

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO**  
**CIVIL**

---

**“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO  
MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE  
CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO -  
CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL,  
PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD”**

---

**AREA DE INVESTIGACION:**  
GEOLOGIA Y GEOTECNIA

**AUTOR:**  
BR. AVILA CHAVEZ, KARINA MARGARITA

**JURADO EVALUADOR:**  
**PRESIDENTE:** ING. JUAN PAUL HENRIQUEZ ULLOA  
**SECRETARIO:** ING. OMAR ALEXANDER DAVALOS CAPRISTAN  
**VOCAL:** ING. SEGUNDO ALFREDO VARGAS LOPEZ

**ASESOR:**  
ING. LUJAN SILVA ENRIQUE FRANCISCO  
**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-8960-8810>

**TRUJILLO - PERÚ**  
**2021**

**Fecha de sustentación: 2021/05/14**



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO**  
**CIVIL**

---

**“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO  
MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE  
CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO -  
CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL,  
PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD”**

---

**ÁREA DE INVESTIGACION:**  
GEOLOGIA Y GEOTECNIA

**AUTOR:**  
BR. AVILA CHAVEZ, KARINA MARGARITA

**JURADO EVALUADOR:**  
**PRESIDENTE:** ING. JUAN PAUL HENRIQUEZ ULLOA  
**SECRETARIO:** ING. OMAR ALEXANDER DAVALOS CAPRISTAN  
**VOCAL:** ING. SEGUNDO ALFREDO VARGAS LOPEZ

**ASESOR:**  
ING. LUJAN SILVA ENRIQUE FRANCISCO  
**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-8960-8810>

**TRUJILLO - PERÚ**  
**2021**

**Fecha de sustentación: 2021/05/14**

# DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios por iluminarme y ayudarme en este proyecto de mi formación, también es dedicado a mis queridos padres y hermano por su inmenso apoyo, y a todas las personas que me guiaron y enseñaron a no rendirme y seguir luchando por mis sueños y metas.

# **AGRADECIMIENTO**

A mi Padre Celestial que nunca me abandono, que me dio fuerza y muchas bendiciones como poder lograr esta gran meta, que fue mi guía en todo el camino.

A mis Padres Adrian Avila Caballero y Nancy Chavez Avila que siempre me apoyaron en este largo camino, y confiaron en mí.

A mi hermano por sus consejos, apoyo incondicional y aliento.

A mi asesor Ing. Enrique Francisco Lujan Silva por sus enseñanzas y apoyo para elaborar mi proyecto de tesis.

A todos mis seres queridos por siempre darme fortaleza, por brindarme su apoyo, sus consejos y comprensión.

# RESUMEN

En este proyecto de **“Análisis y evaluación de la subrasante aplicando métodos de estabilización con cal y cloruro de calcio, en la carretera tramo Huamachuco - Cajabamba, caserío San Miguel, distrito Marcabal, provincia de Sánchez Carrión - La Libertad”** se busca dar solución al problema que existe en un tramo de la carretera del caserío de San Miguel proponiendo dos métodos de estabilización.

En la carretera del caserío de San Miguel tramo Huamachuco – Cajabamba, se presenta una falla geológica que afecta el tránsito de vehículos y además afecta a la población de esta zona; esta falla es el asentamiento del suelo lo que provoca daños en la carretera y genera fisuras en las viviendas como se muestra en los anexos. Este problema de asentamiento puede ser por el tipo de suelo de esta zona o por la cantidad de humedad que existe. Por estas razones es que se propone aplicar dos métodos para la estabilización de suelo (estabilización con cal y estabilización con cloruro de calcio) esperando poder mejorar el estado actual de la carretera en este tramo de estudio para beneficio de los pobladores y de los vehículos.

Se realizó un estudio topográfico para determinar las características geográficas del terreno. El tramo de estudio es de 1500m y se tomaron las muestras cada 500m (dos muestras por cada calicata) teniendo así un total de 8 muestras para realizar los estudios de suelo, granulometría, humedad, ensayo próctor, CBR, entre otros; con la finalidad de conocer el estado actual de la carretera y el tipo de suelo que presenta. Teniendo como resultado de los ensayos dos tipos de suelos (A-4 y A-1-b) según tabla AASHTO, suelos que no cumple con los requisitos de calidad establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC E 132) que dice que el material a emplearse para la subrasante de un pavimento debe tener un CBR > 30% o 40%, y el CBR para estos tipos de suelos son de 10.81% y 27.4% respectivamente.

Después se aplicó los métodos ya mencionados para establecer cuál de estos dos métodos es más conveniente aplicar a esta zona, teniendo como resultados que ambos métodos son favorables para la estabilización del suelo ya que los resultados para la muestra 1 que es un tipo suelo de tipo (A-1-b) se nota un gran cambio del CBR cuando se añade la cal, pero es aún mayor cuando se incorpora el cloruro de calcio, la muestra inalterada tiene un CBR de 27.40% para el 100% en una penetración de 2”; cuando se incorporó la cal se obtuvo como resultado un CBR de 47.70% y cuando se incorporó el cloruro de calcio se obtuvo un CBR de 49.80%, esto significa un aumento del 74.09% con la cal y un aumento del 81.75% con el cloruro de calcio. Mientras que para la muestra 2 que es un tipo de suelo (A-4) tenemos en la muestra inalterada un CBR de 10.81% para el 100% en una penetración de 2”; cuando se incorporó la cal se obtuvo como resultado un CBR de 31.24% y cuando se incorporó el cloruro de calcio se obtuvo un CBR de 40.80%. esto significa un aumento del 189.00% con la cal y un aumento del 277.44% con el cloruro de calcio.

Asimismo, también se realizó un análisis de los precios por m<sup>2</sup> para cada método, concluyendo que el método más viable económicamente es la cal ya que su costo es menor al del cloruro de calcio. Pero si hablamos del método más viable técnicamente el cloruro de calcio le da un porcentaje mayor de estabilidad a los dos tipos de suelos en el tramo de estudio.

# ABSTRACT

In this project of "**Analysis and evaluation of the subgrade applying stabilization methods with lime and calcium chloride, in the highway section Huamachuco - Cajabamba, San Miguel village, Marcabal district, Sánchez Carrión province - La Libertad**" seeks to provide a solution to the problem that exists in a section of the highway of the hamlet of San Miguel proposing two methods of stabilization.

On the highway of the San Miguel hamlet, section Huamachuco - Cajabamba, there is a geological fault that affects the traffic of vehicles and also affects the population of this area; This fault is the settlement of the ground which causes damage to the road and creates cracks in the houses as shown in the annexes. This settlement problem may be due to the type of soil in this area or the amount of moisture that exists. For these reasons, it is proposed to apply two methods for soil stabilization (stabilization with lime and stabilization with calcium chloride) hoping to improve the current state of the road in this section of study for the benefit of residents and vehicles.

