13	662,97
Peso Frasco + Muestra (gr.)	335,40	365,70
Peso Frasco + Muestra + Agua (gr.)	761,08	782,14
Gs	2,49	2,47
Gs promedio	2,48	

Fuente: Propia

Calicata #07

DESCRIPCIÓN	M-01	
Peso Inicial Muestra (gr.)	178,78	188,80
Peso Frasco volumétrico (gr.)	158,47	180,39
Peso Frasco + Agua (gr.)	648,92	659,70
Peso Frasco + Muestra (gr.)	337,25	369,19
Peso Frasco + Muestra + Agua (gr.)	762,34	778,64
Gs	2,74	2,70
Gs promedio	2,72	

Fuente: Propia

Calicata #08

DESCRIPCIÓN	M-01	
Peso Inicial Muestra (gr.)	105,08	99,86
Peso Frasco volumétrico (gr.)	507,42	511,24
Peso Frasco + Agua (gr.)	658,50	657,80
Peso Frasco + Muestra (gr.)	612,50	611,10
Peso Frasco + Muestra + Agua (gr.)	725,00	721,70
Gs	2,72	2,78
Gs promedio	2,75	

Fuente: Propia

Calicata #09

DESCRIPCIÓN	M-01	
Peso Inicial Muestra (gr.)	125,94	123,23
Peso Frasco volumétrico (gr.)	487,53	498,51
Peso Frasco + Agua (gr.)	648,50	651,59
Peso Frasco + Muestra (gr.)	613,47	621,74
Peso Frasco + Muestra + Agua (gr.)	723,03	725,36
Gs	2,45	2,49
Gs promedio	2,47	

Fuente: Propia

5.2.2 Ensayo de Compactación (NTP 339.141)

5.2.2.1 Resumen del Ensayo

Se coloca una muestra de suelo con un contenido de agua seleccionado, en cinco capas, en un molde de dimensiones dadas, y cada capa se compacta con 25 o 56 golpes de un martillo de 44.5N (10lb) que se deja caer desde una distancia de 457mm (18") dándole al suelo un esfuerzo de compactación total de alrededor de 2700 kNm/m³ (56000 lbpie/pie³). Se determina el peso unitario seco resultante. El procedimiento se repite para un número suficiente de contenidos de agua para establecer una relación entre el contenido de agua para el suelo y el peso unitario seco. Al graficar estos datos resulta una relación curvilínea conocida como la curva de compactación. Los valores del contenido óptimo de agua y el peso unitario seco máximo se determinan de la curva de compactación.

5.2.2.2 Uso y Significado del Ensayo

El suelo colocado como un lleno geotécnico (en bases de carreteras, terraplenes, llenos de fundación) se compacta a un estado denso para obtener propiedades geotécnicas apropiadas como resistencia al corte, compresibilidad, permeabilidad. También los suelos de fundación son compactados frecuentemente para mejorar sus propiedades geotécnicas. Los ensayos de compactación en el laboratorio proporcionan la base para determinar el porcentaje de compactación y el contenido de agua necesarios para conseguir las propiedades geotécnicas requeridas, y para llevar el control durante la construcción que permita asegurar que se alcanzan los contenidos de agua y la compactación requerida. Durante el diseño de un lleno se requiere la preparación de muestras para ensayos de resistencia

al corte, consolidación, permeabilidad u otros ensayos compactándolos a un determinado contenido de agua y un peso unitario dado. En la práctica corriente se determina primero el contenido de agua óptimo (w_o) y el peso unitario seco máximo ($\delta_{m\acute{a}x}$) por medio de un ensayo de compactación. Las muestras para el ensayo son compactadas con un contenido de agua seleccionado (w) bien sea más húmedo o más seco que el óptimo, o el óptimo, y con un peso unitario seco seleccionado, relacionado con un porcentaje del peso unitario seco máximo. La selección del contenido de agua y el peso unitario seco máximo puede estar basado en la experiencia pasada o puede investigarse un intervalo de valores para determinar el porcentaje de compactación necesario.

5.2.2.3 Factores que afectan la compactación

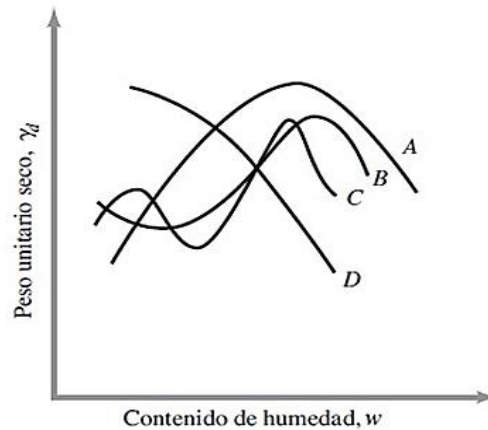
El contenido de humedad es un factor importante y tiene una gran influencia en el grado de compactación. Además de este, otros factores importantes que afectan la compactación son el tipo de suelo y esfuerzo de compactación (energía por unidad de volumen). La importancia de cada uno de estos dos factores se describe con más detalle a continuación.

a. Efecto del tipo de suelo

El tipo de suelo, es decir, la distribución de tamaño de grano, forma con los granos del suelo el peso específico de sólidos del suelo, y la cantidad y tipo de minerales de arcilla presentes tiene una gran influencia en la unidad de peso seco máxima y el contenido de humedad óptimo. Lee y Suedkamp (1972) estudiaron las curvas de compactación de 35 muestras de suelo diferentes. Se observaron cuatro tipos diferentes de curvas de compactación. Estas curvas se muestran en la Figura N°10.

Las curvas de compactación tipo A son las que tienen un solo pico.

Figura N°10: Curvas de compactación



Fuente: Propia

Este tipo de curva se encuentra generalmente en los suelos que tienen un límite líquido entre 30 y 70. El tipo de curva B es con un pico y medio, y el tipo de curva C es una curva de doble pico. Las curvas de compactación de los tipos B y C se pueden encontrar en los suelos que tienen un límite líquido inferior a aproximadamente 30. Las curvas de compactación de tipo D son las que no tienen un pico definido. Se denominan de forma extraña. Los suelos con un límite líquido mayor que aproximadamente 70 pueden exhibir curvas de compactación de suelos C o D.

Los suelos que producen curvas tipos C y D no son muy comunes.

b. Efectos del esfuerzo de compactación

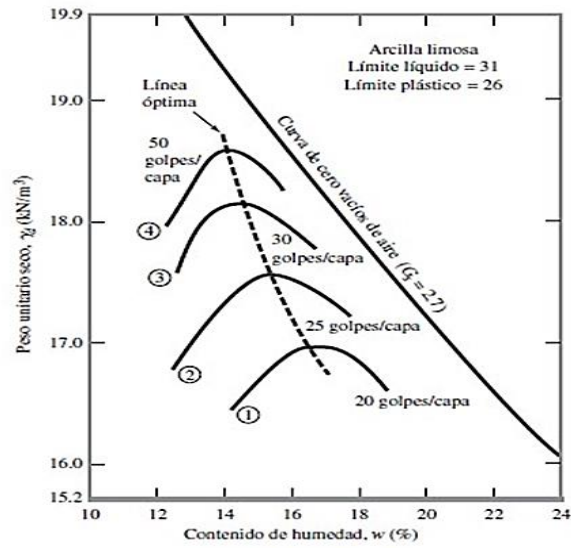
Si se cambia el esfuerzo de compactación por unidad de volumen de suelo, la curva de peso unitario húmedo también cambiara. Esto se puede demostrar con la ayuda de la Figura N°11. La energía de compactación utilizada por unidad de volumen de suelo para cada curva se puede obtener del siguiente cuadro.

Tabla N°09: Esfuerzo de compactación por # golpes/capa

Curva en la Figura N° 11	Número de golpes/capa	Energía de compactación /kN-m/m3)
1	20	473
2	25	591.3
3	30	709.6
4	50	1182.6

Fuente: Propia

Figura N°11: Curvas para golpes por capa



Fuente: Propia

5.2.2.4 Ensayo de Compactación Para la Base Granular

ENSAYO DE COMPACTACIÓN
N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

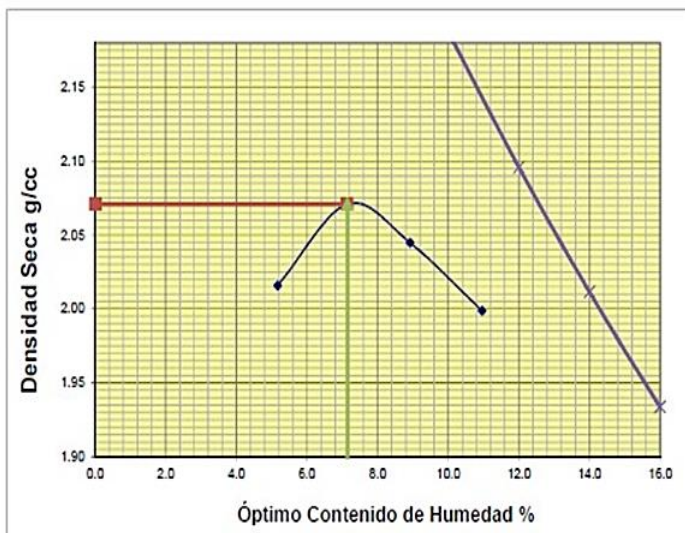
BACHILLERES: Bch. Espinola Villanueva Amado Teofilo.
Bch. Gavidia Samame Jhony Ricardo.

PROCEDENCIA	: Distrito el Porvenir.
CALICATA	: N° 01
MATERIAL	: Afirmado
PROFUND.	: 0.00 - 0.30 m

B. DATOS TÉCNICOS

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	7267.60		7477.90		7495.40		7475.30	
Peso del Molde (g)	2764.90		2764.90		2764.90		2764.90	
Peso Suelo Húmedo (g)	4502.70		4713.00		4730.50		4710.40	
Volúmen del molde (cc)	2124.00		2124.00		2124.00		2124.00	
Densidad Suelo humedo (g/cc)	2.120		2.219		2.227		2.218	

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H ₂ O agregada	5%		7.0%		9%		11.0%	
Peso Tarro +Suelo humedo (g)	162.40	155.60	123.90	140.60	137.90	149.90	112.70	128.20
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	157.10	151.20	118.60	135.40	131.10	141.70	108.00	120.60
Peso Tarro (g)	52.70	67.50	44.20	62.80	56.10	48.30	64.90	51.60
Peso del agua	5.30	4.40	5.30	5.20	6.80	8.20	4.70	7.60
Peso de suelo seco	104.40	83.70	74.40	72.60	75.00	93.40	43.10	69.00
Humedad (%)	5.1	5.3	7.1	7.2	9.1	8.8	10.9	11.0
Humedad promedio (%)	5.167		7.143		8.923		10.960	
Densidad Seca (g/cc)	2.016		2.071		2.045		1.999	



METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm³)	2.07
OCH (%)	7.14

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	2764.9
VOLUMEN(cc):	2124.0

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

BACHILLERES:

Bch. Espinola Villanueva Amado Teofilo.

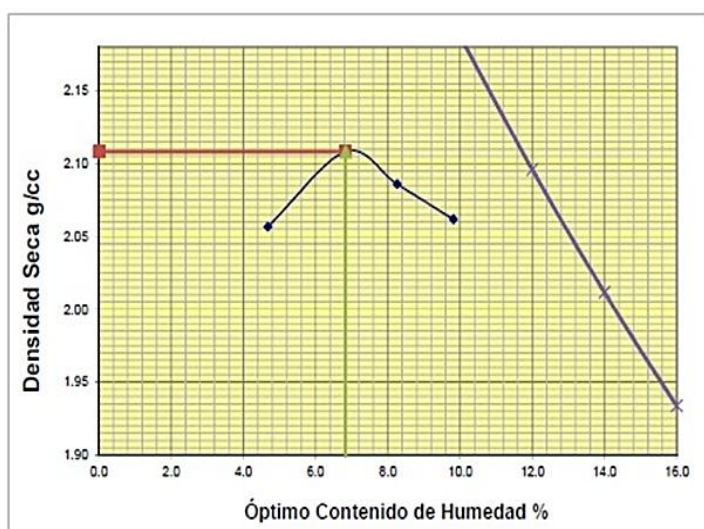
Bch. Gavidia Samame Jhony Ricardo.

PROCEDENCIA	:	Distrito el Porvenir.
CALICATA	:	Nº 02
MATERIAL	:	Afirmado
PROFUND.	:	0.00 - 0.30 m

B. DATOS TÉCNICOS

Nº DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	7337.20		7548.50		7561.20		7573.80	
Peso del Molde (g)	2764.90		2764.90		2764.90		2764.90	
Peso Suelo Húmedo (g)	4572.30		4783.60		4796.30		4808.90	
Volúmen del molde (cc)	2124.00		2124.00		2124.00		2124.00	
Densidad Suelo humedo (g/cc)	2.153		2.252		2.258		2.264	

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H ₂ O agregada	4.5%		6.5%		8.5%		10.5%	
Peso Tarro +Suelo humedo (g)	163.50	156.10	124.20	141.70	138.00	150.20	113.30	129.80
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	158.20	152.40	119.30	136.40	132.00	142.30	109.50	122.10
Peso Tarro (g)	53.00	66.50	44.10	62.20	57.20	49.30	65.00	52.70
Peso del agua	5.30	3.70	4.90	5.30	6.00	7.90	3.80	7.70
Peso de suelo seco	105.20	85.90	75.20	74.20	74.80	93.00	44.50	69.40
Humedad (%)	5.0	4.3	6.5	7.1	8.0	8.5	8.5	11.1
Humedad promedio (%)	4.673		6.829		8.258		9.817	
Densidad Seca (g/cc)	2.057		2.108		2.086		2.062	



METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm³)	2.11
OCH (%)	6.83

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	1
PESO(g):	2764.9
VOLUMEN(cc):	2124.0

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

BACHILLERES:

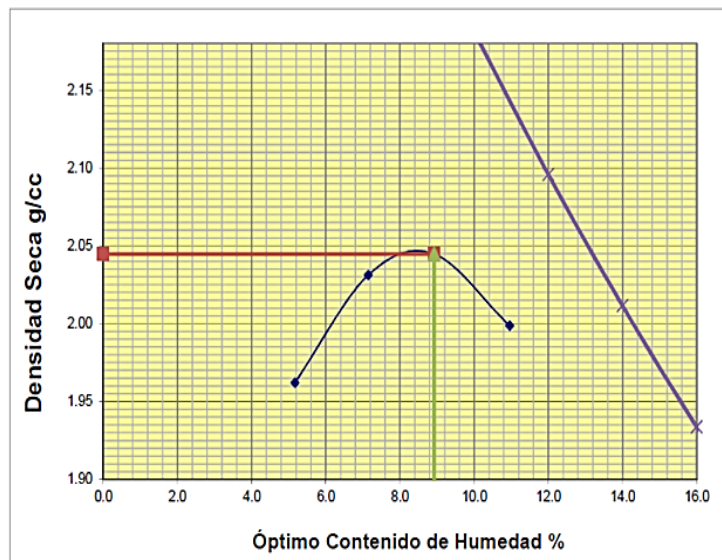
Bch. Espinola Villanueva Amado Teofilo.

Bch. Gavidia Samame Jhony Ricardo.

PROCEDENCIA	: Distrito el Porvenir.
CALICATA	: N° 03
MATERIAL	: Afirmado
PROFUND.	: 0.00 - 0.30 m

B. DATOS TÉCNICOS

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	7147.60		7387.20		7495.40		7475.30	
Peso del Molde (g)	2764.90		2764.90		2764.90		2764.90	
Peso Suelo Húmedo (g)	4382.70		4622.30		4730.50		4710.40	
Volúmen del molde (cc)	2124.00		2124.00		2124.00		2124.00	
Densidad Suelo humedo (g/cc)	2.063		2.176		2.227		2.218	
Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H ₂ O agregada	5%		7%		9%		11%	
Peso Tarro +Suelo humedo (g)	162.40	155.60	123.90	140.60	137.90	149.90	112.70	128.20
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	157.10	151.20	118.60	135.40	131.10	141.70	108.00	120.60
Peso Tarro (g)	52.70	67.50	44.20	62.80	56.10	48.30	64.90	51.60
Peso del agua	5.30	4.40	5.30	5.20	6.80	8.20	4.70	7.60
Peso de suelo seco	104.40	83.70	74.40	72.60	75.00	93.40	43.10	69.00
Humedad (%)	5.1	5.3	7.1	7.2	9.1	8.8	10.9	11.0
Humedad promedio (%)	5.167		7.143		8.923		10.960	
Densidad Seca (g/cc)	1.962		2.031		2.045		1.999	



METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm³)	2.07
OCH (%)	7.14

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	2764.9
VOLUMEN(cc):	2124.0

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

BACHILLERES:

Bch. Espinola Villanueva Amado Teofilo.

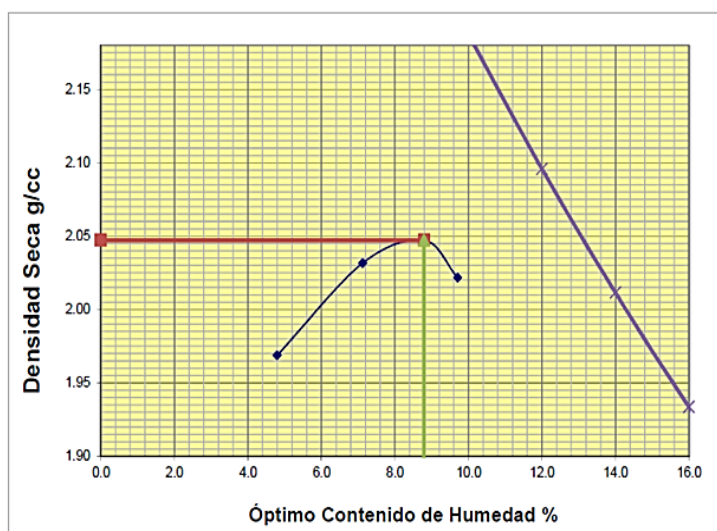
Bch. Gavidia Samame Jhony Ricardo.

PROCEDENCIA	: Distrito el Porvenir.
CALICATA	: N° 04
MATERIAL	: Afirmado
PROFUND.	: 0.00 - 0.30 m

B. DATOS TÉCNICOS

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	7147.10		7387.40		7495.30		7475.80	
Peso del Molde (g)	2764.90		2764.90		2764.90		2764.90	
Peso Suelo Húmedo (g)	4382.20		4622.50		4730.40		4710.90	
Volúmen del molde (cc)	2124.00		2124.00		2124.00		2124.00	
Densidad Suelo humedo (g/cc)	2.063		2.176		2.227		2.218	

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H ₂ O agregada	4%		6%		8%		10%	
Peso Tarro +Suelo humedo (g)	161.50	154.80	122.10	141.10	137.40	148.30	111.90	127.40
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	156.80	150.50	117.80	134.90	130.30	140.70	108.30	119.60
Peso Tarro (g)	51.70	66.50	43.20	61.80	55.10	47.30	63.90	50.60
Peso del agua	4.70	4.30	4.30	6.20	7.10	7.60	3.60	7.80
Peso de suelo seco	105.10	84.00	74.60	73.10	75.20	93.40	44.40	69.00
Humedad (%)	4.5	5.1	5.8	8.5	9.4	8.1	8.1	11.3
Humedad promedio (%)	4.795		7.123		8.789		9.706	
Densidad Seca (g/cc)	1.969		2.032		2.047		2.022	



METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm³)	2.05
OCH (%)	8.79

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	2764.9
VOLUMEN(cc):	2124.0

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

BACHILLERES:

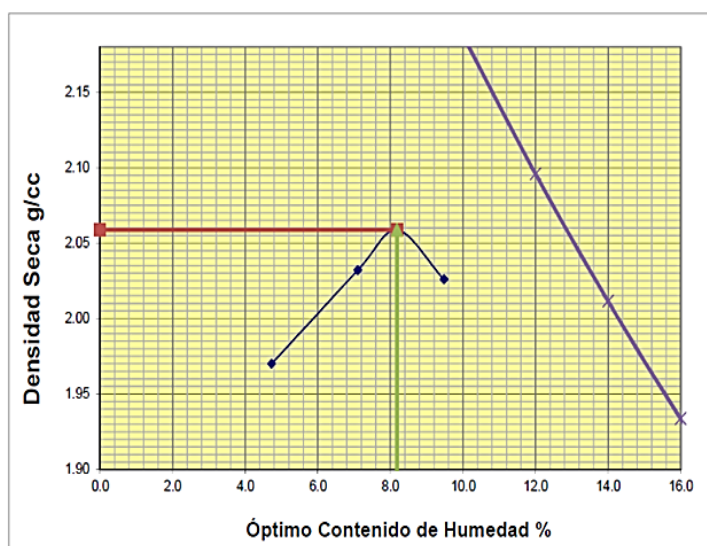
Bch. Espinola Villanueva Amado Teofilo.