A topographic study was carried out to determine the geographical characteristics of the terrain. The study section is 1500m and the samples were taken every 500m (two samples for each pit) thus having a total of 8 samples to carry out the soil, granulometry, humidity, proctor test, CBR, among others; in order to know the current state of the road and the type of soil it presents. Taking as a result of the tests two types of soils (A-4 and A-1-b) according to the AASHTO table, soils that do not meet the quality requirements established by the Ministry of Transportation and Communications (MTC E 132) which says that The material to be used for the subgrade of a pavement must have a CBR > 30% or 40%, and the CBR for these types of soils are 10.81% and 27.4% respectively.

Afterwards, the aforementioned methods were applied to establish which of these two methods is more convenient to apply to this area, having as results that both methods are favorable for soil stabilization since the results for sample 1, which is a soil type of type (A-1-b) a large change in CBR is noted when lime is added, but it is even greater when calcium chloride is incorporated, the unaltered sample has a CBR of 27.40% for 100% in a penetration of 2"; When lime was incorporated, a CBR of 47.70% was obtained and when calcium chloride was incorporated, a CBR of 49.80% was obtained, this means an increase of 74.09% with lime and an increase of 81.75% with chloride of calcium. While for sample 2 which is a type of soil (A-4) we have in the unaltered sample a CBR of 10.81% for 100% in a penetration of 2"; When lime was incorporated, a CBR of 31.24% was obtained and when calcium chloride was incorporated, a CBR of 40.80% was obtained. this means an increase of 189.00% with lime and an increase of 277.44% with calcium chloride.

Likewise, an analysis of the prices per m<sup>2</sup> was also carried out for each method, concluding that the most economically viable method is lime since its cost is lower than that of calcium chloride. But if we talk about the most technically viable method, calcium chloride gives a higher percentage of stability to the two types of soils in the study section.

# PRESENTACIÓN

Estimados señores miembros del jurado:

Cumpliendo con las normas que establece el Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone a su consideración el Informe del Trabajo de Investigación Titulado “**Análisis y evaluación de la subrasante aplicando métodos de estabilización con cal y cloruro de calcio, en la carretera tramo Huamachuco - Cajabamba, caserío San Miguel, distrito Marcabal, provincia de Sánchez Carrión - La Libertad**”, con la certeza de lograr una justa evaluación y dictamen.

Atentamente,

Trujillo, abril de 2021.  
Br. Ávila Chávez Karina Margarita

# INDICE

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTO .....	II
RESUMEN .....	III
ABSTRACT .....	V
PRESENTACIÓN.....	VI
INDICE.....	VII
TABLAS .....	IX
FIGURAS.....	X
1. INTRODUCCION .....	2
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	2
1.1.1. Delimitación del Problema .....	4
1.1.2. Descripción Geográfica de Marcabal .....	5
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	7
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION .....	7
1.3.1. Objetivo general. ....	7
1.3.2. Objetivos específicos.....	7
1.4. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO .....	7
2. MARCO DE REFERENCIA.....	9
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	9
2.1.1. Internacionales .....	9
2.1.2. Nacionales.....	9
2.2. MARCO TEORICO .....	10
2.2.1. Fundamentación Teórica y Científica del Problema .....	10
2.2.2. Anexos Informativos .....	21
2.3. Marco Conceptual .....	22
2.4. HIPOTESIS.....	23
2.5. VARIABLES.....	24
2.5.1. Variable Dependiente .....	24
2.5.2. Variable Independiente.....	24
2.5.3. Operacionalización de las variables.....	24
3. METODOLOGÍA .....	27
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	27

3.1.1.	Tipo de Investigación.....	27
3.1.2.	Nivel de Investigación.....	27
3.2.	POBLACION Y MUESTRA .....	27
3.2.1.	Población.....	27
3.2.2.	Muestra .....	27
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.4.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	28
3.5.	PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS .....	28
4.	RESULTADOS.....	55
4.1.	ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	55
4.1.1.	Análisis Granulométrico para Agregados Gruesos y Finos .....	55
4.1.2.	Análisis Granulométrico para Clasificación SUCS y AASHTO .....	55
4.1.3.	Contenido de humedad .....	56
4.1.4.	Límites de Atterberg .....	56
4.1.5.	Proctor Modificado (Muestra Inalterada).....	57
4.1.6.	Proctor Modificado (Muestra 1) Incorporando CAL y Cloruro de Calcio	57
4.1.7.	Proctor Modificado (Muestra 2) Incorporando CAL y Cloruro de Calcio	58
4.1.8.	CBR (Muestra Inalterada) .....	58
4.1.9.	CBR (Muestra 1) Incorporando la CAL y Cloruro de Calcio .....	59
4.1.10.	CBR (Muestra 2) Incorporando la CAL y Cloruro de Calcio ....	59
4.1.11.	Comparación de Precios Unitarios .....	60
4.1.12.	Plano topográfico de la zona de estudio.....	60
4.2.	Prueba de Hipótesis.....	60
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	62
	CONCLUSIONES .....	66
	RECOMENDACIONES .....	69
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	71
	ANEXOS.....	73

# TABLAS

Tabla 1.1. Ubicación de coordenadas Geográficas .....	5
TABLA 2.1. Clasificación AASHTO .....	13
TABLA 2.2. Características de los suelos según SUCS .....	15
TABLA 2.3. Clasificación de suelos según AASHTO.....	17
TABLA 2.4. Ensayo de Laboratorio .....	17
TABLA 2.5. Alternativas de estabilización de suelos .....	19
TABLA 2.6. Alternativas de estabilización de suelos .....	21
TABLA 2.7. Simbología de suelos (referencial) .....	22
TABLA 2.8. Operacionalización de la variable independiente. ....	24
TABLA 2.9. Operacionalización de la variable dependiente. ....	25
TABLA 3.1. Tamices para análisis granulométrico .....	29
TABLA 3.2. ....	30
TABLA 3.3. ....	30
TABLA 3.4. ....	32
TABLA 3.5. ....	36
TABLA 3.6. Estimación de Precisión.....	38
TABLA 3.7. MASA REDONDEADA PARA EL ESPECIMEN DE ENSAYO .....	40
TABLA 3.8. Densidad del agua y Coeficiente de temperatura (k).....	41
TABLA 3.9. Penetración.....	51
TABLA 3.10.....	52
TABLA 4.1. Contenido de Porcentaje por Material .....	55
TABLA 4.2. Clasificación del suelo.....	55
TABLA 4.3. Contenido de Humedad .....	56
TABLA 4.4. Límites de Atterberg.....	56
TABLA 4.5. Proctor Modificado (Muestra Inalterada) .....	57
TABLA 4.6. Proctor Modificado (Muestra 1) .....	57
TABLA 4.7. Proctor Modificado (Muestra 2) .....	58
TABLA 4.8. CBR (Muestra Inalterada) .....	58
TABLA 4.9. CBR (Muestra 1) .....	59
TABLA 4.10. CBR (Muestra 2) .....	59
TABLA 4.11. Análisis de Precios Unitarios .....	60
TABLA 4.12. Plano Topográfico .....	60
TABLA 5.1. Contenido de Porcentaje por Material .....	62
TABLA 6.1. Resumen de ensayos de Laboratorio.....	66