Bch. Gavidia Samame Jhony Ricardo.

PROCEDENCIA	:	Distrito el Porvenir.
CALICATA	:	N° 05
MATERIAL	:	Afirmado
PROFUND.	:	0.00 - 0.30 m

B. DATOS TÉCNICOS

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	7147.10		7387.40		7495.30		7475.80	
Peso del Molde (g)	2764.90		2764.90		2764.90		2764.90	
Peso Suelo Húmedo (g)	4382.20		4622.50		4730.40		4710.90	
Volúmen del molde (cc)	2124.00		2124.00		2124.00		2124.00	
Densidad Suelo húmedo (g/cc)	2.063		2.176		2.227		2.218	
Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H ₂ O agregada	3.5%		5.5%		7.5%		9.5%	
Peso Tarro +Suelo húmedo (g)	163.50	156.80	123.10	143.10	139.40	149.30	113.90	129.40
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	158.80	152.50	119.80	135.90	132.30	142.70	110.30	121.60
Peso Tarro (g)	52.10	67.40	44.70	62.50	56.30	48.70	64.60	51.20
Peso del agua	4.70	4.30	3.30	7.20	7.10	6.60	3.60	7.80
Peso de suelo seco	106.70	85.10	75.10	73.40	76.00	94.00	45.70	70.40
Humedad (%)	4.4	5.1	4.4	9.8	9.3	7.0	7.9	11.1
Humedad promedio (%)	4.729		7.102		8.182		9.479	
Densidad Seca (g/cc)	1.970		2.032		2.059		2.026	



METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm³)	2.06
OCH (%)	8.18

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	2764.9
VOLUMEN(cc):	2124.0

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

BACHILLERES:

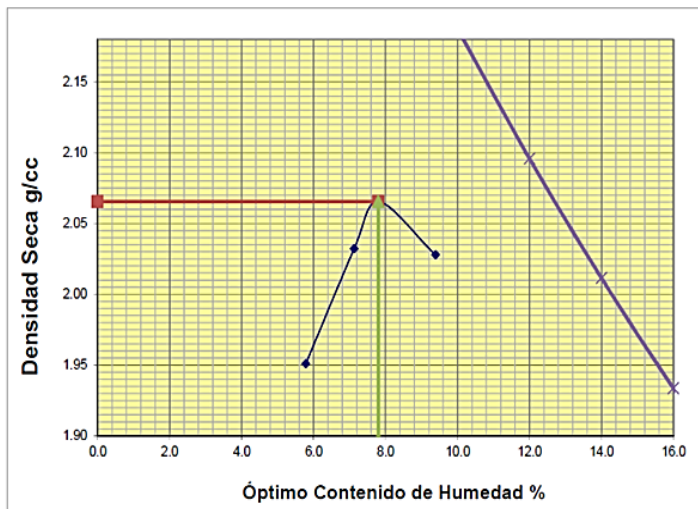
Bch. Espinola Villanueva Amado Teofilo.

Bch. Gavidia Samame Jhony Ricardo.

PROCEDENCIA : Distrito el Porvenir.
CALICATA : N° 06
MATERIAL : Afirmado
PROFUND. : 0.00 - 0.30 m

B. DATOS TÉCNICOS

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	7148.20		7388.70		7494.10		7476.40	
Peso del Molde (g)	2764.90		2764.90		2764.90		2764.90	
Peso Suelo Húmedo (g)	4383.30		4623.80		4729.20		4711.50	
Volúmen del molde (cc)	2124.00		2124.00		2124.00		2124.00	
Densidad Suelo humedo (g/cc)	2.064		2.177		2.227		2.218	
Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H ₂ O agregada	5.0%		7.0%		9.0%		11.0%	
Peso Tarro +Suelo humedo (g)	164.70	157.60	124.00	145.30	140.90	150.30	114.90	130.40
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	157.20	153.90	119.80	138.80	134.30	143.70	111.30	122.70
Peso Tarro (g)	53.70	68.20	45.70	63.10	57.40	49.60	65.00	52.70
Peso del agua	7.50	3.70	4.20	6.50	6.60	6.60	3.60	7.70
Peso de suelo seco	103.50	85.70	74.10	75.70	76.90	94.10	46.30	70.00
Humedad (%)	7.2	4.3	5.7	8.6	8.6	7.0	7.8	11.0
Humedad promedio (%)	5.782		7.127		7.798		9.388	
Densidad Seca (g/cc)	1.951		2.032		2.065		2.028	



METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm³)	2.07
OCH (%)	7.79

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	2764.9
VOLUMEN(cc):	2124.0

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

BACHILLERES:

Bch. Espinola Villanueva Amado Teofilo.

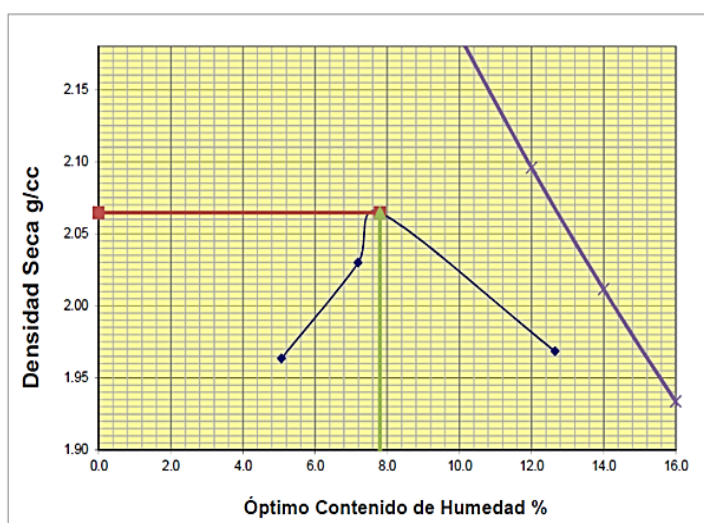
Bch. Gavidia Samame jhony Ricardo.

PROCEDENCIA	: Distrito el Porvenir.
CALICATA	: N° 07
MATERIAL	: Afirmado
PROFUND.	: 0.00 - 0.30 m

B. DATOS TÉCNICOS

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	7146.70		7386.40		7492.00		7474.90	
Peso del Molde (g)	2764.90		2764.90		2764.90		2764.90	
Peso Suelo Húmedo (g)	4381.80		4621.50		4727.10		4710.00	
Volúmen del molde (cc)	2124.00		2124.00		2124.00		2124.00	
Densidad Suelo húmedo (g/cc)	2.063		2.176		2.226		2.218	

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H ₂ O agregada	5.0%		7.0%		9.0%		11.0%	
Peso Tarro +Suelo húmedo (g)	161.70	159.60	129.10	142.30	140.40	151.70	115.30	131.80
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	158.20	153.90	121.80	138.80	134.10	144.80	111.40	120.70
Peso Tarro (g)	54.70	69.50	46.20	64.80	58.10	50.30	66.90	53.60
Peso del agua	3.50	5.70	7.30	3.50	6.30	6.90	3.90	11.10
Peso de suelo seco	103.50	84.40	75.60	74.00	76.00	94.50	44.50	67.10
Humedad (%)	3.4	6.8	9.7	4.7	8.3	7.3	8.8	16.5
Humedad promedio (%)	5.068		7.193		7.796		12.653	
Densidad Seca (g/cc)	1.963		2.030		2.065		1.968	



METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm ³)	2.07
OCH (%)	7.80

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	2764.9
VOLUMEN(cc):	2124.0

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

BACHILLERES:

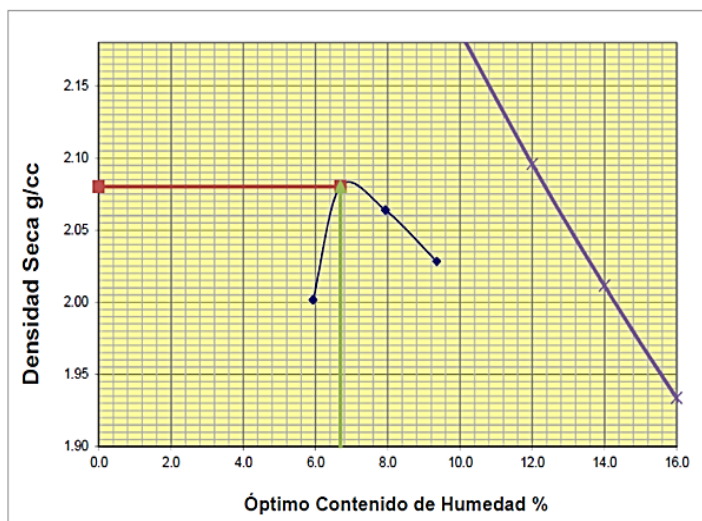
Bch. Espinola Villanueva Amado Teofilo.

Bch. Gavidia Samame jhony Ricardo.

PROCEDENCIA	: Distrito el Porvenir.
CALICATA	: N° 08
MATERIAL	: Afirmado
PROFUND.	: 0.00 - 0.30 m

B. DATOS TÉCNICOS

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	7268.60		7478.90		7496.40		7476.30	
Peso del Molde (g)	2764.90		2764.90		2764.90		2764.90	
Peso Suelo Húmedo (g)	4503.70		4714.00		4731.50		4711.40	
Volúmen del molde (cc)	2124.00		2124.00		2124.00		2124.00	
Densidad Suelo húmedo (g/cc)	2.120		2.219		2.228		2.218	
Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H ₂ O agregada	5%		7.0%		9%		11.0%	
Peso Tarro +Suelo húmedo (g)	161.40	155.60	122.90	139.60	136.90	148.90	111.70	127.20
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	156.10	150.20	117.60	135.40	131.10	141.70	108.00	120.60
Peso Tarro (g)	54.30	69.10	46.80	64.20	58.30	50.60	66.70	53.00
Peso del agua	5.30	5.40	5.30	4.20	5.80	7.20	3.70	6.60
Peso de suelo seco	101.80	81.10	70.80	71.20	72.80	91.10	41.30	67.60
Humedad (%)	5.2	6.7	7.5	5.9	8.0	7.9	9.0	9.8
Humedad promedio (%)	5.932		6.692		7.935		9.361	
Densidad Seca (g/cc)	2.002		2.080		2.064		2.028	



METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm ³)	2.08
OCH (%)	6.69

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	2764.9
VOLUMEN(cc):	2124.0

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

BACHILLERES:

Bch. Espinola Villanueva Amado Teofilo.

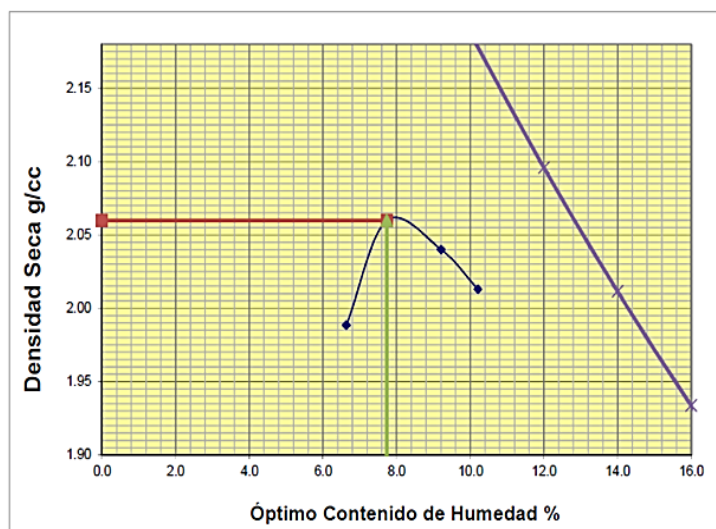
Bch. Gavidia Samame Jhony Ricardo.

PROCEDENCIA	:	Distrito el Porvenir.
CALICATA	:	N° 09
MATERIAL	:	Afirmado
PROFUND.	:	0.00 - 0.30 m

B. DATOS TÉCNICOS

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	7268.70		7478.30		7496.90		7476.80	
Peso del Molde (g)	2764.90		2764.90		2764.90		2764.90	
Peso Suelo Húmedo (g)	4503.80		4713.40		4732.00		4711.90	
Volúmen del molde (cc)	2124.00		2124.00		2124.00		2124.00	
Densidad Suelo humedo (g/cc)	2.120		2.219		2.228		2.218	

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H ₂ O agregada	5%		7.0%		9%		11.0%	
Peso Tarro +Suelo humedo (g)	162.50	156.70	124.50	140.60	137.90	149.50	112.70	128.20
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	157.30	150.10	118.60	135.40	130.50	142.10	108.20	121.60
Peso Tarro (g)	54.80	69.60	46.30	64.20	58.70	50.90	66.30	53.40
Peso del agua	5.20	6.60	5.90	5.20	7.40	7.40	4.50	6.60
Peso de suelo seco	102.50	80.50	72.30	71.20	71.80	91.20	41.90	68.20
Humedad (%)	5.1	8.2	8.2	7.3	10.3	8.1	10.7	9.7
Humedad promedio (%)	6.636		7.732		9.210		10.209	
Densidad Seca (g/cc)	1.988		2.060		2.040		2.013	



METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm ³)	2.06
OCH (%)	7.73

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	2764.9
VOLUMEN(cc):	2124.0

5.2.3 Determinación del CBR en Laboratorio

El CBR es un ensayo para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala. Los valores de CBR cercanos a 0% representan a suelos de pobre calidad, mientras que los más cercanos a 100% son indicativos de la mejor calidad. Y sí, es posible obtener registros de CBR mayores que 100%, típicamente en suelos ensayados en condición «en seco» o «tal como se compactó».

Según la norma ASTM D 1883-07, el CBR es un ensayo de carga que usa un pistón metálico, de 0.5 pulgadas cuadradas de área, para penetrar desde la superficie de un suelo compactado en un molde metálico a una velocidad constante de penetración. Se define CBR, el parámetro del ensayo, como la relación entre la carga unitaria en el pistón requerida para penetrar 0.1" (2.5 cm) y 0.2" (5 cm) en el suelo ensayado, y la carga unitaria requerida para penetrar la misma cantidad en una piedra picada bien gradada estándar; esta relación se expresa en porcentaje.

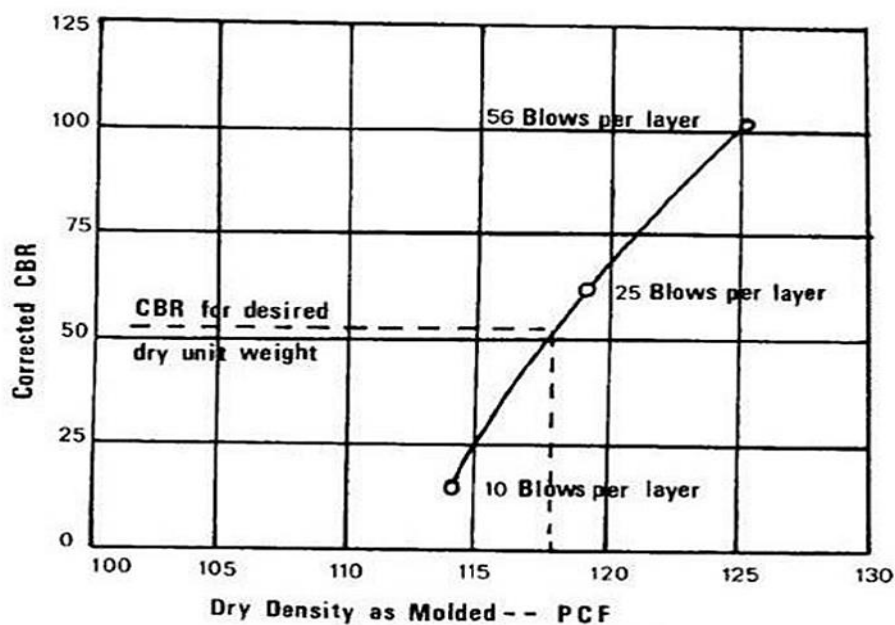
Bien, por cada espécimen de suelo se calculan dos valores de CBR, uno a 0.1" de penetración, y el otro a 0.2" de penetración. ¿Cuál de los dos es el CBR que se reporta? ASTM dice que el que se reporta es el de 0.1" mientras este sea menor que el de 0.2". En el caso en el que el valor de CBR para 0.1" fuera mayor que el de 0.2" habría que repetir el ensayo para ese espécimen.

Variantes del Ensayo de Laboratorio

Según ASTM, para la versión de laboratorio del ensayo CBR existen dos variantes, una llamada «CBR para humedad óptima», y la otra llamada «CBR para un rango de contenidos de agua».

El CBR para humedad óptima es la variante más popular y la que será usada en la presente investigación, conocida también como «CBR de tres puntos». Consiste en elaborar tres especímenes compactando el suelo con energías de compactación de 12, 25 y 56 golpes por capa. La humedad de mezclado del suelo es la humedad óptima del Próctor Modificado. Para obtener el CBR del suelo se prepara una gráfica con los resultados del ensayo de los tres especímenes poniendo en las abscisas al grado de compactación o la densidad y en las ordenadas al valor de CBR, y se unen los puntos a través de una curva. El CBR del suelo se define como el intercepto correspondiente al grado mínimo de compactación establecido por la especificación del proyecto o agencia solicitante. Aunque ASTM explica que esta variante está destinada a suelos que no son susceptibles al humedecimiento (por ejemplo, suelos granulares limpios), es práctica común utilizarla para todo tipo de suelos (corriendo el riesgo de no evaluar la influencia de la humedad en un suelo susceptible a la humedad).

Figura N°12: Densidad Seca vs CBR



Fuente: Propia

Tabla N°10: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #01)

Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12556.00		12561.00		12149.00	
Peso de molde (g)	7928.00		8096.00		7910.00	
Peso del suelo húmedo (g)	4628.00		4465.00		4239.00	
Volumen del molde (cm ³)	2087.00		2084.00		2096.00	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.218		2.143		2.022	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	78.07		93.10		120.10	
Peso suelo seco + tara (g)	74.56		88.94		113.62	
Peso de tara (g)	25.58		30.67		22.92	
Peso de agua (g)	3.51		4.16		6.48	
Peso de suelo seco (g)	48.98		58.27		90.70	
Contenido de humedad (%)	7.17		7.14		7.14	
Densidad seca (g/cm ³)	2.069		2.000		1.888	

Fuente: Propia

Tabla N°11: Propiedades de Expansión y Penetración

a. EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
28/04/2017	-	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
28/04/2017	-	24	10.0	0.025	0.02	13.0	0.033	0.03	16.0	0.041	0.04
28/04/2017	-	48	12.0	0.030	0.03	17.0	0.043	0.04	20.0	0.051	0.04
28/04/2017	-	72	13.0	0.033	0.03	19.0	0.048	0.04	24.0	0.061	0.05
28/04/2017	-	92	16.0	0.041	0.04	20.0	0.051	0.04	26.0	0.066	0.06

Fuente: Propia

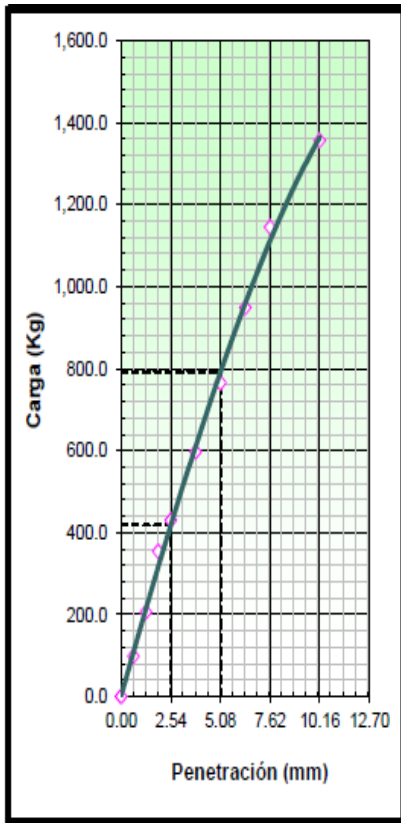
b. PENETRACIÓN

PENETRACION	CARGA	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2				MOLDE N° 3					
	STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION			
mm	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		182.0	182.0			143.0	143.0			99.0	99.0		
1.270		367.0	367.0			299.0	299.0			206.0	206.0		
1.905		552.0	552.0			435.0	435.0			354.0	354.0		
2.540	70.5	740.0	740.0	691.5	48.6	591.0	591.0	560.9	39.4	430.0	430.0	418.0	29.4
3.810		930.0	930.0			822.0	822.0			597.0	597.0		
5.080	105.7	1114.0	1114.0	1179.2	55.3	970.0	970.0	1055.9	49.5	765.0	765.0	791.9	37.1
6.350		1480.0	1480.0			1291.0	1291.0			949.0	949.0		
7.620		1632.0	1632.0			1429.0	1429.0			1145.0	1145.0		
10.160		1767.0	1767.0			1505.0	1505.0			1357.0	1357.0		

Fuente: Propia

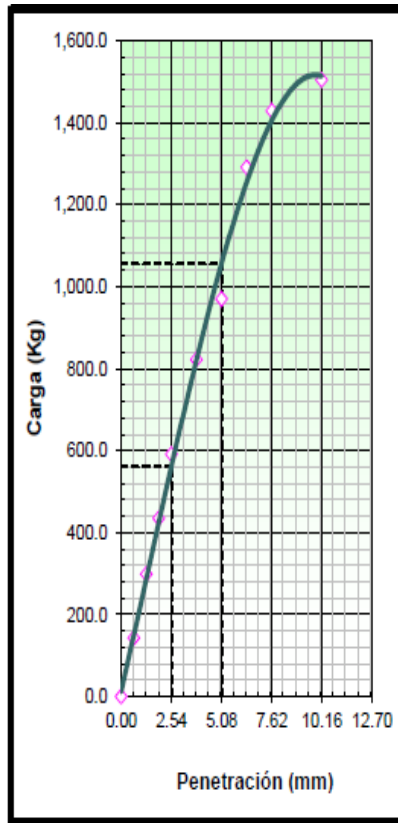
Gráfica de Carga (Kg) vs Penetración (mm)

Figura N°13: C vs P 56, 25 y 12 golpes



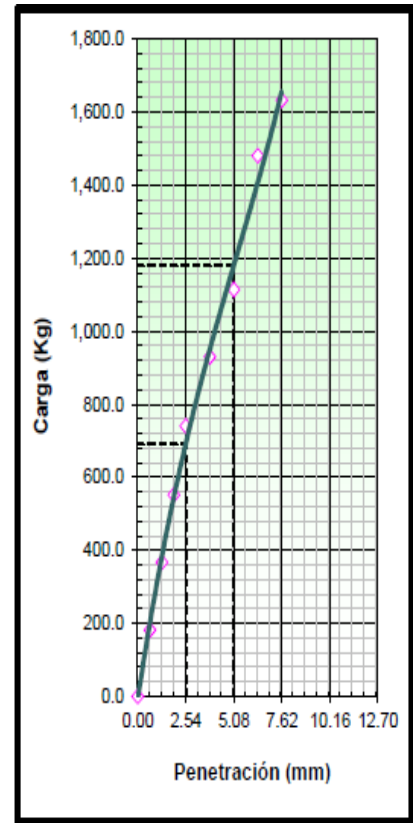
EC = 56 GOLPES

CBR (0.1")	48.6%
CBR (0.2")	55.3%



EC = 25 GOLPES

CBR (0.1")	39.4%
CBR (0.2")	49.5%



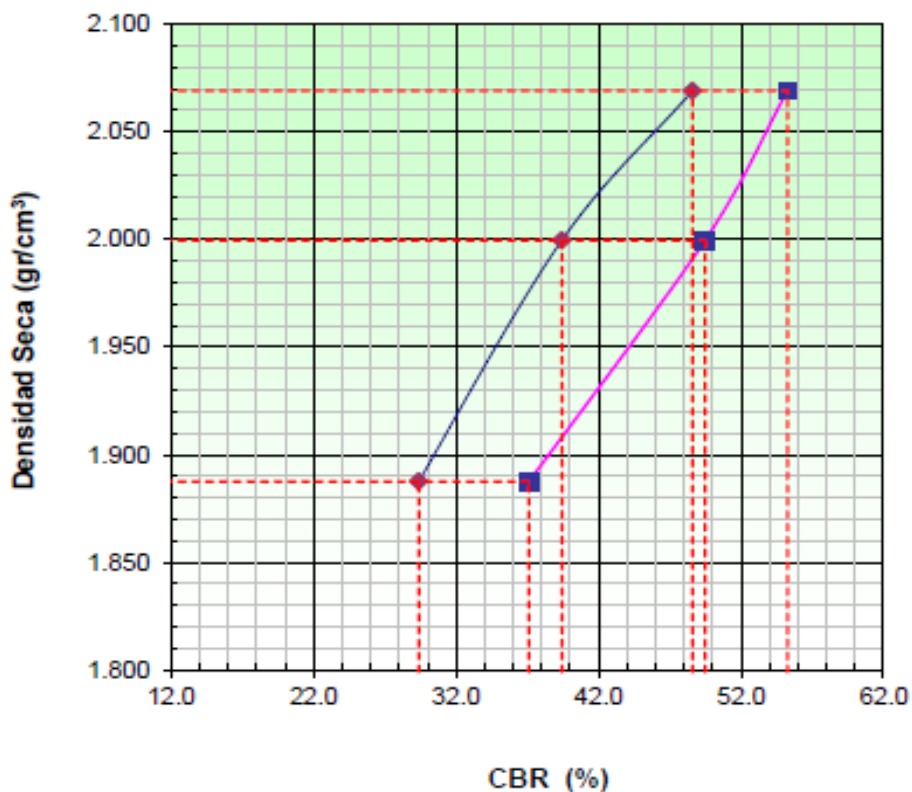
EC = 12 GOLPES

CBR (0.1")	29.4%
CBR (0.2")	37.1%

Fuente: Propia

CBR Gráfico

Figura N°14: Densidad Seca vs CBR



Fuente: Propia

Máxima densidad seca (g/cm3) : 2.069

95% máxima densidad seca (g/cm3) : 1.966

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	48.6	0.2"	: 55.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	35.8	0.2"	: 46.1

RESULTADOS CBR a 1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 36 (%)

El valor de CBR a 1" para la Muestra N° 01 a un 95% de M.D.S. es de **36%**

Tabla N°12: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #02)

Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12564.00		12569.00		12152.00	
Peso de molde (g)	7914.00		8093.00		7904.00	
Peso del suelo húmedo (g)	4650.00		4476.00		4248.00	
Volumen del molde (cm ³)	2074.00		2068.00		2078.00	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.242		2.164		2.044	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	81.14		96.04		100.79	
Peso suelo seco + tara (g)	78.46		92.06		95.73	
Peso de tara (g)	36.74		38.22		38.17	
Peso de agua (g)	2.68		3.98		5.06	
Peso de suelo seco (g)	41.72		53.84		57.56	
Contenido de humedad (%)	6.42		7.39		8.79	
Densidad seca (g/cm ³)	2.107		2.015		1.879	

Fuente: Propia

Tabla N°13: Propiedades de Expansión y Penetración

a. EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
28/04/2017	-	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.	0.0	0.000	0.
28/04/2017	-	24	10.0	0.025	0.02	13.0	0.033	0.03	16.0	0.041	0.04
28/04/2017	-	48	12.0	0.030	0.03	17.0	0.043	0.04	20.0	0.051	0.04
28/04/2017	-	72	13.0	0.033	0.03	19.0	0.048	0.04	24.0	0.061	0.05
28/04/2017	-	92	16.0	0.041	0.04	20.0	0.051	0.04	26.0	0.066	0.06

Fuente: Propia

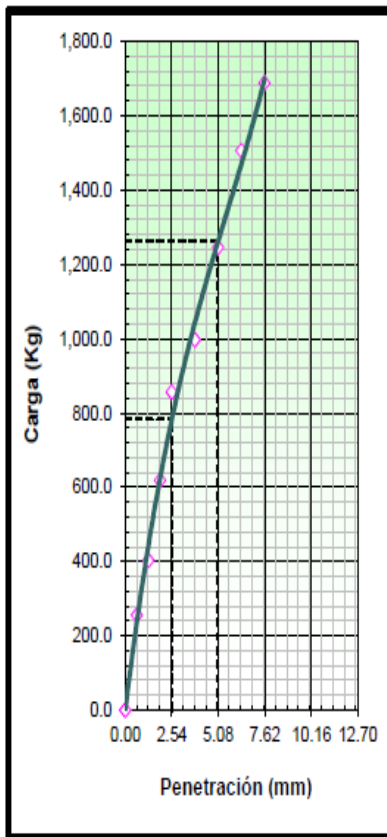
b. PENETRACIÓN

PENETRACION	CARGA	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2					MOLDE N° 3				
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA		CORRECCION			CARGA		CORRECCION		
mm	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.0		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0			
0.635		256.0	256.0			198.0	198.0			157.0	157.0			
1.270		403.0	403.0			368.0	368.0			339.0	339.0			
1.905		619.0	619.0			501.0	501.0			457.0	457.0			
2.540	70.5	856.0	856.0	782.3	55.0	694.0	694.0	635.7	44.7	516.0	516.0	521.3	36.6	
3.810		997.0	997.0			879.0	879.0			691.0	691.0			
5.080	105.7	1246.0	1246.0	1262.8	59.2	1008.0	1008.0	1126.0	52.8	819.0	819.0	882.0	41.3	
6.350		1506.0	1506.0			1363.0	1363.0			1037.0	1037.0			
7.620		1688.0	1688.0			1536.0	1536.0			1225.0	1225.0			
10.160		1805.0	1805.0			1679.0	1679.0			1433.0	1433.0			

Fuente: Propia

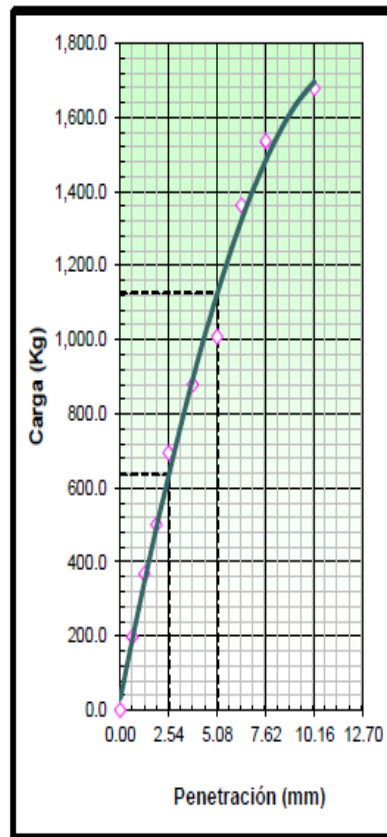
Gráfica de Carga (Kg) vs Penetración (mm)

Figura N°15: C vs P 56, 25 y 12 golpes



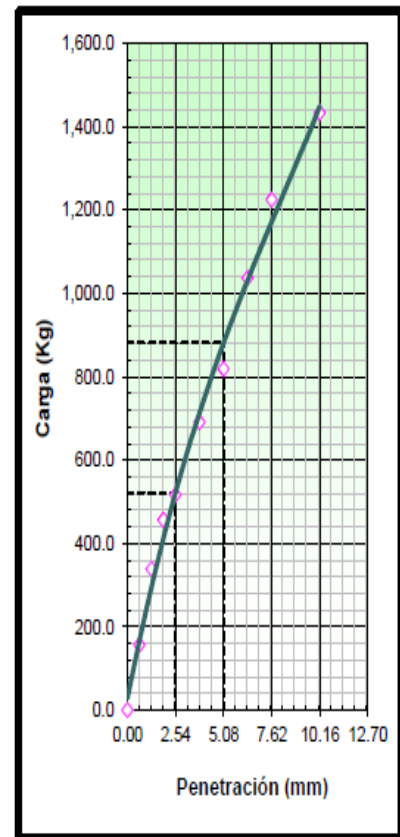
EC = 56 GOLPES

CBR (0.1")	55.0%
CBR (0.2")	59.2%



EC = 25 GOLPES

CBR (0.1")	44.7%
CBR (0.2")	52.8%



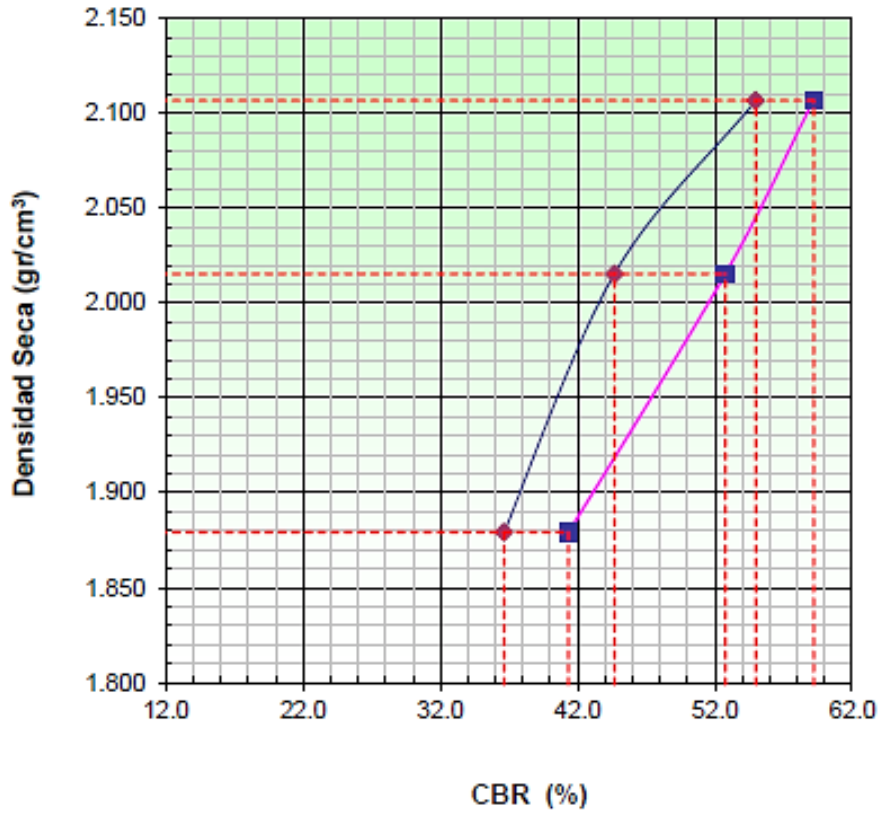
EC = 12 GOLPES

CBR (0.1")	38.8%
CBR (0.2")	41.3%

Fuente: Propia

CBR Gráfico

Figura N°16: Densidad Seca vs CBR



Fuente: Propia

Máxima densidad seca (g/cm³) : 2.107

95% máxima densidad seca (g/cm³) : 2.002

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	55.0	0.2"	: 59.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	43.5	0.2"	: 51.7

RESULTADOS CBR a 1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 44.0 (%)

El valor de CBR a 1" para la Muestra N° 02 a un 95% de M.D.S. es de **44%**

Tabla N°14: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #03)

Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12554.00		12559.00		12147.00	
Peso de molde (g)	7926.00		8093.00		7909.00	
Peso del suelo húmedo (g)	4628.00		4466.00		4238.00	
Volumen del molde (cm ³)	2087.00		2081.00		2094.00	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.218		2.146		2.024	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	79.17		94.10		120.84	
Peso suelo seco + tara (g)	75.61		89.84		114.13	
Peso de tara (g)	26.41		32.52		23.41	
Peso de agua (g)	3.56		4.26		6.71	
Peso de suelo seco (g)	49.20		57.32		90.72	
Contenido de humedad (%)	7.24		7.43		7.40	
Densidad seca (g/cm ³)	2.068		1.998		1.884	

Fuente: Propia

Tabla N°15: Propiedades de Expansión y Penetración

a. EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
28/04/2017	-	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
28/04/2017	-	24	10.0	0.025	0.02	13.0	0.033	0.03	16.0	0.041	0.04
28/04/2017	-	48	12.0	0.030	0.03	17.0	0.043	0.04	20.0	0.051	0.04
28/04/2017	-	72	13.0	0.033	0.03	19.0	0.048	0.04	24.0	0.061	0.05
28/04/2017	-	92	16.0	0.041	0.04	20.0	0.051	0.04	26.0	0.066	0.06

Fuente: Propia

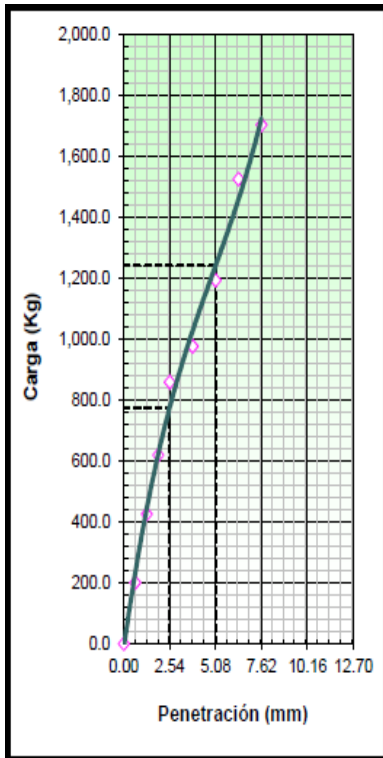
b. PENETRACIÓN

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		201.0	201.0			263.0	263.0			164.0	164.0		
1.270		426.0	426.0			359.0	359.0			352.0	352.0		
1.905		619.0	619.0			506.0	506.0			439.0	439.0		
2.540	70.5	859.0	859.0	775.0	54.5	658.0	658.0	638.4	44.9	543.0	543.0	520.7	36.6
3.810		977.0	977.0			903.0	903.0			629.0	629.0		
5.080	105.7	1193.0	1193.0	1240.4	58.1	1004.0	1004.0	1118.4	52.4	864.0	864.0	876.1	41.1
6.350		1525.0	1525.0			1362.0	1362.0			1037.0	1037.0		
7.620		1703.0	1703.0			1492.0	1492.0			1208.0	1208.0		
10.160		1831.0	1831.0			1623.0	1623.0			1477.0	1477.0		

Fuente: Propia

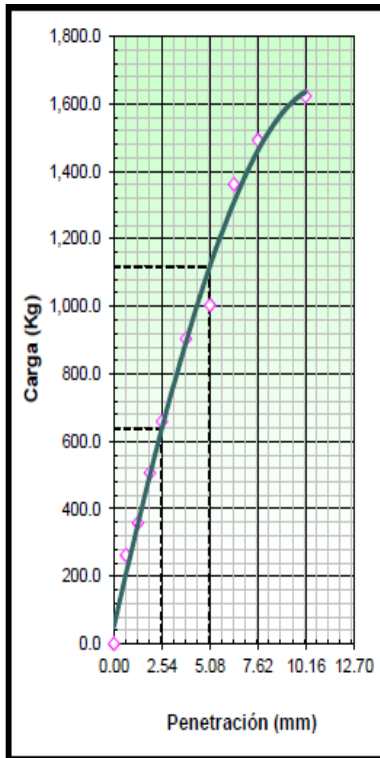
Gráfica de Carga (Kg) vs Penetración (mm)

Figura N°17: C vs P 56, 25 y 12 golpes



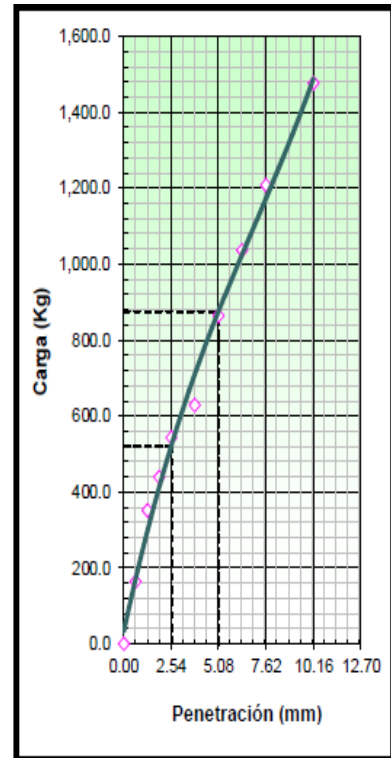
EC = 56 GOLPES

CBR (0.1")	54.5%
CBR (0.2")	58.1%



EC = 25 GOLPES

CBR (0.1")	44.9%
CBR (0.2")	52.4%



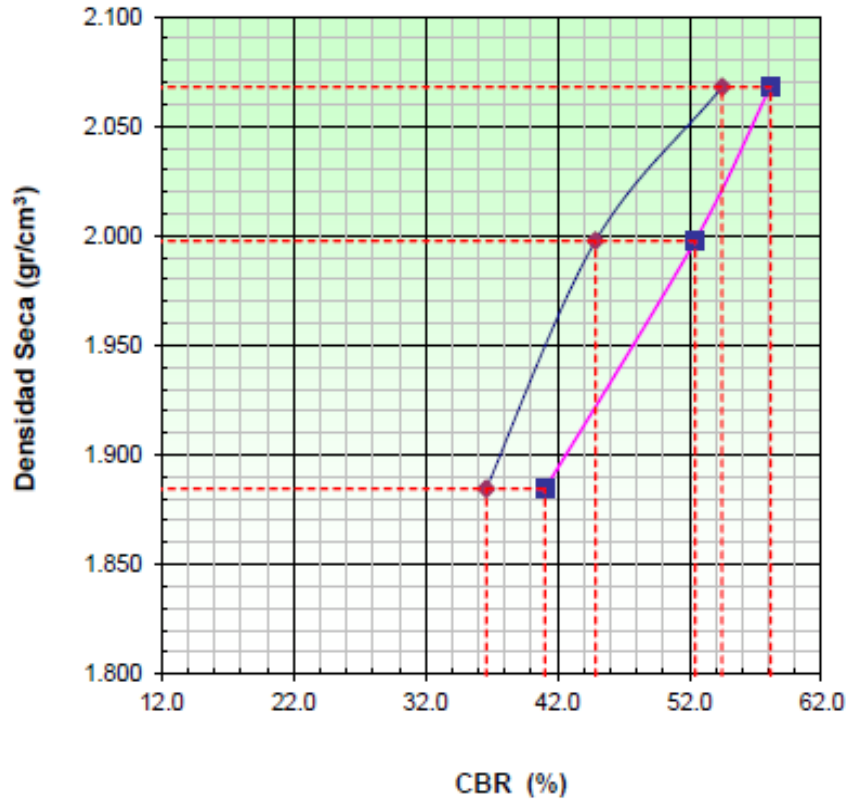
EC = 12 GOLPES

CBR (0.1")	36.6%
CBR (0.2")	41.1%

Fuente: Propia

CBR Gráfico

Figura N°18: Densidad Seca vs CBR



Fuente: Propia

Máxima densidad seca (g/cm3) : 2.068

95% máxima densidad seca (g/cm3) : 1.965

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	54.5	0.2" : 58.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	41.5	0.2" : 49.4