# FIGURAS

Figura 1.1: Asentamiento de la carretera .....	3
Figura 1.2: Asentamiento de la carretera .....	3
Figura 1.3: Asentamiento de la carretera .....	4
Figura 1.4: Extracción de Material de la Calicata .....	4
Figura 1.5: Tramo de estudio .....	5
Figura 1.6: Mapa de Marcabal .....	6
Figura 2.1: Ensayo Proctor Modifíco .....	20
Figura 2.2: Molde con base, disco y collar .....	21
Figura 3.1: Aparato Manual para Límite Líquido .....	34
Figura 3.2: Molde con Base, Disco y Collar.....	48
Figura 3.3.....	50
Figura 3.4: Curva para Cálculo de Índice de CBR.....	53
Figura 9.1: Asentamiento 1 de la carretera .....	134
Figura 9.2: Asentamiento 2 de la carretera .....	134
Figura 9.3: Asentamiento 3 y fisura al extremo de la carretera.....	135
Figura 9.4: trazo de calicata 1 (1x1m) .....	135
Figura 9.5: Excavación de calicata 2.....	136
Figura 9.6: Hundimientos en la carretera .....	136
Figura 9.7: Fisuras en vivienda 1 .....	137
Figura 9.8: Excavación calicata 3.....	137
Figura 9.9: Muestra 5 de la calicata 3 .....	138
Figura 9.10: Fisuras en vivienda 2 .....	138
Figura 9.11: Ensayo de granulometría (tamizado).....	139
Figura 9.12: Ensayo de Contenido de Humedad (muestra en el horno) .....	139
Figura 9.13: Ensayo Límites de Atterberg (copa de casa grande) .....	140
Figura 9.14: Ensayo Gravedad Específica (fiolas) .....	140
Figura 9.15: Ensayo Proctor Modificado (Apisonamiento del material).....	141
Figura 9.16: Ensayo Proctor Modificado (peso del material con agua) .....	141
Figura 9.17: Ensayo CBR (Apisonamiento con 12,26 y 55 golpes) .....	142
Figura 9.18: Ensayo CBR (Inmersión de moldes y colocación de trípode con deformímetro) .....	142
Figura 9.19: Ensayo CBR (Penetración de pistón) .....	143
Figura 9.20: Ensayo CBR con cal (Selección de Muestra) .....	143
Figura 9.21: Ensayo CBR con cal (Apisonamiento con 12,26 y 55 golpes) ....	144
Figura 9.22: Ensayo CBR con Cal (Inmersión de moldes y colocación de trípode con deformímetro).....	144
Figura 9.23: Ensayo CBR con Cal (Penetración de pistón) .....	145

# **INTRODUCCION**

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

La Geología y Geotecnia son una rama de la Ingeniería Civil que estudian la estructura de la tierra y sus propiedades mecánicas e hidráulicas. Con el estudio de estas ramas se puede ayudar a minimizar riesgos antes posibles hundimientos de la tierra, derrumbes o desplazamientos de terreno.

En las carreteras liberteñas se tiene diferentes tipos de deterioros de sus componentes y no se puede determinar la calidad ni la garantía de su funcionamiento. Esto se puede deber al tipo de suelo del terreno y las características que tiene. Generalmente los suelos y el tipo de asfalto usado para una carretera tienen la desventaja de ser sensibles a la influencia de agua afectando hasta los suelos arcillosos más duros y destruyendo su estabilidad.

El gran contenido de humedad se localiza precisamente donde causan los mayores problemas, y esto solo se pueden prevenir si se evita la filtración del agua

Factores Condicionantes de las Inestabilidades:

El tipo de material. Existen algunos suelos que presentan mayor resistencia a los movimientos, en cambio también hay otros tipos de suelos que tienen menor resistencia a los movimientos. Tenemos por ejemplo los lugares donde corre agua a través de las rocas, esta fisura puede ser cada vez más grande debido a la separación de las rocas generando así un colapso, ya que la roca tiene cierta capacidad para soportar material que tiene encima y esta va disminuyendo, la relación de los tamaños de las partículas (limo-arcilla), la presencia de arcillas expansivas, las sales o las calizas, la solubilidad de algunas rocas, como los yesos.

La presencia de agua en algunos casos favorece la compactación de los suelos.

**(Pobres x desastres: Desastres de Origen Natural y Cooperación para el Desarrollo, 2015).**

Camino desde la ciudad de Huamachuco a Cajabamba existe un tramo del kilómetro 1131 al kilómetro 1129 se encuentra una falla en la carretera, esta carretera se está asentando y está afectando al tránsito y a los pobladores que viven a los costados del tramo, afectando a sus viviendas; esto se puede dar por el tipo de suelo o porque hay presencia de agua. De todas formas, para evitar este problema se debe hacer un análisis y evaluación del suelo para realizar la estabilización aplicando dos métodos, la estabilización con cal y cloruro de calcio, para aumentar la durabilidad de la carretera y la comodidad de los pobladores del caserío de San Miguel del Distrito de Marcabal.

**(Elaboración Propia)**

**Figura 1.1: Asentamiento de la carretera**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 1.2: Asentamiento de la carretera**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 1.3: Asentamiento de la carretera**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 1.4: Extracción de Material de la Calicata**



**Fuente: Elaboración Propia**

### **1.1.1. Delimitación del Problema**

La ubicación geográfica donde se realizará este trabajo, será en el caserío San Miguel que se ubica:

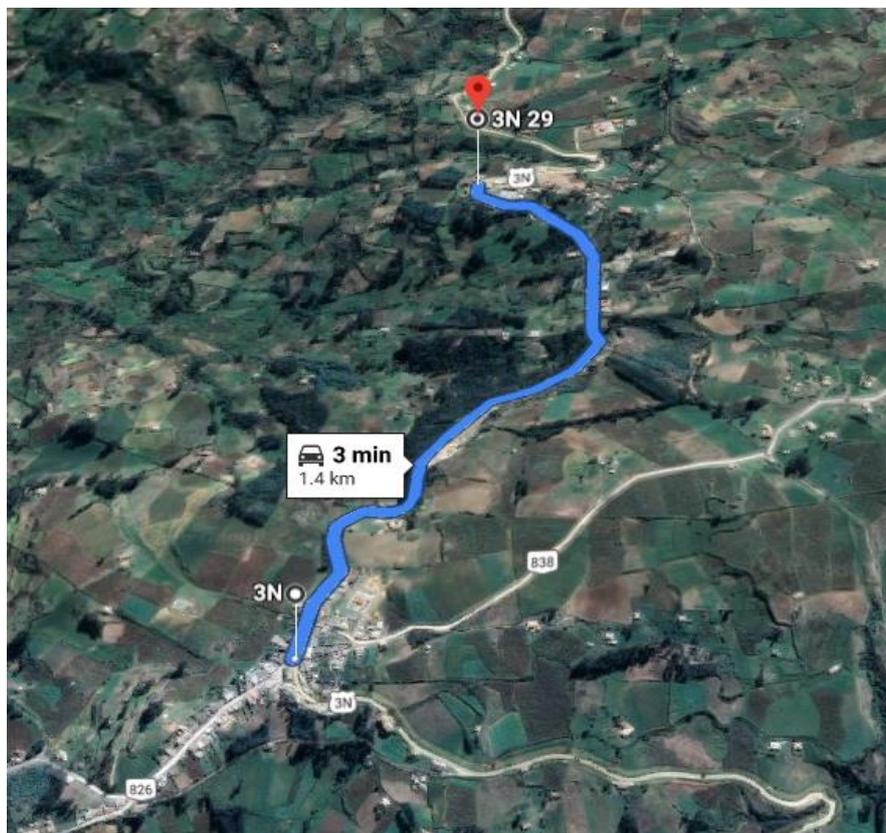
Región: La Libertad  
Provincia: Sánchez Carrión  
Distrito: Marcabal  
Región Geográfica: Sierra  
Altitud: 3,060 m.s.n.m.  
Área: Rural