RESULTADOS CBR a 1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 41.5 (%)

El valor de CBR a 1" para la Muestra N° 03 a un 95% de M.D.S. es de **41.5%**

Tabla N°16: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #04)

Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12557.00		12562.00		12150.00	
Peso de molde (g)	7930.00		8095.00		7911.00	
Peso del suelo húmedo (g)	4627.00		4467.00		4239.00	
Volumen del molde (cm ³)	2088.00		2080.00		2094.00	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.216		2.148		2.024	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	76.84		94.92		122.17	
Peso suelo seco + tara (g)	72.97		90.52		114.85	
Peso de tara (g)	25.01		35.75		24.39	
Peso de agua (g)	3.87		4.40		7.32	
Peso de suelo seco (g)	47.96		54.77		90.46	
Contenido de humedad (%)	8.07		8.03		8.09	
Densidad seca (g/cm ³)	2.051		1.988		1.873	

Fuente: Propia

Tabla N°17: Propiedades de Expansión y Penetración

a. EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%				
28/04/2017	-	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	
28/04/2017	-	24	10.0	0.025	0.02	13.0	0.033	0.03	16.0	0.041	0.04	0.041	0.04	
28/04/2017	-	48	12.0	0.030	0.03	17.0	0.043	0.04	20.0	0.051	0.04	0.051	0.04	
28/04/2017	-	72	13.0	0.033	0.03	19.0	0.048	0.04	24.0	0.061	0.05	0.061	0.05	
28/04/2017	-	92	16.0	0.041	0.04	20.0	0.051	0.04	26.0	0.066	0.06	0.066	0.06	

Fuente: Propia

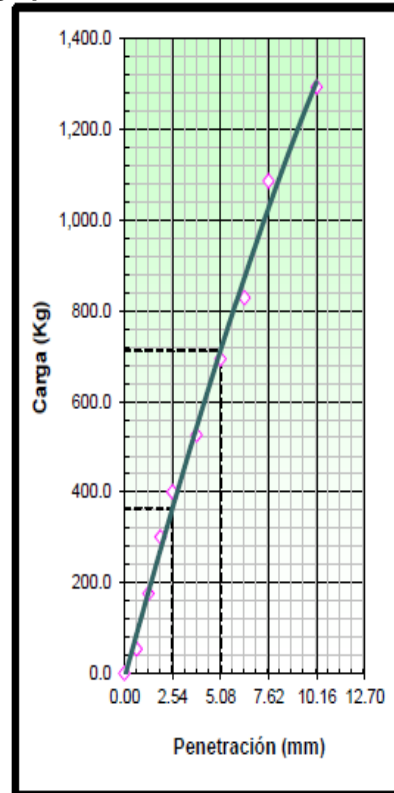
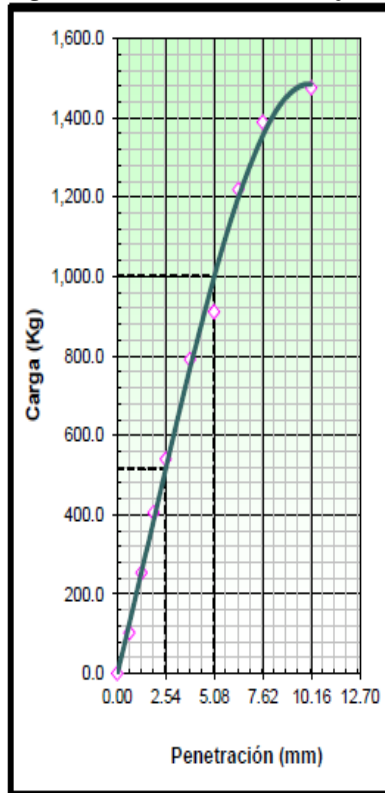
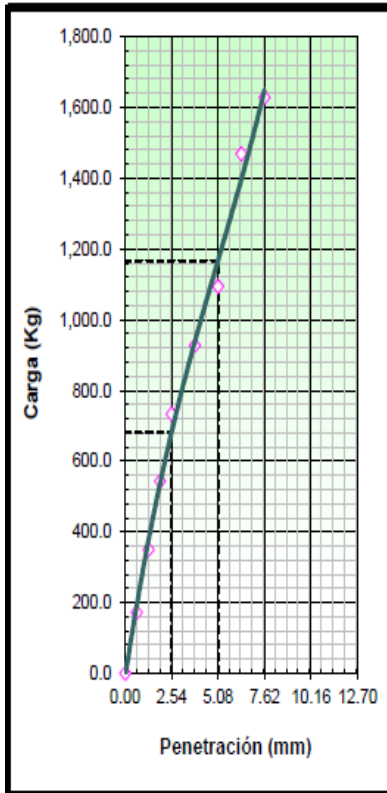
b. PENETRACIÓN

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		173.0	173.0			103.0	103.0			54.0	54.0		
1.270		350.0	350.0			254.0	254.0			176.0	176.0		
1.905		543.0	543.0			405.0	405.0			301.0	301.0		
2.540	70.5	733.0	733.0	680.8	47.9	540.0	540.0	515.6	36.3	400.0	400.0	364.9	25.7
3.810		927.0	927.0			791.0	791.0			526.0	526.0		
5.080	105.7	1094.0	1094.0	1166.7	54.7	911.0	911.0	1000.2	46.9	693.0	693.0	712.1	33.4
6.350		1468.0	1468.0			1219.0	1219.0			828.0	828.0		
7.620		1627.0	1627.0			1389.0	1389.0			1086.0	1086.0		
10.160		1749.0	1749.0			1475.0	1475.0			1293.0	1293.0		

Fuente: Propia

Gráfica de Carga (Kg) vs Penetración (mm)

Figura N°19: C vs P 56, 25 y 12 golpes



EC = 56 GOLPES

CBR (0.1")	47.9%
CBR (0.2")	54.7%

EC = 25 GOLPES

CBR (0.1")	36.3%
CBR (0.2")	46.9%

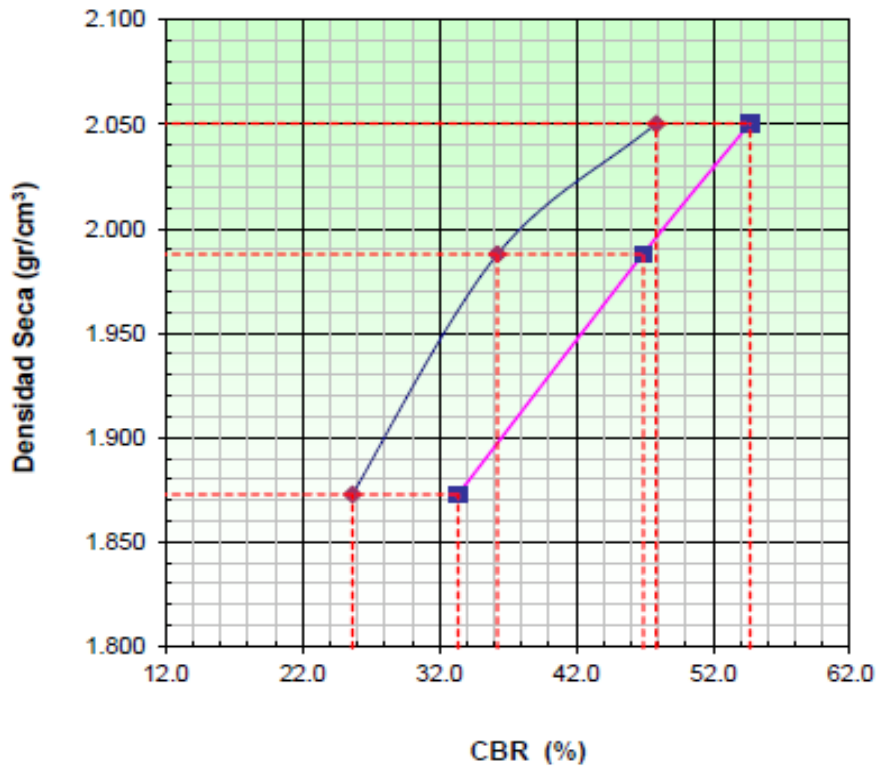
EC = 12 GOLPES

CBR (0.1")	25.7%
CBR (0.2")	33.4%

Fuente: Propia

CBR Gráfico

Figura N°20: Densidad Seca vs CBR



Fuente: Propia

Máxima densidad seca (g/cm³) : 2.051

95% máxima densidad seca (g/cm³) : 1.948

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	47.9	0.2" : 54.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	31.0	0.2" : 42.1

RESULTADOS CBR a 1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 31.0 (%)

El valor de CBR a 1" para la Muestra N° 04 a un 95% de M.D.S. es de **31.0%**

Tabla N°18: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #05)

Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12556.00		12549.00		12164.64	
Peso de molde (g)	7928.00		8089.56		7897.00	
Peso del suelo húmedo (g)	4628.00		4459.44		4267.64	
Volumen del molde (cm ³)	2087.00		2090.00		2084.00	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.218		2.134		2.048	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	78.59		94.56		122.49	
Peso suelo seco + tara (g)	74.49		89.97		114.94	
Peso de tara (g)	23.67		32.79		21.31	
Peso de agua (g)	4.10		4.59		7.55	
Peso de suelo seco (g)	50.82		57.18		93.63	
Contenido de humedad (%)	8.07		8.03		8.06	
Densidad seca (g/cm ³)	2.052		1.975		1.895	

Fuente: Propia

Tabla N°19: Propiedades de Expansión y Penetración

a. EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		
			mm	%	mm	%	mm	%			
28/04/2017	-	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
28/04/2017	-	24	10.0	0.025	0.02	13.0	0.033	0.03	16.0	0.041	0.04
28/04/2017	-	48	12.0	0.030	0.03	17.0	0.043	0.04	20.0	0.051	0.04
28/04/2017	-	72	13.0	0.033	0.03	19.0	0.048	0.04	24.0	0.061	0.05
28/04/2017	-	92	16.0	0.041	0.04	20.0	0.051	0.04	26.0	0.066	0.06

Fuente: Propia

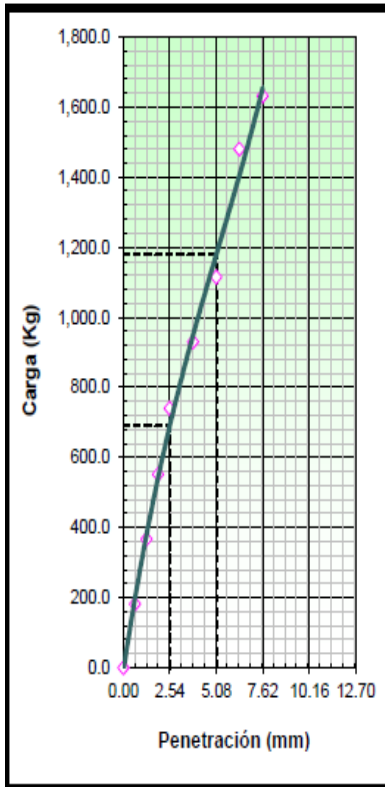
b. PENETRACIÓN

PENETRACION	CARGA	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION
mm	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		182.0	182.0			143.0	143.0			99.0	99.0		
1.270		367.0	367.0			299.0	299.0			206.0	206.0		
1.905		552.0	552.0			435.0	435.0			354.0	354.0		
2.540	70.5	740.0	740.0	691.5	48.6	591.0	591.0	560.9	39.4	430.0	430.0	418.0	29.4
3.810		930.0	930.0			822.0	822.0			597.0	597.0		
5.080	105.7	1114.0	1114.0	1179.2	55.3	970.0	970.0	1055.9	49.5	765.0	765.0	791.9	37.1
6.350		1480.0	1480.0			1291.0	1291.0			949.0	949.0		
7.620		1632.0	1632.0			1429.0	1429.0			1145.0	1145.0		
10.160		1767.0	1767.0			1505.0	1505.0			1357.0	1357.0		

Fuente: Propia

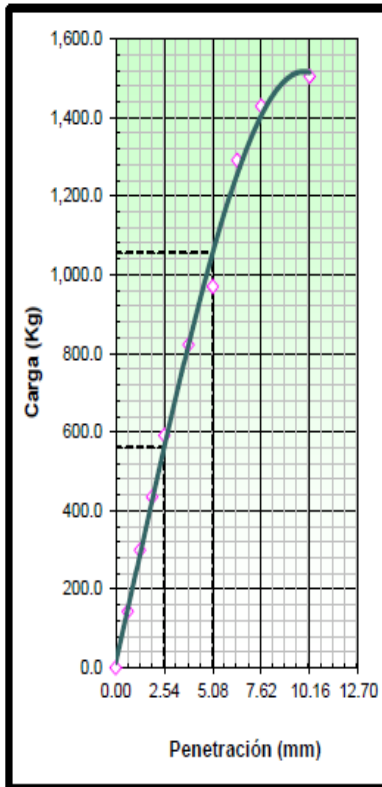
Gráfica de Carga (Kg) vs Penetración (mm)

Figura N°21: C vs P 56, 25 y 12 golpes



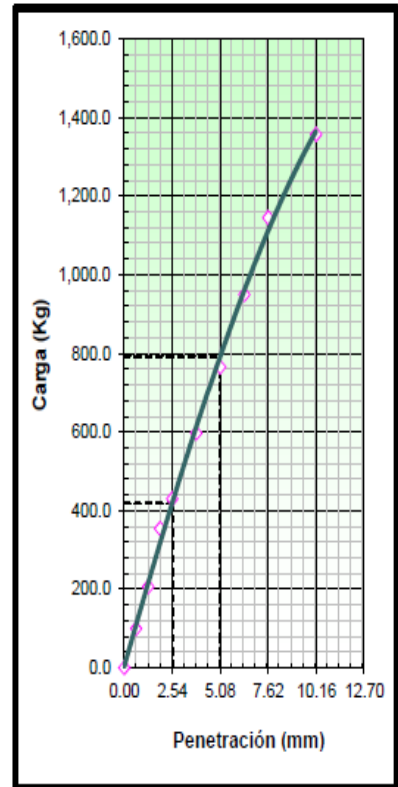
EC = 56 GOLPES

CBR (0.1")	48.8%
CBR (0.2")	55.3%



EC = 25 GOLPES

CBR (0.1")	39.4%
CBR (0.2")	49.5%



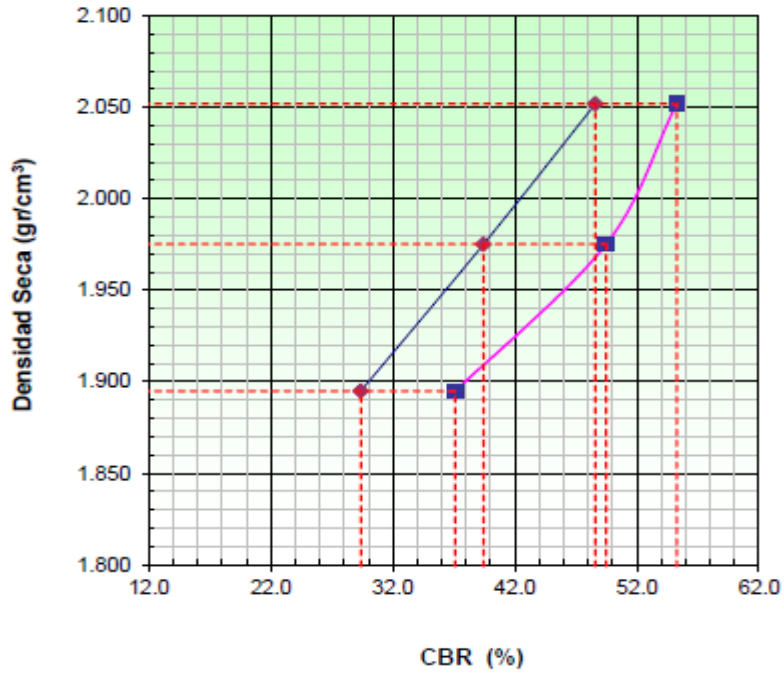
EC = 12 GOLPES

CBR (0.1")	29.4%
CBR (0.2")	37.1%

Fuente: Propia

Gráfica de Carga (Kg) vs Penetración (mm)

Figura N°22: C vs P 56, 25 y 12 golpes



Fuente: Propia

Máxima densidad seca (g/cm3) : 2.052

95% máxima densidad seca (g/cm3) : 1.949

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	48.6	0.2" : 55.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	36.3	0.2" : 46.2

RESULTADOS CBR a 1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 36 (%)

El valor de CBR a 1" para la Muestra N° 05 a un 95% de M.D.S. es de **36%**

Tabla N°20: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #06)

Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12554.29		12562.80		12150.30	
Peso de molde (g)	7926.35		8095.84		7908.46	
Peso del suelo húmedo (g)	4627.94		4466.96		4241.84	
Volumen del molde (cm ³)	2090.21		2085.47		2094.21	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.214		2.142		2.026	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	78.45		92.30		121.49	
Peso suelo seco + tara (g)	74.97		88.09		114.89	
Peso de tara (g)	27.89		28.98		21.89	
Peso de agua (g)	3.48		4.21		6.60	
Peso de suelo seco (g)	47.08		59.11		93.00	
Contenido de humedad (%)	7.39		7.12		7.10	
Densidad seca (g/cm ³)	2.062		2.000		1.891	

Fuente: Propia

Tabla N°21: Propiedades de Expansión y Penetración

a. EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
28/04/2017	-	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
28/04/2017	-	24	10.0	0.025	0.02	13.0	0.033	0.03	16.0	0.041	0.04
28/04/2017	-	48	12.0	0.030	0.03	17.0	0.043	0.04	20.0	0.051	0.04
28/04/2017	-	72	13.0	0.033	0.03	19.0	0.048	0.04	24.0	0.061	0.05
28/04/2017	-	92	16.0	0.041	0.04	20.0	0.051	0.04	26.0	0.066	0.06

Fuente: Propia

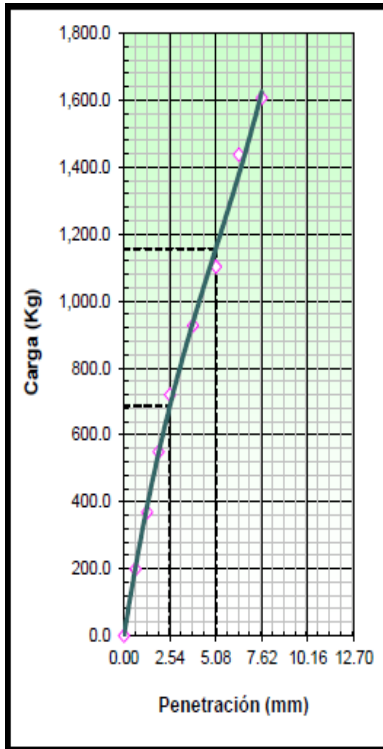
b. PENETRACIÓN

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		199.0	199.0			197.0	197.0			120.0	120.0		
1.270		369.0	369.0			275.0	275.0			256.0	256.0		
1.905		549.0	549.0			450.7	450.7			312.0	312.0		
2.540	70.5	720.0	720.0	686.8	48.3	634.0	634.0	575.3	40.4	402.9	402.9	428.8	30.1
3.810		927.0	927.0			807.0	807.0			679.2	679.2		
5.080	105.7	1102.0	1102.0	1156.9	54.2	950.8	950.8	1051.6	49.3	742.1	742.1	790.2	37.0
6.350		1437.0	1437.0			1334.0	1334.0			924.8	924.8		
7.620		1607.0	1607.0			1397.0	1397.0			1121.0	1121.0		
10.160		1767.0	1767.0			1587.0	1587.0			1299.0	1299.0		