*Tabla 1.1. Ubicación de coordenadas Geográficas*

CASERIO	Coordenadas Geográficas		Altitud (m.s.n.m.)
	Latitud	Longitud	
San Miguel	7°42'03.4"S	78°01'05.3"W	3,060

**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 1.5: Tramo de estudio**



**Fuente: "Google Maps"**

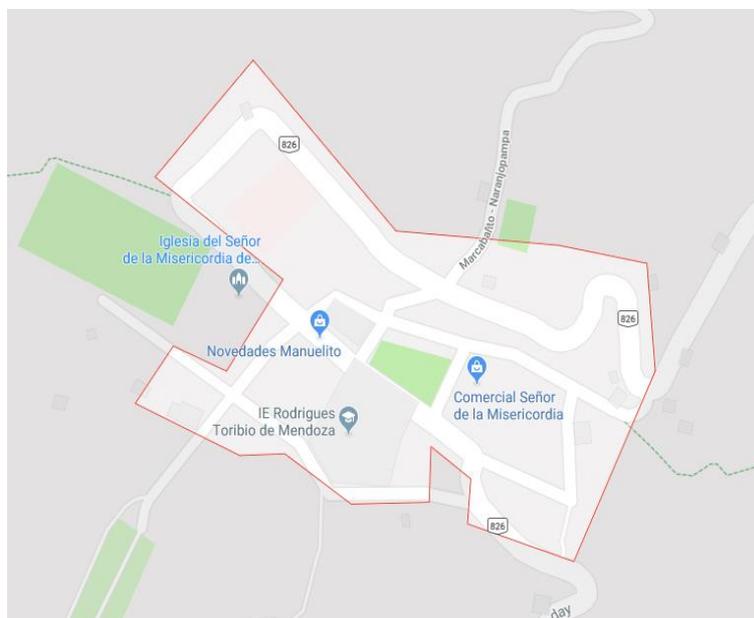
### **1.1.2. Descripción Geográfica de Marcabal**

“La provincia de Sánchez Carrión se ubica en la cordillera de Los Andes a 7°48'44" Latitud Sur y 78°2'50" Longitud Oeste. La ciudad de Huamachuco es la capital de la Provincia y se encuentra a 180 Km al este de la ciudad de Trujillo, a 3169 msnm.

La ciudad de Huamachuco limita con la región Cajamarca por el norte, por el sur con la provincia de Santiago de Chuco, por el este con las provincias de Bolívar y Pataz, y; por el oeste con la provincia de Otuzco. Presenta una superficie de 424.13 km<sup>2</sup>, y tiene 16 221 habitantes aproximadamente.

El Distrito de Marcabal limita por el Norte con la provincia de Cajabamba, por el Este con los Distritos de Sartimbamba y Chugay por el Sur, con los territorios de Chugay y Huamachuco, y por el Oeste con el Distrito de Sanagoran.  
(<http://revistakatequil.blogspot.com/2011/11/descripcion-geografica-de-marcabalito.html>)

**Figura 1.6: Mapa de Marcabal**



**Fuente: "Google Maps"**

- ✓ **Geología:** el distrito de Marcabal se encuentra en una zona muy accidentada según su área topografía, presentando hondonadas, planicies, desfiladeros, riachuelos quebradas, entre otros, hay presencia de minerales como el oro, arcilla, carbón de piedra, cal, etc. Y en su tipo de suelo resaltar el suelo arcilloso,
- ✓ **Climatología:** Marcabal se encuentra a una altura que va desde los 2,200 m.s.n.m. hasta los 3,500 m.s.n.m. La máxima biotemperatura al año es de 13 a 15 grados centígrados y la mínima va de 8 a 12 grados centígrados.
- ✓ **Hidrología:** El Distrito de Marcabal atraviesa por ríos y quebradas, destacando los ríos Vado, Naranjopampa y Quebrada Onda los cuales llegan a formar el valle de Condebamba en la provincia de Cajabamba, Así mismo se nota la presencia de los ríos Brasil, La Tragona el cual desemboca en el rio Chusgón quien constituye el límite entre los distritos de Marcabal, Chugay y Sartimbamba.

## **1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Qué método se debe usar ante el problema del asentamiento del suelo en la carretera para su estabilización de suelo y durabilidad?

## **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **1.3.1. Objetivo general.**

Realizar análisis y evaluación de la subrasante aplicando métodos de estabilización con cal y cloruro de calcio, en la carretera tramo Huamachuco-Cajabamba, caserío San Miguel, distrito Marcabal, provincia de Sánchez Carrión-La Libertad”

### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- ✓ Realizar el levantamiento topográfico de este tramo.
- ✓ Realizar el estudio de mecánica de suelos.
- ✓ Análisis y evaluación del estado actual de la carretera.
- ✓ Aplicar métodos de estabilización para mejoramiento de subrasante.
- ✓ Realizar ensayos de control de la aplicación de los productos para mejoramiento.
- ✓ Evaluación de soluciones propuestas para determinar el mejor método recomendable para la estabilidad del suelo.

## **1.4. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO**

Mejorar la carretera para el beneficio de los vehículos y pobladores aledaños, el hundimiento de la carretera afecta el tránsito, causa daño al asfalto y daña las estructuras de las casas como se muestra en las imágenes.

Este proyecto se justifica porque tiene como finalidad el mejoramiento de la carretera en el Caserío de San Miguel debido al hundimiento de esta. Con la estabilidad de este suelo espero poder lograr una mejora en este tramo aplicando estos métodos y a la vez determinar las ventajas y desventajas que tendría su aplicación.

También traerá un beneficio económico ya que reducirá gastos en la reparación y mantenimiento continuo de la carretera debido al daño del asfalto producido por el hundimiento, este tramo tendrá más tiempo de vida del que tiene actualmente. Y a la vez podría traer un beneficio social ya que la pequeña población que vive en esta zona se ve afectada porque tiene que reparar sus viviendas constantemente debido a las grietas que se generan por el hundimiento del suelo.

Por lo tanto, con el fin de obtener mayores conocimientos en el área de la geología y geotecnia mediante una posible solución a esta problemática, este proyecto será realizado con mucha dedicación y responsabilidad.

# **MARCO DE REFERENCIA**

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

#### **2.1.1. Internacionales**

María Angélica Sánchez Albán (Quito 2014) en la investigación denominada “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS CON CAL Y CEMENTO EN EL SECTOR CALCICAL DEL CANTÓN TOSAGUA PROVINCIA DE MANABÍ”. Dice en sus conclusiones:

- Si se utiliza la cal viva como un estabilizante para reducir el porcentaje de hinchamiento de los suelos, con un 3% esta deducción es del 20%, con 5% de cal el porcentaje de hinchamiento se deduce en un 40% y con el uso del 7% de estabilizante se alcanza deducciones de 57% Entonces se concluye que mientras mayor sea el porcentaje de cal como el 7% el hinchamiento será más bajo, y si se tiene un porcentaje de 3% o 5 % el hinchamiento ira de alto a medio

Jairon Roldán de Paz (Guatemala 2010), realizó la siguiente investigación: “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA BASES Y SUB BASES” La investigación llego a ciertas conclusiones:

- La incorporación de cloruro de sodio crea una capa en la parte superior de las capas compactadas con sal, lo que provoca que se quede atrapada la húmedas y reduce la evaporación en los suelos, ayudando a obtener un mejoramiento en la densificación.
- Para una buena compactación de suelo la humedad optima debería disminuir, mientras que la densidad seca máxima crece con cada aumento en el porcentaje de cloruro de sodio (NaCl). Debido al incremento de los cristales que tiene el cloruro de sodio, más los minerales del suelo, la densidad seca máxima y la humedad óptima sufren modificaciones.
- Para algunos tipos de suelo la aplicación del cloruro de sodio como estabilizador es desfavorable cuando el contenido es muy alto, y en otros casos la aplicación de un pequeño porcentaje de cloruro de sodio mejora mucho las propiedades mecánicas de los suelos.

#### **2.1.2. Nacionales**

Yony Laurente Ronceros (Lima, 2011) en su investigación: “ESTUDIO COMPARATIVO DEL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE Y BASE DE LA CARRETERA CAÑETE - CHUPACA, TRAMO: Km 220+000 - Km 240+000”. Dice: Del CAPITULO 11: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON CAL. Con los estudios realizados en este capítulo se llegaron a las siguientes conclusiones:

- El suelo de la subrasante tiene una capacidad portante muy baja la cual la hace deficiente y no cumplen las exigencias de la norma peruana, por eso se aplicará la estabilización con la cal como alternativa de solución.

- Se recomienda aplicar la cal como estabilizar en suelos que sean arcillosos y que en los ensayos de laboratorio el porcentaje de suelo que pase la malla N° 200 sea mayor al 25% y tenga un IP> al 15%, la cal ayudara a reducir la plasticidad que tenga el suelo, y también controlara la humedad que hay en los suelos y la susceptibilidad al agua evitando la variabilidad volumétrica del suelo.

Según Gutiérrez (Lima-Perú - 2010), en su Tesis de Investigación “ESTABILIZACIÓN QUÍMICA DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN EL PERÚ Y VENTAJAS COMPARATIVAS DEL CLORURO DE MAGNESIO FRENTE AL CLORURO DE CALCIO”, concluye que:

- El cloruro de magnesio no es recomendable su uso en la costa por su clima húmedo debido a que sobre hidrata el suelo haciéndolo muy resbaladizo, este agente estabilizador es una sal higroscópica.
- El cloruro de calcio tiene una mejor adaptación a las condiciones climáticas del Perú debido a las características que presenta.

Abel Darwin Velarde Del Castillo (Puno – 2015) dice en la investigación “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS ARCILLOSOS ESTABILIZADOS CON CAL Y CEMENTO”:

- Esta metodología utiliza la estabilización de suelo aplicando cal y cemento para lograr mejores resistencias que notablemente superan a los suelos sin ningún tipo de estabilizante, el método usado se denomina, metodología de superficie de respuesta (MSR).
- La región donde se aplicó este método tuvo resultados muy favorables aplicando los porcentajes óptimos de cal y cemento logrando obtener los valores de resistencia a la compresión simple elevada.

## **2.2. MARCO TEORICO**

### **2.2.1. Fundamentación Teórica y Científica del Problema**

#### **2.2.1.1. Estabilidad:**

Según REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Norma CE 020 – Estabilización de suelos y taludes.

ESTABILIZACION: Su objetivo es mejorar las condiciones mecánicas de un suelo por medio de procesos físicos y químicos.

### **2.2.1.2. Estabilidad de suelos para pavimentos:**

Según Cristian Paul Lucano Garro (2013) en su publicación. Se le llama estabilización de un suelo al proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, obteniéndose un suelo firme, estable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas. Se dice que es la corrección de una deficiencia para darle una mayor resistencia al terreno o disminuir su plasticidad.

“Cuando un suelo presenta resistencia suficiente para no sufrir deformaciones ni desgastes inadmisibles por la acción del uso o de los agentes atmosféricos y conserva además esta condición bajo los efectos climatológicos normales en la localidad, se dice que el suelo es estable. El suelo natural posee a veces la composición granulométrica y la plasticidad, así como el grado de humedad necesario para que, una vez apisonado, presente las características mecánicas que lo hacen utilizable como firme de un camino.

Los métodos empleados en la antigüedad para utilizar los suelos en la construcción eran empíricos y, como las demás actividades artesanas, se transmitían de generación en generación. Los conocimientos en la actualidad sobre este campo se basan principalmente en estudios sistemáticos con fundamento científico corroborado mediante la experimentación.

En general puede decirse que todos los suelos pueden ser estabilizados, pero si la estabilización ha de lograrse por aportaciones de otros suelos o por medios de otros elementos (por ejemplo, cemento, cal, cloruro de sodio) el costo de la operación puede resultar demasiado alto si el suelo que se trata de corregir no posee determinadas condiciones.

Entre las aplicaciones de un suelo modificado o estabilizado se encuentran la mejora de los suelos granulares susceptibles a las heladas y el tratamiento de los suelos limosos y/o arcillosos para reducir los cambios de volumen”

**(Lizeth Mercedes De La Cruz Gutiérrez, Huancayo – 2016)**

<https://laultimaresistencia.weebly.com/libros-ing-civil.html>

### **2.2.1.3. Estabilización con cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>):**

Según Paul Garnica Anguas, Alfonso Pérez Salazar, José Antonio Gómez López, Edda Yhaaraby Obil Veiza (2002) en su publicación “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CLORURO DE SODIO PARA SU USO EN LAS VÍAS TERRESTRES” Dice:

Se ha comprobado que la adición de cloruro de calcio disminuye la repulsión entre las arcillas.