Fuente: Propia

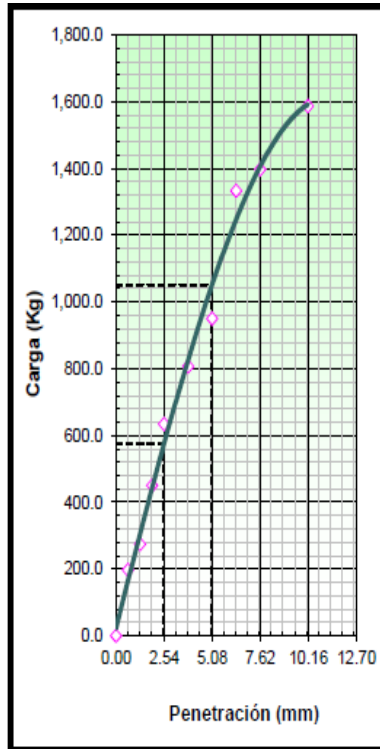
Gráfica de Carga (Kg) vs Penetración (mm)

Figura N°23: C vs P 56, 25 y 12 golpes



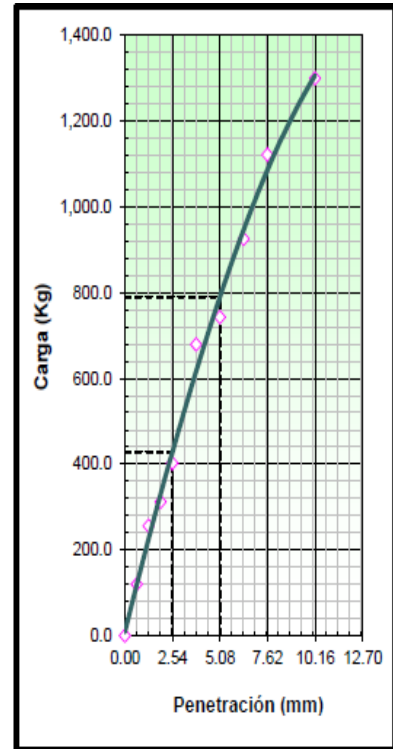
EC = 56 GOLFES

CBR (0.1")	48.3%
CBR (0.2")	54.2%



EC = 25 GOLFES

CBR (0.1")	40.4%
CBR (0.2")	49.3%



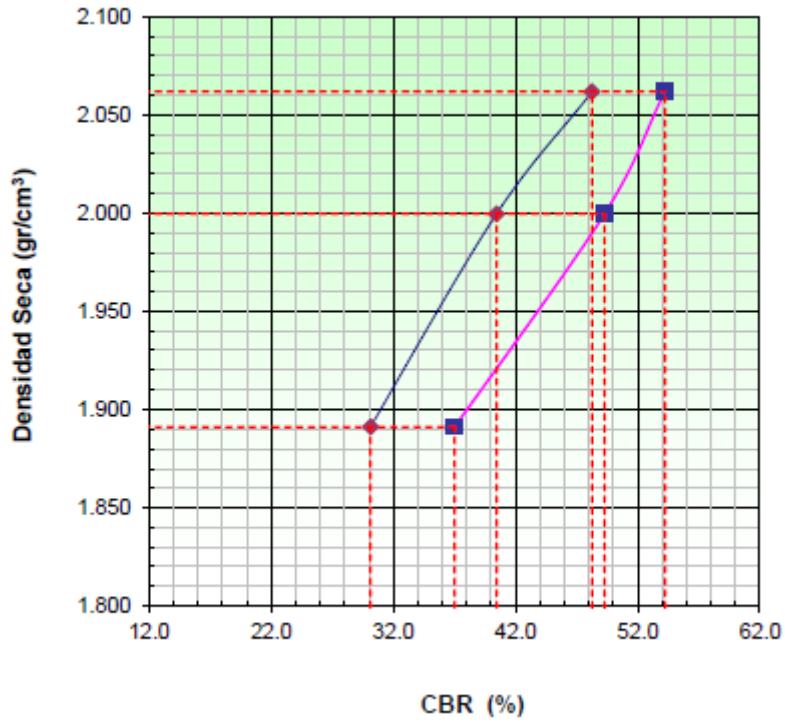
EC = 12 GOLFES

CBR (0.1")	30.1%
CBR (0.2")	37.0%

Fuente: Propia

CBR Gráfico

Figura N°24: Densidad Seca vs CBR



Fuente: Propia

Máxima densidad seca (g/cm3) : 2.062

95% máxima densidad seca (g/cm3) : 1.959

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	48.3	0.2" : 54.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	36.1	0.2" : 45.2

RESULTADOS CBR a 1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 36 (%)

El valor de CBR a 1" para la Muestra N° 06 a un 95% de M.D.S. es de **36%**

Tabla N°22: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #07)

Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12555.00		12640.25		12149.00	
Peso de molde (g)	7930.52		8092.30		7910.00	
Peso del suelo húmedo (g)	4624.48		4547.95		4239.00	
Volumen del molde (cm ³)	2080.30		2075.36		2096.00	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.223		2.191		2.022	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	76.98		94.20		120.51	
Peso suelo seco + tara (g)	73.50		89.94		113.88	
Peso de tara (g)	26.80		31.56		22.13	
Peso de agua (g)	3.48		4.26		6.63	
Peso de suelo seco (g)	46.70		58.38		91.75	
Contenido de humedad (%)	7.45		7.30		7.23	
Densidad seca (g/cm ³)	2.069		2.042		1.886	

Fuente: Propia

Tabla N°23: Propiedades de Expansión y Penetración

a. EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION
			mm	%		mm	%	
28/04/2017	-	0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0
28/04/2017	-	24	10.0	0.025	0.02	13.0	0.033	0.03
28/04/2017	-	48	12.0	0.030	0.03	17.0	0.043	0.04
28/04/2017	-	72	13.0	0.033	0.03	19.0	0.048	0.04
28/04/2017	-	92	16.0	0.041	0.04	20.0	0.051	0.04

Fuente: Propia

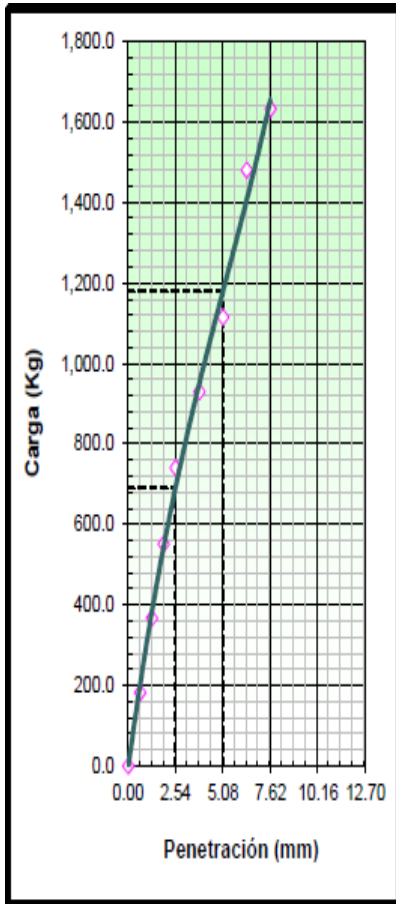
b. PENETRACIÓN

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		182.0	182.0			143.0	143.0			99.0	99.0		
1.270		367.0	367.0			299.0	299.0			206.0	206.0		
1.905		552.0	552.0			435.0	435.0			354.0	354.0		
2.540	70.5	740.0	740.0	691.5	48.6	591.0	591.0	560.9	39.4	430.0	430.0	418.0	29.4
3.810		930.0	930.0			822.0	822.0			597.0	597.0		
5.080	105.7	1114.0	1114.0	1179.2	55.3	970.0	970.0	1055.9	49.5	765.0	765.0	791.9	37.1
6.350		1480.0	1480.0			1291.0	1291.0			949.0	949.0		
7.620		1632.0	1632.0			1429.0	1429.0			1145.0	1145.0		
10.160		1767.0	1767.0			1505.0	1505.0			1357.0	1357.0		

Fuente: Propia

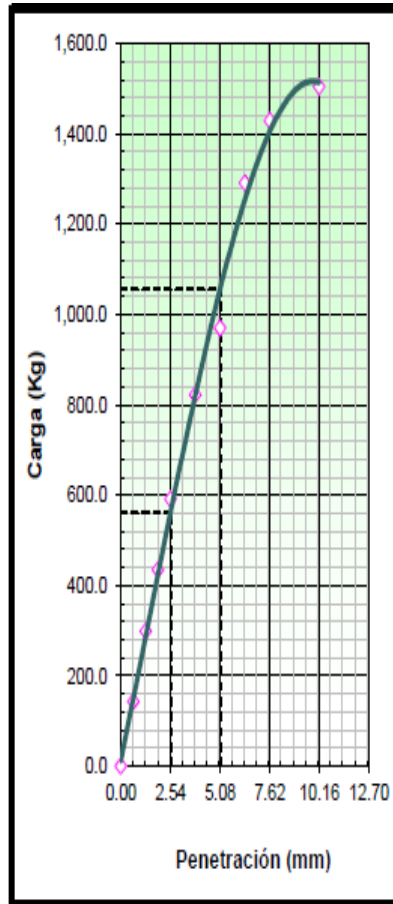
Gráfica de Carga (Kg) vs Penetración (mm)

Figura N°25: C vs P 56, 25 y 12 golpes



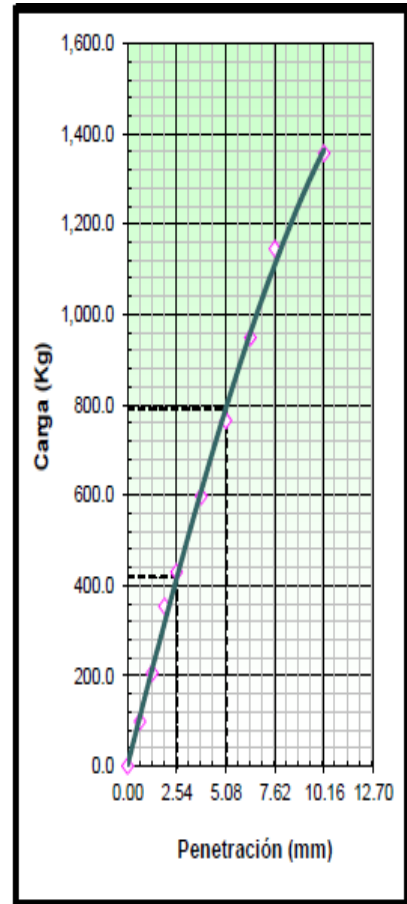
EC = 56 GOLPES

CBR (0.1")	48.6%
CBR (0.2")	55.3%



EC = 25 GOLPES

CBR (0.1")	39.4%
CBR (0.2")	49.5%



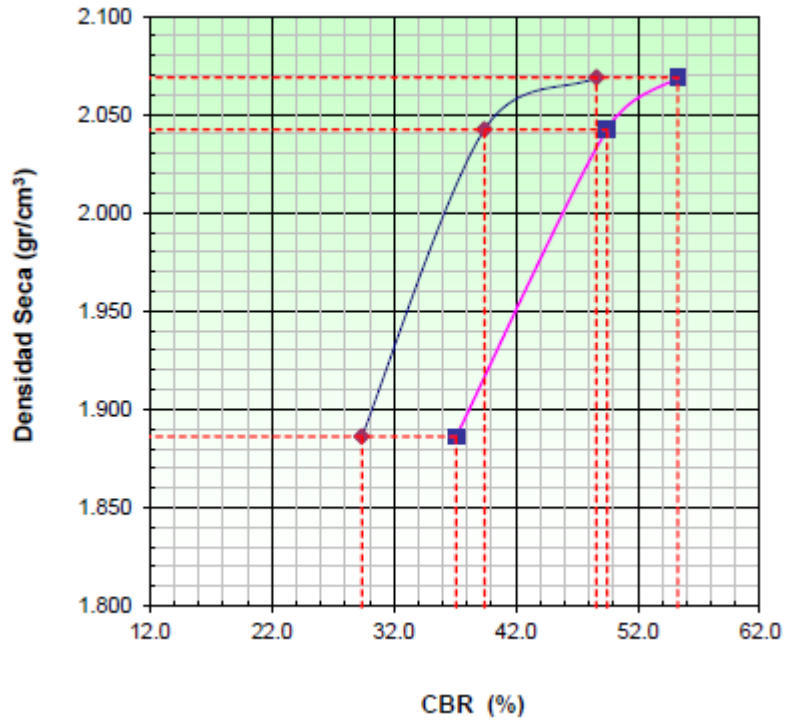
EC = 12 GOLPES

CBR (0.1")	29.4%
CBR (0.2")	37.1%

Fuente: Propia

CBR Gráfico

Figura N°26: Densidad Seca vs CBR



Fuente: Propia

Máxima densidad seca (g/cm3) : 2.069

95% máxima densidad seca (g/cm3) : 1.966

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	48.6	0.2"	: 55.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	25.0	0.2"	: 38.7

RESULTADOS CBR a 1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 25.0 (%)

El valor de CBR a 1" para la Muestra N° 07 a un 95% de M.D.S. es de **25.0%**

Tabla N°24: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #08)

Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12554.00		12557.00		12147.00	
Peso de molde (g)	7926.00		8026.00		7909.00	
Peso del suelo húmedo (g)	4628.00		4531.00		4238.00	
Volumen del molde (cm ³)	2087.00		2074.00		2094.00	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.218		2.185		2.024	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	79.10		93.80		119.95	
Peso suelo seco + tara (g)	75.82		90.02		114.13	
Peso de tara (g)	26.47		32.82		23.41	
Peso de agua (g)	3.28		3.78		5.82	
Peso de suelo seco (g)	49.35		57.20		90.72	
Contenido de humedad (%)	6.65		6.61		6.42	
Densidad seca (g/cm ³)	2.079		2.049		1.902	

Fuente: Propia

Tabla N°25: Propiedades de Expansión y Penetración

a. EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
28/04/2017	-	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
28/04/2017	-	24	10.0	0.025	0.02	13.0	0.033	0.03	16.0	0.041	0.04
28/04/2017	-	48	12.0	0.030	0.03	17.0	0.043	0.04	20.0	0.051	0.04
28/04/2017	-	72	13.0	0.033	0.03	19.0	0.048	0.04	24.0	0.061	0.05
28/04/2017	-	92	16.0	0.041	0.04	20.0	0.051	0.04	26.0	0.066	0.06

Fuente: Propia

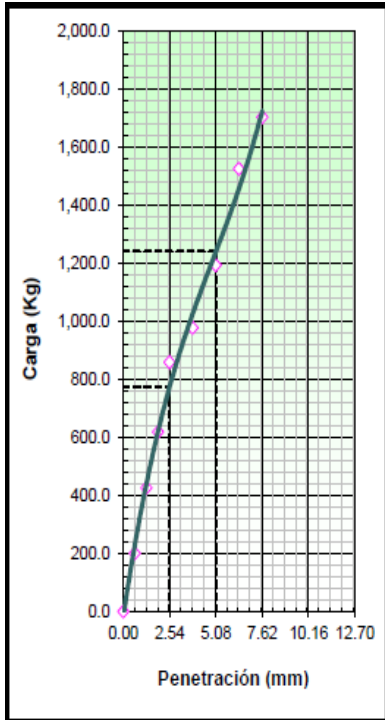
b. PENETRACIÓN

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		201.0	201.0			263.0	263.0			164.0	164.0		
1.270		426.0	426.0			359.0	359.0			352.0	352.0		
1.905		619.0	619.0			506.0	506.0			439.0	439.0		
2.540	70.5	859.0	859.0	775.0	54.5	658.0	658.0	638.4	44.9	543.0	543.0	520.7	36.6
3.810		977.0	977.0			903.0	903.0			629.0	629.0		
5.080	105.7	1193.0	1193.0	1240.4	58.1	1004.0	1004.0	1118.4	52.4	864.0	864.0	876.1	41.1
6.350		1525.0	1525.0			1362.0	1362.0			1037.0	1037.0		
7.620		1703.0	1703.0			1492.0	1492.0			1208.0	1208.0		
10.160		1831.0	1831.0			1623.0	1623.0			1477.0	1477.0		

Fuente: Propia

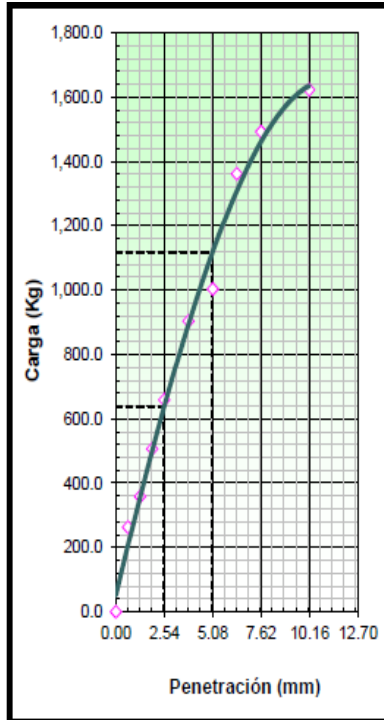
Gráfica de Carga (Kg) vs Penetración (mm)

Figura N°27: C vs P 56, 25 y 12 golpes



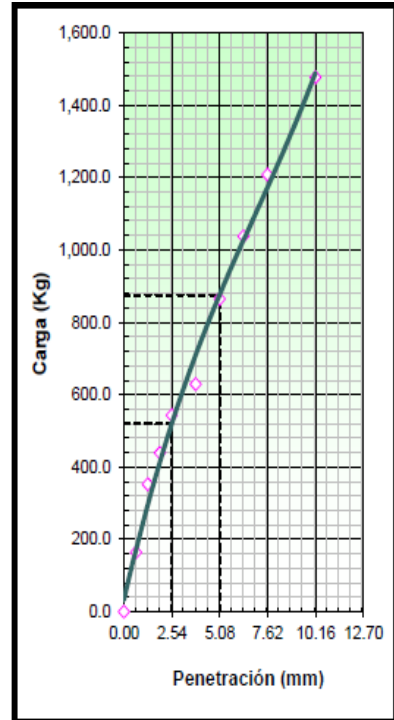
EC = 56 GOLPES

CBR (0.1")	54.5%
CBR (0.2")	58.1%



EC = 25 GOLPES

CBR (0.1")	44.9%
CBR (0.2")	52.4%



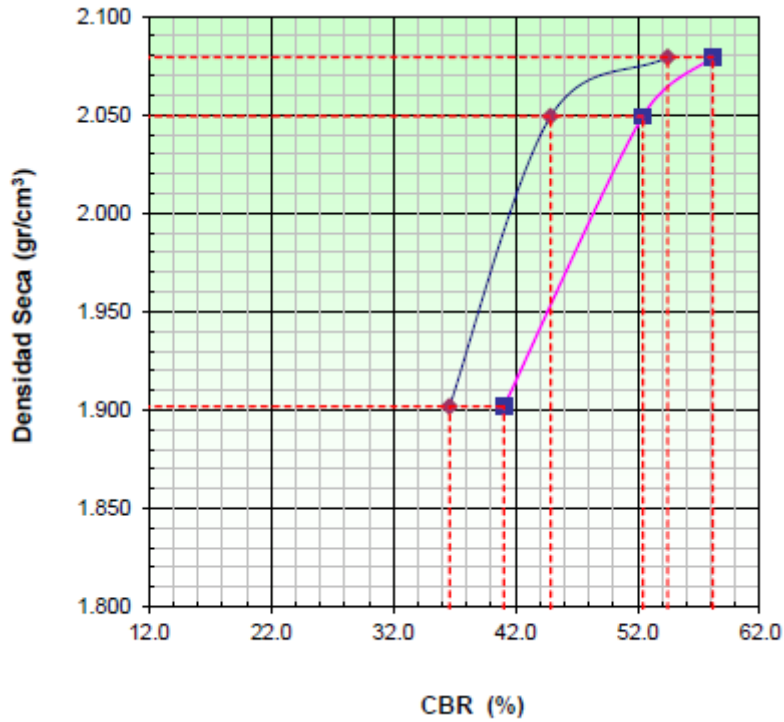
EC = 12 GOLPES

CBR (0.1")	36.6%
CBR (0.2")	41.1%

Fuente: Propia

CBR Gráfico

Figura N°28: Densidad Seca vs CBR



Fuente: Propia

Máxima densidad seca (g/cm3) : 2.079

95% máxima densidad seca (g/cm3) : 1.975

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	54.5	0.2" : 58.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	32.7	0.2" : 43.3