Se ha encontrado un aumento en los pesos volumétricos hasta en un 11% con la incorporación de 0.5 a 3% de cloruro de calcio, según el tipo de

suelo. Sin embargo, para los tipos de suelos arcillosos que no incluyen el cloruro de calcio hay datos que reportan disminuciones en el peso volumétrico.

La aplicación del cloruro de calcio como estabilizante trae consigo ventajas y desventajas como cualquier otro producto, una de la principales desventajas que se encuentra es que es una sal fácilmente lavable, sin embargo, tiene como ventajas que en suelos altamente húmedos puede absolver hasta 10 veces su peso, también ayuda a mantener constante la humedad del suelo aunque haya días de calor seco ya que disminuye la evaporación del agua, esto hace que sea un producto muy eficaz para la aplicación en carreteras de tránsito ligero.

Existen algunas limitaciones para el empleo del cloruro de calcio como, por ejemplo:

- Que la humedad relativa del medio ambiente sea superior al 30%.
- Que existan minerales que tengan reacciones favorables con la sal y que además estos minerales pasen la malla N° 200.
- Que el nivel freático no se encuentre a distancias que provoquen la emigración de la sal.

#### **2.2.1.4. Estabilización con Cal:**

- a) Según MATEOS DE VICENTE, Manuel. "Efectos del cloruro cálcico en la estabilidad de las tierras"

La cal que se utiliza se compone fundamentalmente de óxido cálcico (cal viva), este tipo de estabilización tiene como propósito reducir la plasticidad del suelo y mejorar su capacidad de soporte (CBR).

El mismo hecho de agregar un producto seco como es la cal va a disminuir el porcentaje de agua que haya en los tipos de suelos arcillosos con altos contenido de humedad. La cal consume agua necesaria para hidratarse y formar hidróxido cálcico y evaporación de agua debida a la reacción anterior la cual es fuertemente exotérmica.

Teniendo así que el aporte de un 1 % de cal viva puede llegar a disminuir el contenido de humedad del suelo en un 4 ó 5 %. El método de suelo arcilloso con cal viva permite obtener una serie de ventajas técnicas y económicas que citaremos a continuación:

- El suelo con la cal que hay en las carreteras se puede reutilizar, esto va a permitir disminuir del tiempo de ejecución ya que la cal produce un rápido efecto secante en suelo húmedos y facilita su compactación, también disminuye el costo de movimiento de tierras y el transporte de material. Además, contribuye al cuidado del medio ambiente.

b) Según la norma CE. 020 Estabilización de suelos y taludes:

La dosificación depende del tipo de arcilla. Se agregará de 2% a 8% de cal por peso seco de suelo. Este porcentaje debe determinarse en el laboratorio.

No debe aplicarse más del 8% de cal, ya que esto provocaría un aumento en su resistencia, pero a la vez un aumento en su plasticidad.

La muestra de suelo que pase la malla N° 40 debe tener un índice de plasticidad de 10 a 50.

Los suelos que se usen para la construcción de Suelo-Cal deben estar limpios y no deben tener más de tres por ciento (3%) de su peso de materia orgánica.

Se debe verificar que el agua este limpia antes de mezclar el suelo con la cal, no debe contener algún material orgánico.

La cal que se use para las construcciones debe satisfacer los requisitos establecidos en la Especificación AASHTO M- 216 o NTP N° 334.125:2002, estas pueden ser la Cal viva y cal hidratada para Estabilización de Suelos.

*TABLA 2.1. Clasificación AASHTO*

<b>Clasificación AASHTO</b>	<b>Descripción</b>
A-7-5 y A-7-6	Materiales orgánicos y arcillosos de alta compresibilidad
A-6	Materiales orgánicos de baja compresibilidad y limos de alta compresibilidad
A-5	Arcillas y limos de baja compresibilidad
A-4	Arenas arcillosas
A-3	Arena de pobre gradación
A-2-6 y A-2-7	Arenas limosas
A-2-4 y A-2-5	Arenas bien gradadas
A-1-b	Gravas de pobre gradación
A-1-a	Gravas bien gradadas

***Fuente: Norma CE. 020 “Estabilización de suelos y taludes”***

### **2.2.1.5. Sub rasante:**

La Sub rasante es una capa donde se apoya la estructura de un pavimento y tiene característica especial que define la propiedad de los materiales que componen la sub rasante como:

- Granulometría
- Elasticidad
- Clasificación de suelos
- Susceptibilidad a las variaciones de temperatura
- Drenaje

### **2.2.1.6. Clasificación de Suelos:**

Para la clasificación de suelos existen diferentes sistemas de clasificación que presentamos a continuación: El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el American Association of State Highway Officials (AASTHO), entre otros.

Los suelos se clasifican teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Granulometría del suelo
- ✓ Límites de Atterberg
- ✓ Contenido de materia orgánica.

#### **a) Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)**

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)) es un sistema que se usa para definir el tamaño y textura de las partículas de un suelo. Se representa mediante un símbolo con dos letras. Cada letra es descrita debajo (con la excepción de Pt). Este sistema requiere haber realizado previamente un ensayo granulométrico para su clasificación.

**(Rico, A. y Del Castillo, H. (1974). La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. México D.F)**

TABLA 2.2. Características de los suelos según SUCS

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

Fuente: “Rico, A. y Del Castillo, H. (1974). La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. México D.F”

**b)** American Association of State Highway Officials (AASHTO)  
 El sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) (Designación ASTM D-3282; método AASHTO M145) es uno de los primeros sistemas de clasificación de suelos, desarrollado por Terzaghi y Hogentogler en 1928. Este sistema pasó por varias revisiones y actualmente es usado para propósitos ingenieriles enfocados más en el campo de las carreteras como la construcción de los terraplenes, subrasantes, subbases y bases de las carreteras. Este sistema de clasificación está basado en los resultados de la determinación en laboratorio de la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el límite plástico.

La evaluación de los suelos dentro de cada grupo se realiza por medio de un índice de grupo, que es un valor calculado a partir de una ecuación empírica. El comportamiento geotécnico de un suelo varía inversamente con su índice de grupo, es decir que un suelo con índice de grupo igual a cero indica que es material “bueno” para la construcción de carreteras, y un índice de

grupo igual a 20 o mayor, indica un material “muy malo” para la construcción de carreteras.

En este tipo de clasificación se debe considerar 7 grupos básicos de suelos, los cuales van del A-1 hasta el A-7. También existe algunas subdivisiones; el A-1 y el A-7 tienen dos subgrupos y el A-2 cuatro subgrupos.

Los límites de atterberg y el análisis granulométrico son los únicos ensayos necesarios para por clasificar un suelo dentro de un determinado grupo o subgrupo.

Asimismo, para determinar su posición en el grupo, es preciso conocer el concepto de índice de grupo (IG).

$$IG = (F - 35) * [0.2 + 0.005 * (LL - 40)] + 0.01 * (F - 15) * (Ip - 10)$$

Donde:

F : es el porcentaje de material que pasa el tamiz N°200.

LL: es el límite líquido e

IP : es su índice de plasticidad.

Este índice se calcula redondeando al número entero más cercano, a no ser que el valor calculado salga negativo, en cuyo caso se toma como cero. Se agrega a la clasificación de grupo y subgrupo a la derecha y entre paréntesis (ej. A-7-6 (25), A-1-a (0)).

A continuación, en la tabla 2.3 se detalla la clasificación AASHTO, en la que se recogen las características exigibles a cada grupo de suelo:

TABLA 2.3. Clasificación de suelos según AASHTO

DIVISIÓN GENERAL	Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
GRUPO	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Subgrupo												
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> (% que pasa por cada tamiz)												
Serie ASTM	#10	≤ 50										
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
<b>ESTADO DE CONSISTENCIA</b> (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)												
Límite líquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	>41 (IP<LL-30)	>41 (IP>LL-30)
Índice de plasticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
<b>ÍNDICE DE GRUPO</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>≤ 4</b>		<b>≤ 8</b>		<b>≤ 12</b>		<b>≤ 20</b>		<b>≤ 20</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
<b>CALIDAD</b>	EXCELENTE A BUENA					ACEPTABLE A MALA						

Fuente: "Rico, A. y Del Castillo, H. (1974). La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. México D.F"

### Ensayos de Laboratorio

Los métodos para determinar las propiedades físicas de un suelo:

TABLA 2.4. Ensayo de Laboratorio

TABLA N° 5	
ENSAYOS DE LABORATORIO	
ENSAYO	NORMA APLICABLE
Contenido de Humedad	NTP 339.127 (ASTM D2216)
Análisis Granulométrico	NTP 339.128 (ASTM D422)
Límite Líquido y Límite Plástico	NTP 339.129 (ASTM D4318)
Peso Específico Relativo de Sólidos	NTP 339.131 (ASTM D854)
Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D2487)
Densidad Relativa *	NTP 339.137 (ASTM D4253)
	NTP 339.138 (ASTM D4254)
Peso volumétrico de suelo cohesivo	NTP 339.139 (BS 1377)
Límite de Contracción	NTP 339.140 (ASTM D427)

Ensayo de Compactación Proctor Modificado	NTP 339.141 (ASTM D1557)
Descripción Visual-Manual	NTP 339.150 (ASTM D2488)
Contenido de Sales Solubles Totales en Suelos y Agua Subterránea	NTP 339.152 (BS 1377)
Consolidación Unidimensional	NTP 339.154 (ASTM D2435)
Colapsibilidad Potencial	NTP 339.163 (ASTM D5333)
Compresión Triaxial no Consolidado no Drenado	NTP 339.164 (ASTM D2850)
Compresión Triaxial Consolidado no Drenado	NTP 339.166 (ASTM D4767)
Compresión no Confinada	NTP 339.167 (ASTM D2166)
Expansión o Asentamiento Potencial Unidimensional de Suelos Cohesivos	NTP 339.170 (ASTM D4546)
Corte Directo	NTP 339.171 (ASTM D3080)
Contenido de Cloruros Solubles en Suelos y Agua Subterránea	NTP 339.177 (AASHTO T291)
Contenido de Sulfatos Solubles en Suelos y Agua Subterránea	NTP 339.178 (AASHTO T290)

**Fuente: Norma E. 050 “Suelos y Cimentaciones”**

#### **2.2.1.7. Estabilización Química:**

Es una tecnología de amplia data, que se basa en la aplicación de un producto químico, el cual se mezcla íntima y homogéneamente con el suelo a tratar de acuerdo especificaciones técnicas propias del producto.

#### **2.2.1.8. Plasticidad:**

Partiendo del límite líquido y el límite plástico, el índice de plasticidad (IP) puede definirse como la diferencia numérica entre ellos:  $IP = LL - LP$

Donde:

IP = Índice de plasticidad

LL = Límite Líquido

LP = Límite Plástico

El índice de plasticidad permite dar una clasificación casi exacta de un suelo.

Un IP alto pertenece a un suelo muy arcilloso.

Un IP pequeño pertenece a un suelo poco arcilloso

El índice de plasticidad depende sólo de la cantidad de arcilla existente e indica la finura del suelo y su capacidad para cambiar de configuración sin alterar su volumen.

Mediante el método de la copa de Casagrande se logra determinar el límite líquido (LL). Este ensayo busca calcular la cantidad mínima de agua que logre contener una muestra de 100 gr de suelo seco (que haya pasado la malla N° 40).

El límite plástico (LP) es el límite menor de la etapa plástica de un suelo. Se obtiene al calcular el porcentaje de agua necesaria al suelo y que al realizar rollos con un diámetro de 3.2 mm, se desmoronen.

*TABLA 2.5. Alternativas de estabilización de suelos*

<b>Índice de plasticidad</b>	<b>Plasticidad</b>	<b>Característica</b>
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
7 < IP < 20	Media	Suelos arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP = 0	No plástico	Suelos exentos de

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2016, pág. 246)

### **2.2.1.9. Ensayo Proctor**

El ensayo de proctor modificado es un procedimiento de compactación usado en Laboratorio, que determinará la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos.

- Se recomienda el uso de este ensayo solo si las partículas que retiene el tamiz ( $\frac{3}{4}$ " pulg) es menor al 30% del total de la muestra.
- Se utilizan solo 3 métodos alternativos. El método a usar debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

**Figura 2.1: Ensayo Proctor Modifico**



Fuente: Elaboración Propia

#### **2.2.1.10. Capacidad Portante: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

El ensayo generalmente se realiza sobre suelo preparado en el laboratorio, pero también se puede realizar con muestras inalteradas tomadas en el campo.

La determinación del CBR consiste en un procedimiento conjunto de penetración e hinchamiento, llevándose a cabo según la norma (MTC E-148-07)

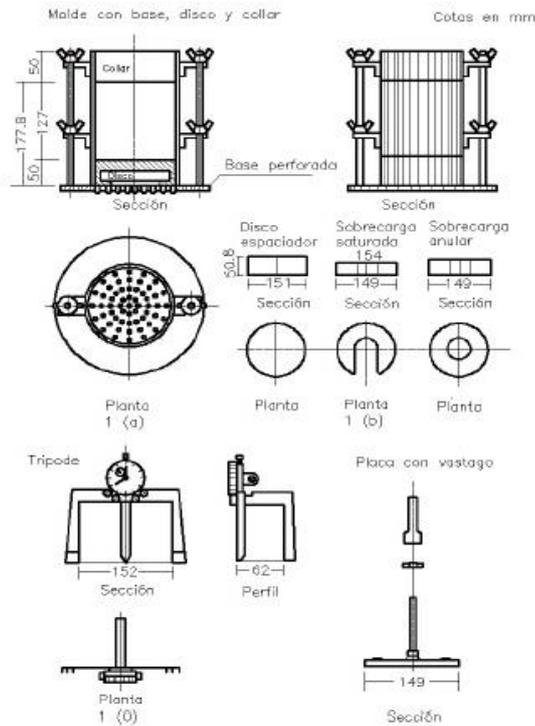
**Hinchamiento:** Se calcula sometiendo la muestra en estudio durante 96 horas de inmersión, sometiendo al mismo tiempo una sobrecarga similar a la sobrecarga estimada en circunstancias normales de empleo de la carretera.