RESULTADOS CBR a 1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 33 (%)

El valor de CBR a 1" para la Muestra N° 08 a un 95% de M.D.S. es de **33%**

Tabla N°26: Determinación de Densidad Humedad y Seca (CALICATA #09)

Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12502.32		12580.32		12275.30	
Peso de molde (g)	7920.30		8103.20		7930.25	
Peso del suelo húmedo (g)	4582.02		4477.12		4345.05	
Volumen del molde (cm ³)	2077.30		2048.69		2033.65	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.206		2.185		2.137	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	78.42		93.60		120.36	
Peso suelo seco + tara (g)	74.70		88.45		113.40	
Peso de tara (g)	25.70		31.77		22.84	
Peso de agua (g)	3.72		4.22		7.02	
Peso de suelo seco (g)	49.00		56.68		90.56	
Contenido de humedad (%)	7.59		7.45		7.75	
Densidad seca (g/cm ³)	2.050		2.034		1.983	

Fuente: Propia

Tabla N°27: Propiedades de Expansión y Penetración

a. EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
00/01/1900	-	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
01/01/1900	-	24	10.0	0.025	0.02	13.0	0.033	0.03	16.0	0.041	0.04
02/01/1900	-	48	12.0	0.030	0.03	17.0	0.043	0.04	20.0	0.051	0.04
03/01/1900	-	72	13.0	0.033	0.03	19.0	0.048	0.04	24.0	0.061	0.05
04/01/1900	-	92	16.0	0.041	0.04	20.0	0.051	0.04	26.0	0.066	0.06

Fuente: Propia

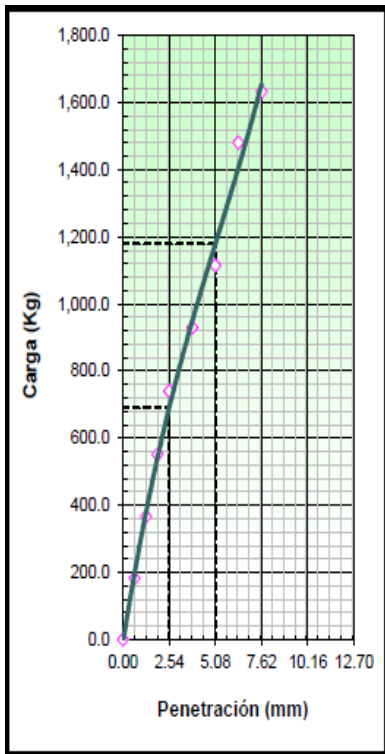
b. PENETRACIÓN

PENETRACION	CARGA	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION
mm	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		182.0	182.0			143.0	143.0			99.0	99.0		
1.270		367.0	367.0			299.0	299.0			206.0	206.0		
1.905		552.0	552.0			435.0	435.0			354.0	354.0		
2.540	70.5	740.0	740.0	691.5	48.6	591.0	591.0	560.9	39.4	430.0	430.0	418.0	29.4
3.810		930.0	930.0			822.0	822.0			597.0	597.0		
5.080	105.7	1114.0	1114.0	1179.2	55.3	970.0	970.0	1055.9	49.5	765.0	765.0	791.9	37.1
6.350		1480.0	1480.0			1291.0	1291.0			949.0	949.0		
7.620		1632.0	1632.0			1429.0	1429.0			1145.0	1145.0		
10.160		1767.0	1767.0			1505.0	1505.0			1357.0	1357.0		

Fuente: Propia

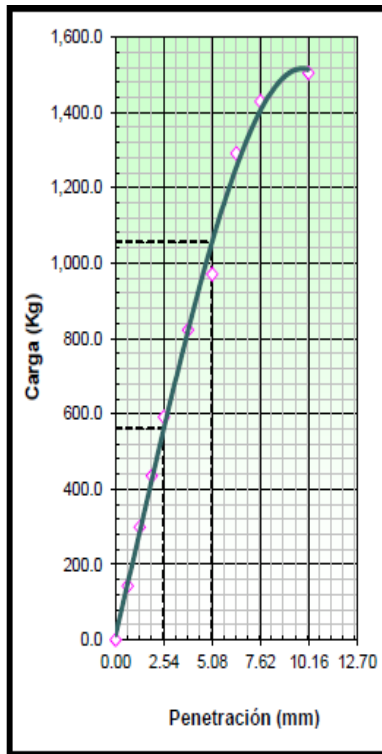
Gráfica de Carga (Kg) vs Penetración (mm)

Figura N°29: C vs P 56, 25 y 12 golpes



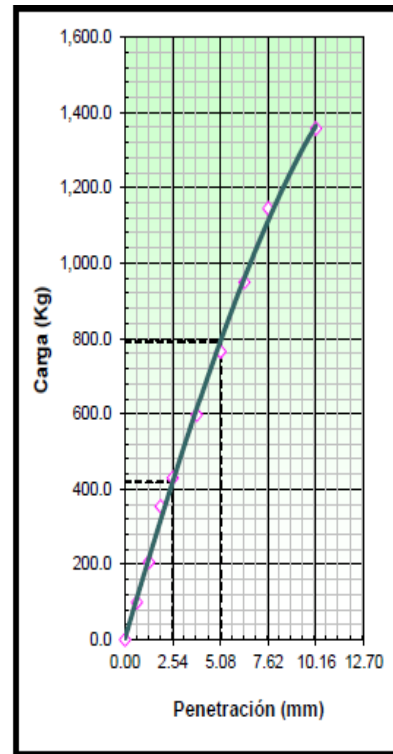
EC = 56 GOLPES

CBR (0.1")	48.6%
CBR (0.2")	55.3%



EC = 25 GOLPES

CBR (0.1")	39.4%
CBR (0.2")	49.5%



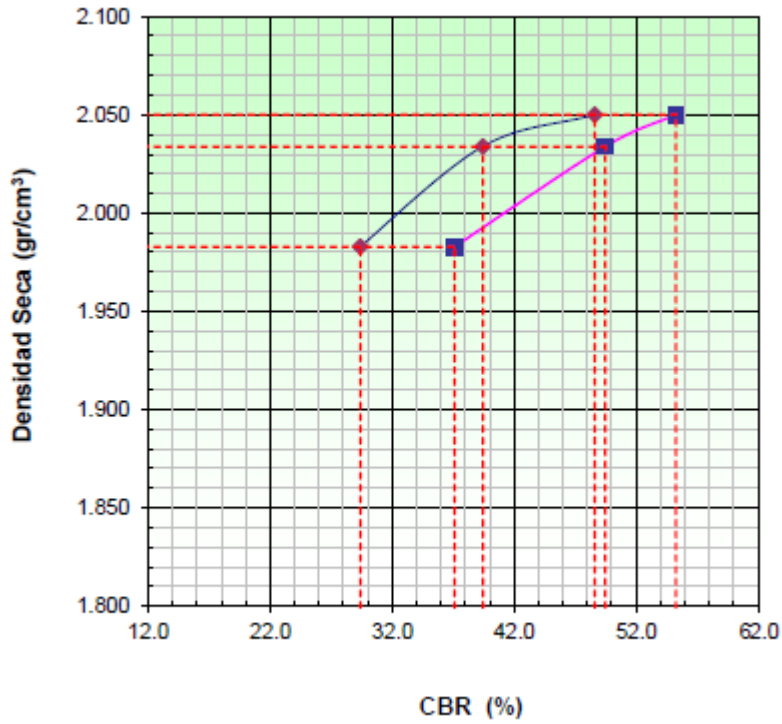
EC = 12 GOLPES

CBR (0.1")	29.4%
CBR (0.2")	37.1%

Fuente: Propia

CBR Gráfico

Figura N°30: Densidad Seca vs CBR



Fuente: Propia

Máxima densidad seca (g/cm3) : 2.050

95% máxima densidad seca (g/cm3) : 1.948

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	48.6	0.2" : 55.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	39.2	0.2" : 33.8

RESULTADOS CBR a 1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 39.2 (%)

El valor de CBR a 1" para la Muestra N° 09 a un 95% de M.D.S. es de **39.2%**

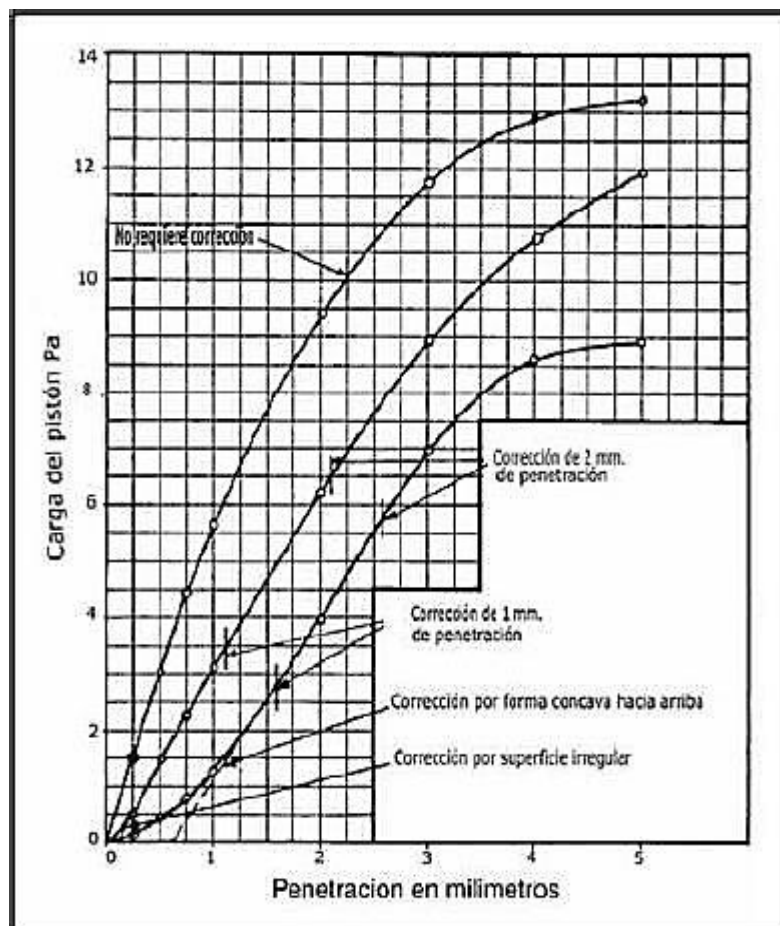
Determinación del CBR IN-SITU

a. Curva Esfuerzo – Deformación

Se calcula el esfuerzo de penetración para cada incremento de penetración, dividiendo la fuerza aplicada por el área del pistón. Se dibuja la curva de Esfuerzo vs. Penetración para cada incremento de penetración, como se muestra en la Figura.

En ocasiones, la curva de Esfuerzo vs. Penetración puede en su parte inicial resultar cóncava hacia arriba, debido a irregularidades de la superficie u otras causas y, en tales casos, el punto cero se debe ajustar como se indica en la Figura.

Figura N°31: Curva Esfuerzo – Deformación



Fuente: Propia

b. Relación de Soporte (CBR)

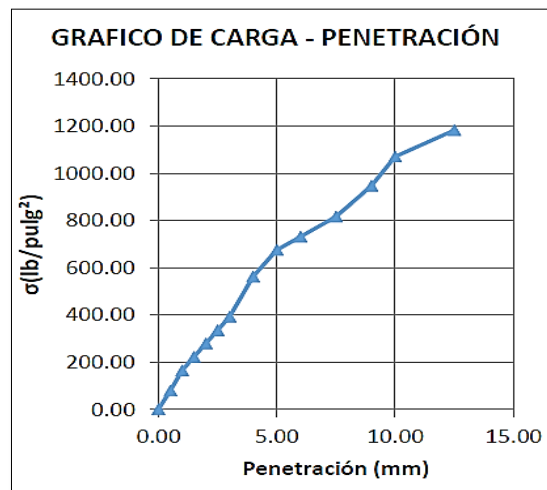
De la curva corregida se toman los valores de esfuerzo para penetraciones de 2.50 mm (0,100”) y 5.00 mm (0.200”) y se calculan las relaciones de soporte para cada uno dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia de 6.9 MPa (1000 lb/pulg²) y 10.3 MPa (1500 lb/pulg²) respectivamente y se multiplica por 100. Se calcula adicionalmente las relaciones de soporte para el máximo esfuerzo si la penetración es menor de 5.00 mm (0.200”), interpolando el esfuerzo de referencia. La relación de soporte para el suelo es normalmente la de 2.50 mm (0.100”) de penetración. Cuando la relación a 5.00 mm (0.200”) de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, se usa la relación de soporte determinada para 5.00 mm (0.200”).

Si los valores de relación de soporte para penetraciones de 7.62, 10.16 y 12.70 mm (0.300”, 0.400” y 0.500”) son requeridos, los valores de esfuerzo corregidos para estas penetraciones se deben dividir para los esfuerzos de referencia para 13.1, 15.9 y 17.9 MPa (1900, 2300 y 2600 lb/pulg²) respectivamente y multiplicarse por 100.

RESULTADO ENSAYO CBR IN SITU

Tabla N° 28 Resultado CBR IN – SITU (calicata #01)

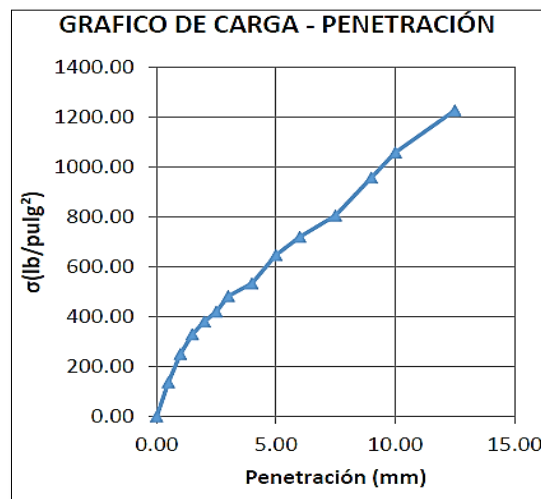
Rd (0.001")	Rd (mm)	u	P (lb)	o (lb/pulg ²)
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	15	251.97	80.20
40	1.00	30	519.77	165.45
60	1.50	40	698.19	222.24
80	2.00	50	876.51	279.00
100	2.50	60	1054.74	335.73
120	3.00	70	1232.87	392.43
160	4.00	100	1766.70	562.36
200	5.00	120	2122.11	675.49
240	6.00	130	2299.67	732.01
300	7.50	145	2565.88	816.74
360	9.00	168	2973.58	946.52
400	10.00	190	3363.03	1070.49
500	12.50	210	3716.73	1183.07



Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	33.57%
5.00	45.03%

Tabla N° 29 Resultado CBR IN – SITU (calicata #02)

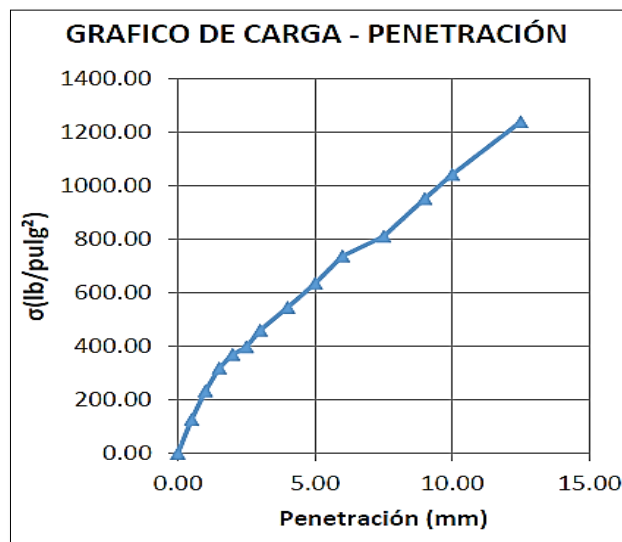
Rd (0.001")	Rd (mm)	u	P (lb)	o (lb/pulg ²)
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	25	430.53	137.04
40	1.00	45	787.38	250.63
60	1.50	59	1036.94	330.07
80	2.00	68	1197.27	381.10
100	2.50	75	1321.93	420.78
120	3.00	86	1517.71	483.10
160	4.00	95	1677.82	534.07
200	5.00	115	2033.33	647.23
240	6.00	128	2264.20	720.72
300	7.50	143	2530.40	805.45
360	9.00	170	3008.96	957.78
400	10.00	188	3327.70	1059.24
500	12.50	218	3858.17	1228.09



Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	42.08%
5.00	43.15%

Tabla N° 30 Resultado CBR IN – SITU (calicata #03)

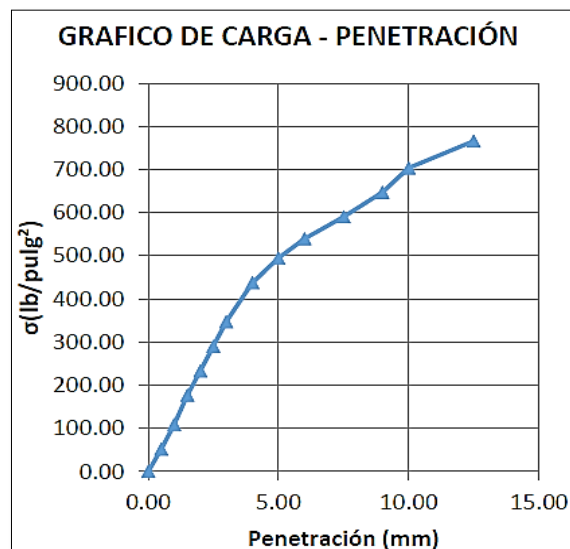
Rd (0.001")	Rd (mm)	u	P (lb)	o (lb/pulg ²)
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	23	394.83	125.68
40	1.00	42	733.87	233.60
60	1.50	57	1001.30	318.72
80	2.00	66	1161.65	369.76
100	2.50	71	1250.70	398.11
120	3.00	82	1446.53	460.44
160	4.00	97	1713.38	545.39
200	5.00	113	1997.79	635.92
240	6.00	131	2317.46	737.67
300	7.50	144	2548.14	811.10
360	9.00	169	2991.30	952.16
400	10.00	185	3274.61	1042.34
500	12.50	220	3893.43	1239.32



Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	39.81%
5.00	42.39%

Tabla Nº 31 Resultado CBR IN – SITU (calicata #04)

Rd (0.001")	Rd (mm)	u	P (lb)	o (lb/pulg ²)
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	10	162.65	51.77
40	1.00	20	341.26	108.63
60	1.50	32	555.47	176.81
80	2.00	42	733.87	233.60
100	2.50	52	912.18	290.36
120	3.00	62	1090.39	347.08
160	4.00	78	1375.33	437.78
200	5.00	88	1553.30	494.43
240	6.00	96	1695.60	539.73
300	7.50	105	1855.62	590.66
360	9.00	115	2033.33	647.23
400	10.00	125	2210.94	703.76
500	12.50	136	2406.20	765.92

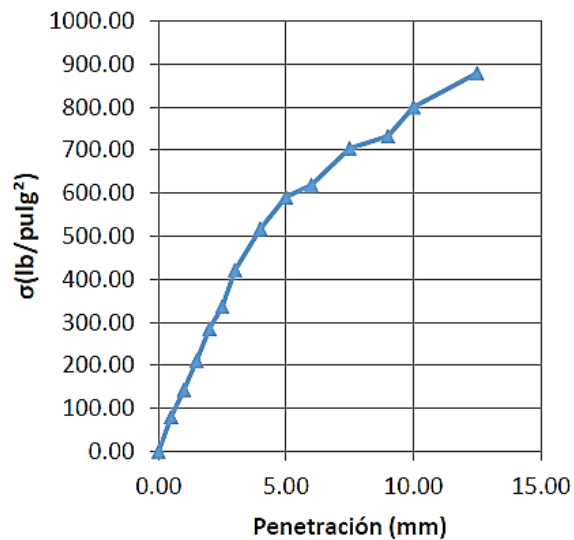


Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	29.04%
5.00	32.96%

Tabla Nº 32 Resultado CBR IN – SITU (calicata #05)

Rd (0.001")	Rd (mm)	u	P (lb)	o (lb/pulg ²)
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	15	251.97	80.20
40	1.00	26	448.38	142.72
60	1.50	38	662.52	210.89
80	2.00	51	894.35	284.68
100	2.50	60	1054.74	335.73
120	3.00	75	1321.93	420.78
160	4.00	92	1624.46	517.08
200	5.00	105	1855.62	590.66
240	6.00	110	1944.45	618.94
300	7.50	125	2210.94	703.76
360	9.00	130	2299.67	732.01
400	10.00	142	2512.66	799.80
500	12.50	156	2760.93	878.83

GRAFICO DE CARGA - PENETRACIÓN

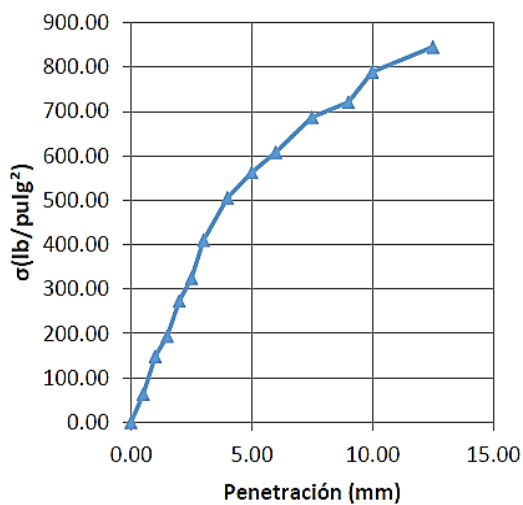


Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	33.57%
5.00	39.38%

Tabla N° 33 Resultado CBR IN – SITU (calicata #06)

Rd (0.001")	Rd (mm)	u	P (lb)	o (lb/pulg ²)
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	12	198.38	63.15
40	1.00	27	466.23	148.41
60	1.50	35	609.00	193.85
80	2.00	49	858.70	273.33
100	2.50	58	1019.12	324.40
120	3.00	73	1286.32	409.45
160	4.00	90	1588.85	505.75
200	5.00	100	1766.70	562.36
240	6.00	108	1908.94	607.63
300	7.50	122	2157.66	686.80
360	9.00	128	2264.20	720.72
400	10.00	140	2477.13	788.49
500	12.50	150	2654.50	844.95

GRAFICO DE CARGA - PENETRACIÓN

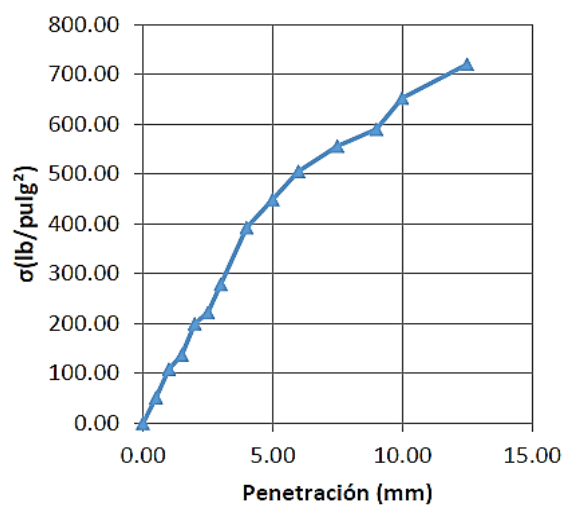


Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	32.44%
5.00	37.49%

Tabla Nº 34 Resultado CBR IN – SITU (calicata #07)

Rd (0.001")	Rd (mm)	u	P (lb)	o (lb/pulg ²)
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	10	162.65	51.77
40	1.00	20	341.26	108.63
60	1.50	25	430.53	137.04
80	2.00	36	626.84	199.53
100	2.50	40	698.19	222.24
120	3.00	50	876.51	279.00
160	4.00	70	1232.87	392.43
200	5.00	80	1410.91	449.11
240	6.00	90	1588.85	505.75
300	7.50	99	1748.95	556.71
360	9.00	105	1855.62	590.66
400	10.00	116	2051.09	652.88
500	12.50	128	2264.20	720.72

GRAFICO DE CARGA - PENETRACIÓN

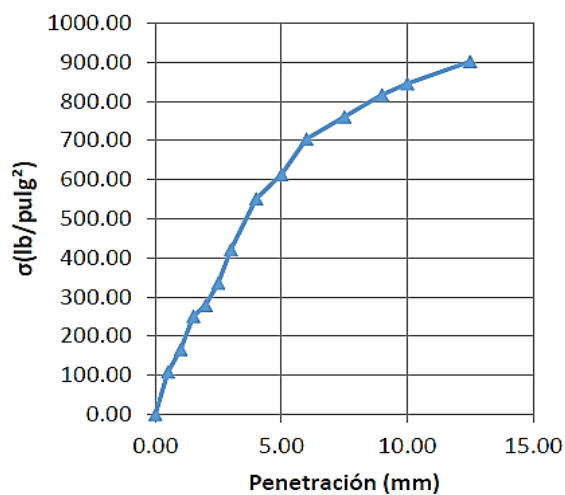


Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	22.22%
5.00	29.94%

Tabla Nº 35 Resultado CBR IN – SITU (calicata #08)

Rd (0.001")	Rd (mm)	u	P (lb)	o (lb/pulg ²)
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	20	341.26	108.63
40	1.00	30	519.77	165.45
60	1.50	45	787.38	250.63
80	2.00	50	876.51	279.00
100	2.50	60	1054.74	335.73
120	3.00	75	1321.93	420.78
160	4.00	98	1731.17	551.05
200	5.00	109	1926.71	613.29
240	6.00	125	2210.94	703.76
300	7.50	135	2388.45	760.27
360	9.00	145	2565.88	816.74
400	10.00	150	2654.50	844.95
500	12.50	160	2831.78	901.38

GRAFICO DE CARGA - PENETRACIÓN

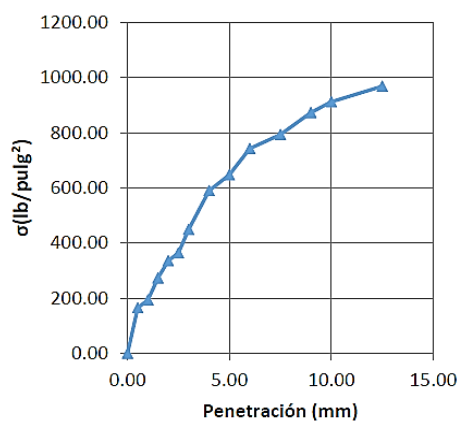


Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	33.57%
5.00	40.89%

Tabla N° 36 Resultado CBR IN – SITU (calicata #09)

Rd (0.001")	Rd (mm)	u	P (lb)	o (lb/pulg ²)
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	20	341.26	108.63
40	1.00	30	519.77	165.45
60	1.50	45	787.38	250.63
80	2.00	50	876.51	279.00
100	2.50	60	1054.74	335.73
120	3.00	75	1321.93	420.78
160	4.00	98	1731.17	551.05
200	5.00	109	1926.71	613.29
240	6.00	125	2210.94	703.76
300	7.50	135	2388.45	760.27
360	9.00	145	2565.88	816.74
400	10.00	150	2654.50	844.95
500	12.50	160	2831.78	901.38

GRAFICO DE CARGA - PENETRACIÓN



Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	36.41%
5.00	43.15%

CAPÍTULO 6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Propiedades Físicas del Suelo

Las propiedades físicas de un suelo nos permiten identificarlo y clasificarlo dentro de una amplia gama de posibilidades que existen en la naturaleza. Estas propiedades dependen además de la posición geográfica del suelo y la profundidad y espesor del estrato. Entre las propiedades físicas y mecánicas de un suelo se pueden enumerar:

- La composición del suelo.
- La densidad, porosidad e índice de vados.
- El tamaño y forma de las partículas.
- La textura y el color.
- La consistencia y el contenido de humedad.
- La permeabilidad y capilaridad.
- La compresibilidad.
- La capacidad portante.
- La retracción y expansión.

Cuadro resumen de las muestras obtenidas de las 9 calicatas realizadas en el sector Gran Chimú – El Porvenir, teniéndose en gran cantidad presencia de grava limosa (GM), y en menor cantidad grava bien graduada o arena.

Tabla N°37: Cuadro resumen de Propiedades Físicas del Suelo

Muestra de calicata N°	Humedad a la profundidad		L.L.	I.P.	Granulometría			Gs	Clasificación	
	%	Mts.			%	%	Cu		Cc	No.200 (% pasa)
C-1	3.72	0.30	NP	NP	55,02	0,89	3.10	2.75	A-1a	GM
C-2	1.70	0.30	NP	NP	73,23	1,2	9.45	2.48	A-1a	GP
C-3	6.54	0.30	NP	NP	7,93	0,42	0.13	2.55	A-1b	GM
C-4	2.76	0.30	NP	NP	2,83	0,84	1.27	2.64	A-1a	GM
C-5	2.29	0.30	NP	NP	7,96	0,39	0.83	2.60	A-1a	GM
C-6	10.51	0.30	NP	NP	133,42	0,2	0.15	2.48	A-1a	GM
C-7	1.54	0.30	NP	NP	6,63	0,77	1.28	2.72	A-1a	GM
C-8	1.54	0.30	NP	NP	55,02	0,89	3.10	2.75	A-1a	GP - GM
C-9	1.54	0.30	NP	NP	393,09	0,28	9.52	2.47	A-1a	GM

Fuente: Propia

Tabla N°38: Cuadro resumen Ensayo de Compactación

Muestra de calicata N°	Clasificación		Compactación	
	AASTHO	SUCS	DSM (g/cm ³)	Humedad óptimo %
C-1	A-1a	GM	2.07	7.14
C-2	A-1a	GP	2.11	6.83
C-3	A-1b	GM	2.07	7.14
C-4	A-1a	GM	2.05	8.79
C-5	A-1a	GM	2.06	8.18
C-6	A-1a	GM	2.07	7.79
C-7	A-1a	GM	2.07	7.79
C-8	A-1a	GP - GM	2.08	6.69
C-9	A-1a	GM	2.06	7.73

Fuente: Propia

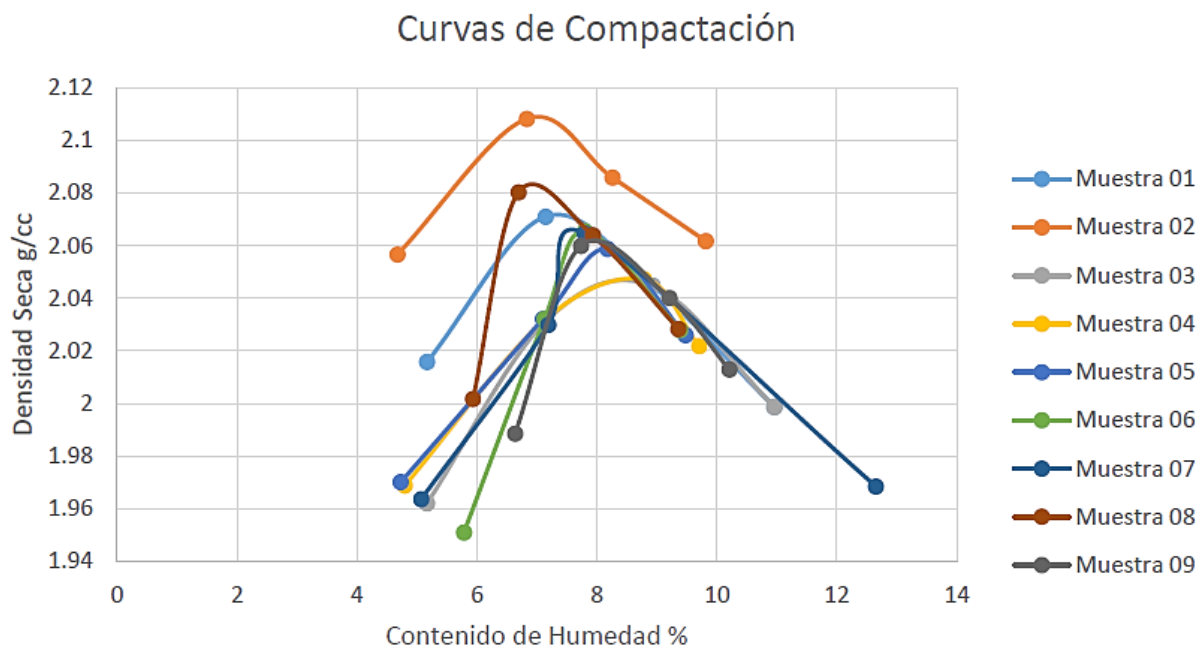
A partir de la gráfica resumen que representa las 9 curvas de compactación para las 9 muestras ensayadas, deducimos y apreciamos que la Muestra 2 presenta características por encima de las otras, llegando a tener un contenido de humedad óptimo (OCH) de 6.83%, para la cual la Densidad de Seca Máxima (DSM) fue de 2.11 g/cm³.

Ensayos de Relación Soporte de California – CBR

Lo usual es determinar primero la densidad in situ del material en el lugar de ensayo, el cual puede ser usado bajo cualquiera de las siguientes condiciones:

- cuando in situ la densidad y el contenido de agua son tal que el grado de saturación es de un 80% o superior.

Figura N°32: Curvas resumen de Propiedades Físicas del Suelo



Fuente: Propia

Cuando el material es de granos gruesos y su cohesión es tal que no se vea afectado por cambios en la humedad o cuando el material ha estado en el lugar por varios años. En estos casos La humedad no es constante, pero fluctúa dentro de rangos estrechos y el ensayo CBR in situ se considera como un indicador satisfactorio de la capacidad de soporte del suelo.

Por lo general se elige un lugar donde no haya piedras mayores a 3/4", deberá removerse el material suelto y nivelar la superficie, luego se coloca un sistema de reacción montando un gato, con anillo dinamométrico y pistón, en forma vertical, aplicando la reacción con un vehículo cargado u otro sistema.

En caso de que el pistón sea colocado en forma horizontal, la reacción será dada por la pared contraria del pozo construido para este efecto.

El ensayo de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y sub-rasantes bajo el pavimento de carreteras y aeropistas, la siguiente tabla da una clasificación típica:

Tabla N°39: Clasificación de CBR para suelos

CBR	Clasificación General	Usos	Sistema de Clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 - 3	muy pobre	Sub-rasantes	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	pobre a regular	Sub-rasantes	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 - 20	regular	Sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	bueno	base, sub-base	GM, GC, W, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	excelente	base	GW, GM	A1-a, A2-4, A3

Fuente: Propia

Por lo tanto, los resultados obtenidos a partir del ensayo in situ de CBR nos dieron los siguientes resultados:

Tabla N°40: Cuadro Resumen CBR in situ

CUADRO RESUMEN DE RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. INSITU

(ASTM D 1883 - MTC E 132)

Muestra de calicata N°	Clasificación		C.B.R. IN-SITU		USO
	AASHTO	SUCS	95%	100%	
C-1	A-1a	GM	33.6	-	AFIRMADO
C-2	A-1a	GP	42.1	-	AFIRMADO
C-3	A-1a	GM	39.8	-	AFIRMADO
C-4	A-1b	GM	29.0	-	AFIRMADO
C-5	A-1a	GM	33.6	-	AFIRMADO
C-6	A-1a	GM	32.4	-	AFIRMADO
C-7	A-1a	GM	22.2	-	AFIRMADO
C-8	A-1a	GP - GM	33.6	-	AFIRMADO
C-9	A-1a	GM	36.4	-	AFIRMADO

Fuente: Propia

Los resultados de CBR obtenida a partir del Ensayo in situ a una penetración de 5.00 mm es nos arrojan valores de entre 30 y 50%, por lo que podríamos estar hablando de un base granular en buenas condiciones, pero aun así estas serán ensayadas en laboratorio para tener un CBR de muestras alteradas bajo condiciones ya establecidas. Para las muestras trabajadas en laboratorio, donde se sometió a ensayos de compactación para definir la humedad optima a una determinada densidad, se llegó a lo siguiente:

El valor de CBR a 1" para las 09 muestras a un 95% de M.D.S. son los siguientes

Tabla N°41: Cuadro Resumen CBR de Laboratorio

CUADRO RESUMEN DE RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.

(ASTM D 1883 - MTC E 132)

Muestra de calicata N°	Clasificación		C.B.R. de Laboratorio		USO
	AASTHO	SUCS	95%	100%	
C-1	A-1a	GM	35.8	-	AFIRMADO
C-2	A-1a	GP	43.5	-	AFIRMADO
C-3	A-1b	GM	41.5	-	AFIRMADO
C-4	A-1a	GM	31.0	-	AFIRMADO
C-5	A-1a	GM	36.3	-	AFIRMADO
C-6	A-1a	GM	36.1	-	AFIRMADO
C-7	A-1a	GM	25.0	-	AFIRMADO
C-8	A-1a	GP - GM	32.7	-	AFIRMADO
C-9	A-1a	GM	39.2	-	AFIRMADO

Fuente: Propia

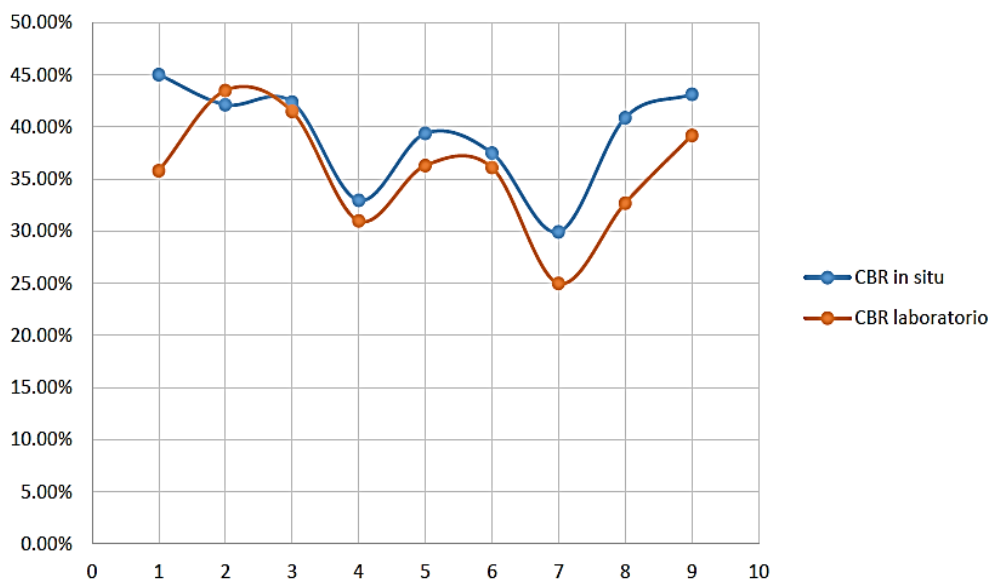
Este ensayo aun así presenta limitaciones, que genera variaciones en los resultados de suelos.

- El valor de CBR no comporta, per se, un parámetro geomecánico, aunque está asociado a múltiples correlaciones y métodos semiempíricos de diseño de pavimentos.

- Durante el ensayo bajo condición de 4 días de inmersión no es posible controlar el grado de saturación del suelo. El espécimen es sacado del agua y dejado escurrir por 15 minutos antes de ser ensayado. Este escurrimiento incrementa la succión en el suelo de forma descontrolada, lo que da lugar a resultados sesgados.
- La gráfica densidad versus CBR recomendada en el procedimiento ASTM para obtener el CBR de diseño del suelo no es, por definición, una curva de diseño. Por tanto, en el sentido estricto, no debería ser usada para diseñar el suelo compactado. De hacerse se obtendrían resultados sesgados ya que no hay forma de asegurar que todos los especímenes pertenecientes a la gráfica tienen el mismo grado de saturación. Aun así, son valores que se consideran para proyectos de construcción por ser los más confiables. Comparando gráficamente los obtenidos bajo laboratorio y en campo, vemos que son similares, teniendo una comparativa en el siguiente gráfico:

Figura N°33: Curvas Resumen CBR de Laboratorio

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR



Fuente: Propia

El comentario final es que, aun siguiendo la norma ASTM, teniendo la competencia del mejor laboratorista, los equipos nuevos y recién calibrados, y dejando de un lado las variaciones propias del ensayo como proceso estocástico, un mismo suelo puede tener tantos valores de CBR como condiciones de ensayo se tengan. Esta afirmación es lo suficientemente fuerte para provocar una intensa polémica, y la cantidad de información es tal que es necesario tiempo para digerir esta idea poco a poco. Aquí les dejo estos dos artículos que explican con extensión y soportan técnicamente esta afirmación.

Finalmente tenemos un cuadro comparativo entre los resultados obtenidos bajo CBR in situ y CBR de laboratorio, para luego ser comparados con la norma y ver si se encuentran entre los parámetros establecidos.

Tabla N°42: Cuadro Comparativo CBR in situ vs CBR laboratorio

Calicata N°	Profundidad (m)	CBR in situ (%)	CBR laboratorio (%)
01	0.3	34	36
02	0.3	42	44
03	0.3	40	42
04	0.3	29	31
05	0.3	34	36
06	0.3	33	36
07	0.3	22	25
08	0.3	34	33
09	0.3	36	39

Fuente: Propia

COMPARATIVA Curva CBR IN SITU VS Curva Norma CBR IN SITU

Figura N°34: Gráfica Carga – Penetración

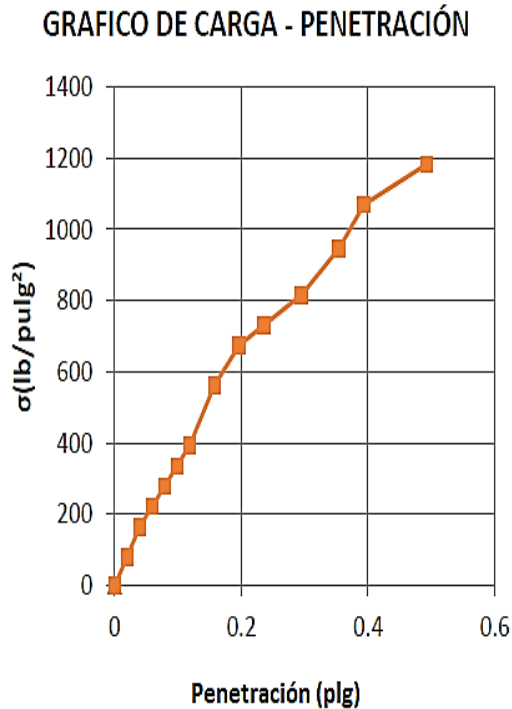
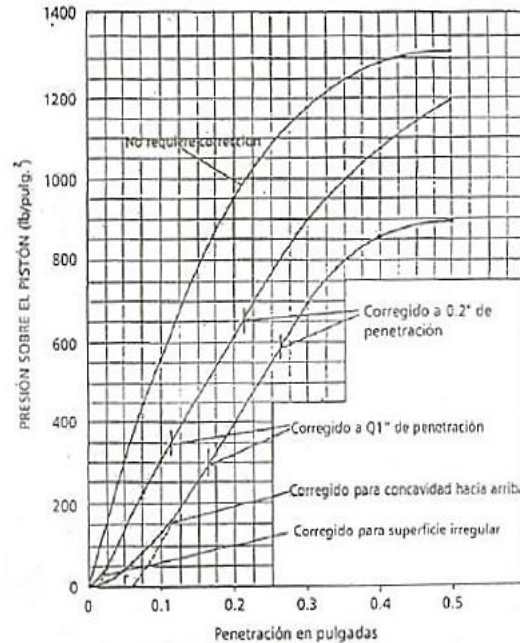


Figura N°35: Carga – Penetración Norma



Al comparar la gráfica obtenida a partir de una calicata promedio ensayada por CBR in situ, con la gráfica estándar dada por la norma ASTM D 4429, vemos que las gráficas presentan una tendencia similar a cada rango de presión y penetración, por lo que nuestro suelo ensayado está dentro de los estándares que la norma nos indica.

Entonces la base granular presente en el sector Gran Chimú tiene una composición, características y propiedades que la hacen apropiada para su futuro uso en la pavimentación de la zona, bajo un ensayo in situ, no conllevando a mejoramientos ni gastos en general.

COMPARATIVA Curva CBR Laboratorio vs Curva Norma CBR Laboratorio

Figura N°36: Gráfica Carga – Penetración

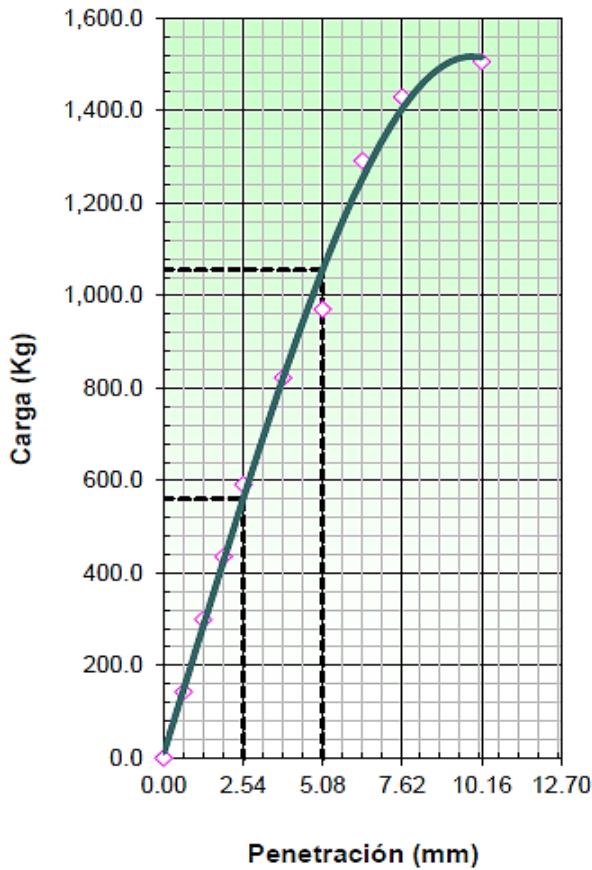
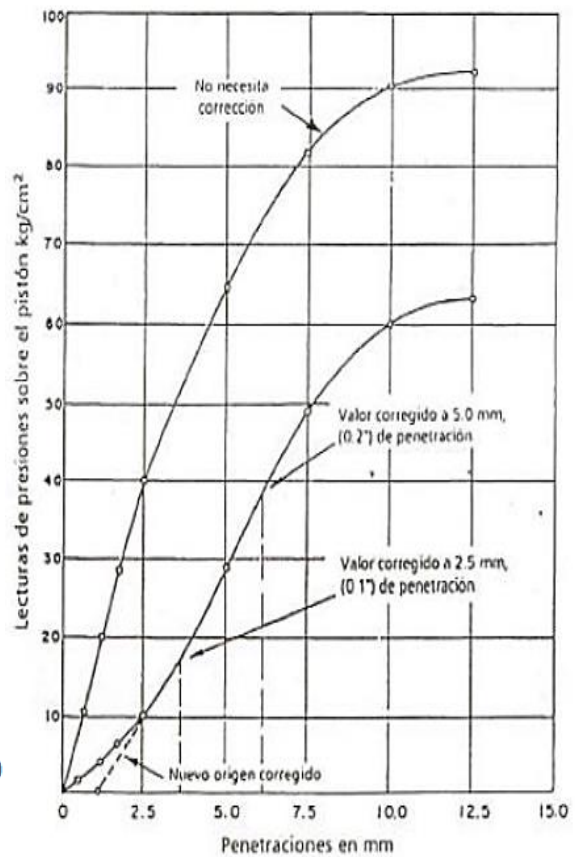


Figura N°37: Carga – Penetración Norma



Al comparar la gráfica obtenida a partir de una calicata promedio ensayada por CBR en laboratorio, con la gráfica estándar dada por la norma ASTM D 1883, vemos que las gráficas presentan una tendencia similar a cada rango de presión y penetración, se observa que se llega a una penetración menor en nuestra base granular, pero aun así nuestro suelo ensayado está dentro de los estándares que la norma nos indica.

Por lo tanto, la base granular presente en el sector Gran Chimú tiene una composición, características y propiedades que la hacen apropiada para su futuro uso en la pavimentación de la zona, bajo un ensayo en laboratorio, no conllevando a mejoramientos ni gastos en general.

CONCLUSIONES

- Del trabajo realizado se puede apreciar que cuando se busque conocer la estructura de suelo, cimentación natural, estratificación, que son aspectos que no pueden producirse con muestras remoldeados de suelo ni con muestras supuestamente inalteradas que se ensayen en laboratorio, se recomienda efectuar el ensayo CBR in situ.
- Entre el CBR IN SITU y CBR laboratorio, se pudo apreciar que existen condiciones de los cuales dependerán mucho los resultados del análisis de CBR, por una parte, el IN SITU tiene la condición que en el lugar donde se realice el ensayo no existan partículas superiores al tamiz 20 mm (3/4”), debido q que podrían afectar los resultados del esfuerzo sometido en campo. La preparación del terreno requiere enrasar y nivelar un área para posteriormente colocar las sobrecargas estipuladas; mientras el CBR laboratorio requiere una correcta precisión y guía de la norma para poder evaluar bien las variables y así poder tener una confiabilidad de los resultados de CBR que se obtengan.
- Mediante la evaluación del cuadro comparativo de CBR IN SITU y el CBR laboratorio, se puede apreciar que no existe una diferencia muy lejana de resultados, a diferencia que el IN SITU resulta más eficiente en velocidad de ejecución, por ser más rápido la evaluación y análisis de la muestra, debido a que es directo en campo y no pasa por una serie de procesos y análisis de variables.
- De los resultados obtenidos, siendo estos similares, se puede definir a la Base Granular como buena.
- Bajo las condiciones a ensayar se establece que el ensayo CBR en laboratorio ofrece resultados más confiables que el CBR in situ, claro que esto dependerá que la correcta guía y evaluación de las variables (DSM y OCH).

RECOMENDACIONES

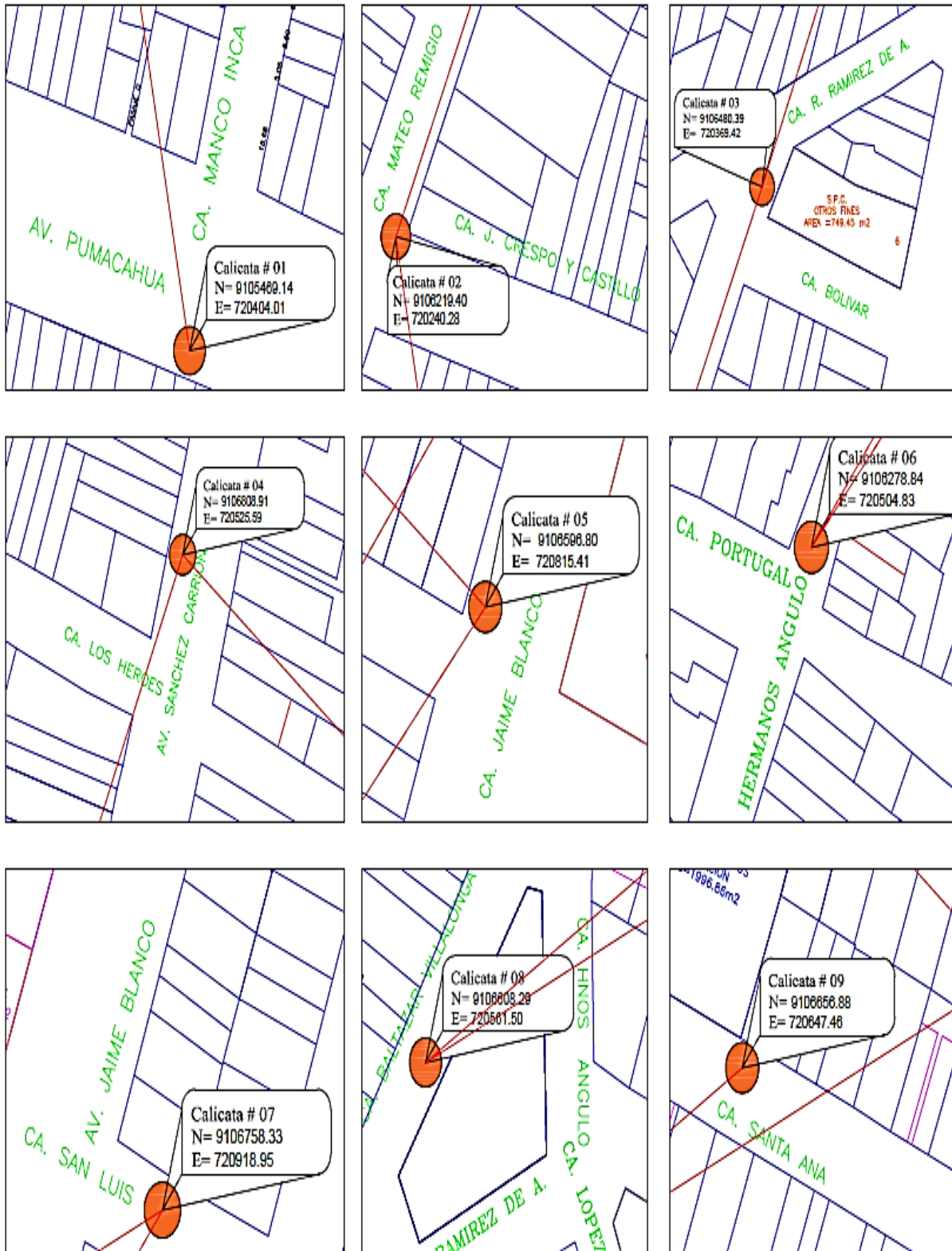
- El valor de CBR tiene sus limitaciones como parámetro geomecánico para el diseño de pavimentos y rellenos estructurales, sin embargo, es muy útil y recomendable convertirlo en módulo de Elasticidad considerando que este simula una prueba de placa circular a escala.
- Realizar el uso de programas avanzados de análisis estadísticos, para facilitar el avance en el proceso de análisis de gráficas y cálculos.
- Evitar el ensayo bajo cuatro días de inmersión debido a que controlar el grado de saturación del suelo sería más tedioso.
- Se recomienda en gran medida tomar puntos de muestreo orientados a futuros proyectos y donde se cree se tenga deficiencias en algunos ya realizados sobre esa base granular.
- Trabajar las muestras para CBR laboratorio de ser posible el mismo día de la extracción.

REFERENCIAS

1. LAMBE, T.W y WHITMAN, R.V. "Mecánica de Suelos". Editorial Limusa. México, 2008
2. Normas COVENIN para ensayos de suelos.
3. Braja M. Das. Principios de Ingeniería de Cimentaciones.2008.
4. Juárez Badillo y Rico Rodríguez. (1993). Mecánica de suelos. Tomos I y II. México: Limusa.
5. Braja M. Das. (1994). Principles of geotechnical engineering. PWS Publishing Company.
6. TERZAGHI y PECK. "Mecánica de suelos en la Ingeniería práctica". Editorial Ateneo, 1972.
7. Celso Ugas. (1985). Ensayos de laboratorio en mecánica de suelos. Caracas: U.C.V.
8. Normas COVENIN para ensayos de suelos.
9. CRESPO V. Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Editorial Limusa, 2006.
10. Rico. Del Castillo. La Ingeniería de Suelos en las Vías terrestres. Tomo 1 .Editorial Limusa, 2006.

ANEXOS

Foto N°03: Ubicación de Calicatas



Fuente: Propia

Foto N°04: Midiendo sección para calicata



Fuente: Propia

Foto N°05: Picado de la sección



Fuente: Propia

Foto N°06: Excavación manual para calicatas



Fuente: Propia

Foto N°07: Equipo encargado de excavación



Fuente: Propia

Foto N°08: Material extraído de las calicatas



Fuente: Propia

Foto N°09: Elección de muestras representativas



Fuente: Propia

Foto N°10: Peso de las muestras representativas



Fuente: Propia

Foto N°11: Puesta al horno de las muestras



Fuente: Propia

Foto N°12: Tamizado de la muestra de suelo



Fuente: Propia

Foto N°13: Ensayo de Limites de Consistencia



Fuente: Propia

Foto N°14: Ensayo Gravedad Especifica



Fuente: Propia

Foto N°15: Ensayo de compactación



Fuente: Propia

Foto N°16: Camión para CBR in situ



Fuente: Propia

Foto N°17: Ensamble del equipo para ensayo



Fuente: Propia

Foto N°18: Operario ensamblando equipo



Fuente: Propia

Foto N°19: Calibración de equipo para CBR in situ



Fuente: Propia

Foto N°20: Equipo ya ensamblado para CBR in situ



Fuente: Propia

Foto N°21: Indicadores de presión



Fuente: Propia

Foto N°22: Tesistas en el campo de acción

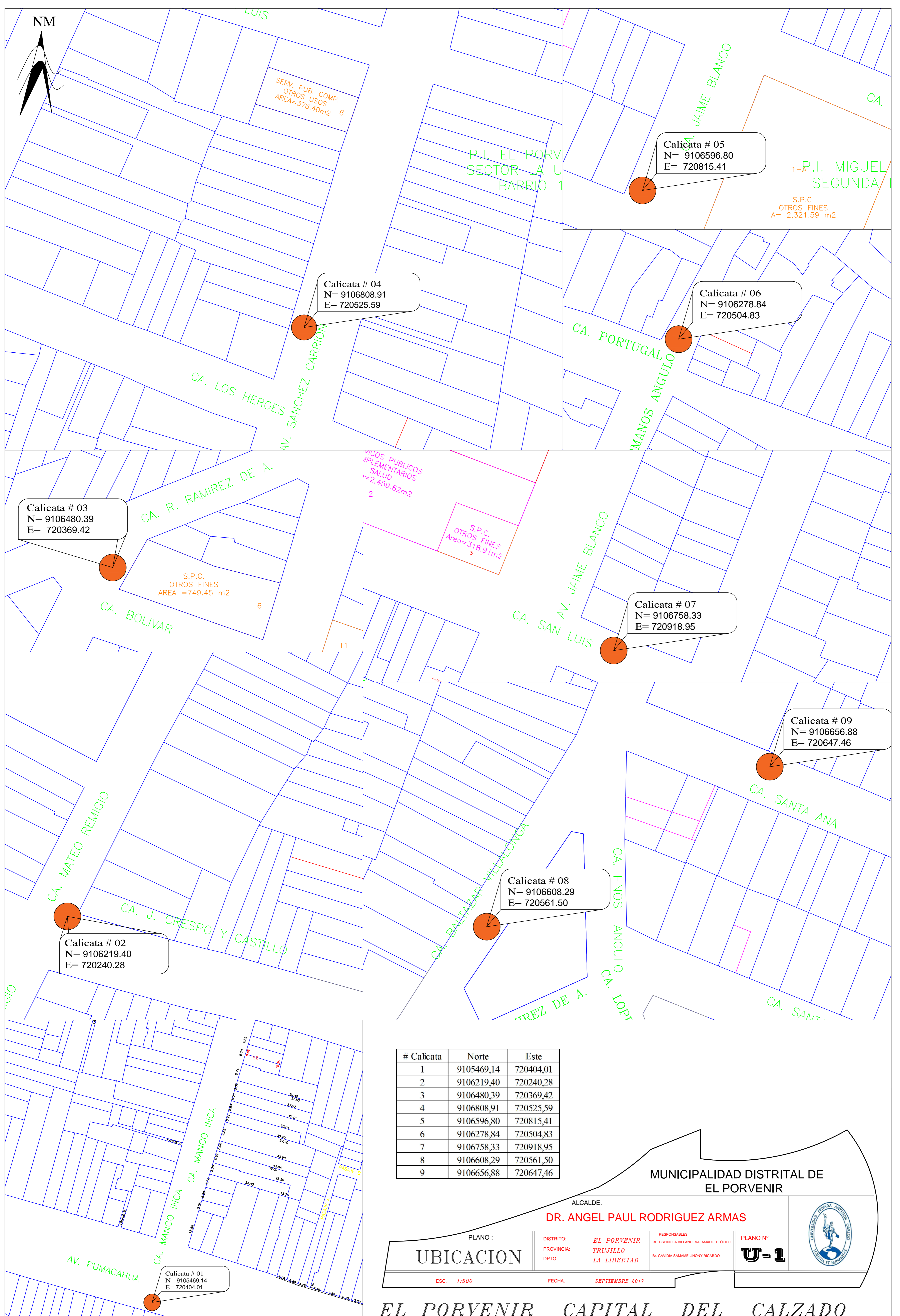
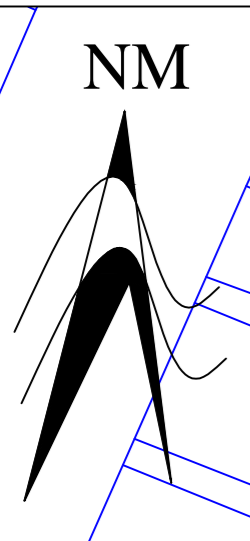


Fuente: Propia

Foto N°23: Recolección de resultados



Fuente: Propia



# Calicata	Norte	Este
1	9105469,14	720404,01
2	9106219,40	720240,28
3	9106480,39	720369,42
4	9106808,91	720525,59
5	9106596,80	720815,41
6	9106278,84	720504,83
7	9106758,33	720918,95
8	9106608,29	720561,50
9	9106656,88	720647,46

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE EL PORVENIR

ALCALDE:
DR. ANGEL PAUL RODRIGUEZ ARMAS

PLANO: UBICACION	DISTRITO: EL PORVENIR PROVINCIA: TRUJILLO DPTO.: LA LIBERTAD	RESPONSABLES: Dr. ESPINOLA VILLANUEVA, AMADO TEOFILO Dr. GAVIDIA SAMAME, JHONY RICARDO	PLANO N° U-1
----------------------------	---	--	------------------------

ESC. 1:500 FECHA. SEPTIEMBRE 2017



EL PORVENIR CAPITAL DEL CALZADO