**Penetración:** se aplica una presión creciente-efectuada a través de una prensa sobre la muestra en estudio previamente sumergida, buscando calcular la capacidad portante de la muestra. La penetración deberá tener una velocidad de 1.27 mm/min.

**Índice CBR:** Es la relación existente entre la fuerza necesaria para que el pistón reglado penetre a una profundidad definida en el suelo y la fuerza necesaria para lograr la misma penetración en una muestra patrón de material chancado.

$$CBR = \frac{\text{Presión en muestra problema}}{\text{Presión en muestra Patrón}} * 100$$

**Figura 2.2: Molde con base, disco y collar**



Fuente: Manual de Ensayo de Materiales

**2.2.2. Anexos Informativos**

*TABLA 2.6. Alternativas de estabilización de suelos*

MATERIAL	TIPOS DE ESTABILIZACIÓN			
	MECÁNICA	CON CEMENTO	CON CAL	CON EMULSIÓN
Grava	Puede ser necesaria la adición de finos para prevenir desprendimiento.	Probablemente no es necesaria, salvo si hay finos plásticos. Cantidad de 2 a 4%.	No es necesaria, salvo que los finos sean plásticos. Cantidad de 2 a 4%	Apropiada si hay deficiencia de finos. Aproximadamente 3% de asfalto residual
Arena limpia	Adición de gruesos para dar la estabilidad y de finos para prevenir desprendimientos.	Inadecuada: produce material quebradizo.	Inadecuada: no hay reacción.	Muy adecuada: De 3 a 5% de asfalto residual
Arena arcillosa	Adición de gruesos para mejorar resistencia.	Recomendable 4 - 8%	Es factible dependiendo del contenido de arcilla.	Se puede emplear de 3 a 4% de asfalto residual
Arcilla arenosa	Usualmente no es aconsejable	Recomendable 4 - 12%	4 a 8% dependiendo del contenido de arcilla.	Se puede emplear pero no es muy aconsejable.
Arcilla	Inadecuada	No es muy aconsejable. La mezcla puede favorecerse con un mezcla con 2% de cal y luego entre 8 y 15% de cemento.	Muy adecuada. Entre 4 y 8% dependiendo de la arcilla.	Inadecuada.

Fuente: Norma CE. 020 "Estabilización de suelos y taludes"

TABLA 2.7. Simbología de suelos (referencial)

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
		SUCS	GRÁFICO	
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA GRADUADA BIEN
		GP		GRAVA GRADUADA MAL
		GM		GRAVA LIMOSA
		GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA GRADUADA BIEN
		SP		ARENA GRADUADA MAL
		SM		ARENA LIMOSA
		SC		ARENA ARCILLOSA
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
		OL		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	MH		LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
		OH		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS.	

Fuente: Norma E. 050 "Suelos y Cimentaciones"

### 2.3. Marco Conceptual

- ✓ **Humedad:** Es el porcentaje de agua que tiene el suelo o material.
- ✓ **Suelo:** Son agregados naturales de partículas minerales granulares y cohesivas separables por medios mecánicos de poca energía o por agitación de agua.
- ✓ **Suelo Colapsable:** Es un suelo que cuando se humedece empieza a sufrir asentamientos o colapsa relativamente rápido.

- ✓ **Superficies:** Según el ministerio de transportes y comunicaciones (M.T.C, 2014) las superficies se clasifican en:
  - Terreno Plano: Tiene pendientes transversales  $\geq$  al 10% y sus pendientes longitudinales generalmente son  $>$  al 3%.
  - Terreno Ondulado: Tiene pendientes transversales entre 11% - 50% y sus pendientes longitudinales generalmente son  $>$  al 3% - 6%.
  - Terreno Accidentado: Tiene pendientes transversales 51% - 100% y sus pendientes longitudinales generalmente son  $>$  del 6% - 8%.
  - Terreno Escarpado: Tiene pendientes transversales mayores del 100% y sus pendientes longitudinales son mayores del 8%.
  
- ✓ **Topografía:** Estudia las formas y detalles de su representación gráfica.
  
- ✓ **Carretera:** Vía o camino para se utiliza para el tránsito de vehículos, de al menos dos ejes, tiene características geométricas precisas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
  
- ✓ **Carretera Pavimentada:** Carretera con una superficie de rodadura que está formada por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto Pórtland (rígida)
  
- ✓ **Carretera sin Afirmary:** Carretera que está a nivel de subrasante o donde la superficie de rodadura ha perdido el AFIRMADO.
  
- ✓ **Estudio de Suelo:** Estudia el comportamiento y reacción que tienen los suelos ante las solicitaciones de cargas, a través de ensayos de laboratorio.
  
- ✓ **Granulometría:** Calcula el tamaño de las partículas de un suelo a través de la clasificación por tamizado según especificaciones técnicas.
  
- ✓ **Asentamiento de Tierra:** Es un desplazamiento generalmente descendiente de la tierra que sucede en diferentes tipos de lugares con distintas características y pendientes. Este desplazamiento puede ser provocado por distintas causas y se pueden dar con velocidades muy lentas o muy rápidas según la inestabilidad que haya en el lugar.

## 2.4. HIPOTESIS

El análisis y la evaluación de la subrasante de la carretera tramo Huamachuco – Cajabamba permitirá definir el estado actual del suelo y determinar cuál es el mejor método para su estabilidad principalmente en las zonas más afectadas.

## 2.5. VARIABLES

### 2.5.1. Variable Dependiente

Definir el mejor método para la estabilidad del suelo y su estado actual.

### 2.5.2. Variable Independiente

El análisis y la evaluación de la subrasante de la carretera tramo Huamachuco – Cajabamba.

### 2.5.3. Operacionalización de las variables

TABLA 2.8. Operacionalización de la variable independiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADOR	UNIDAD	INSTRUMENTOS
El análisis y la evaluación de la subrasante de la carretera tramo Huamachuco – Cajabamba.	Son parámetros que determinaran el estado de la carretera a nivel de subrasante en el tramo Huamachuco – Cajabamba, Caserío San Miguel, distrito de Marcabal, Provincia de Sánchez Carrión, La Libertad	Población	hab.	Datos estadísticos, censos por el INEI.
		-Humedad -Tipo de suelo	% -	Estudio de mecánica de suelos y ensayos de laboratorio

**Fuente: Elaboración Propia**

*TABLA 2.9. Operacionalización de la variable dependiente.*

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUA L</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
Definir el mejor método para la estabilización del suelo y su estado actual.	Serán dos métodos (estabilidad con Cal y estabilidad con cloruro de Calcio) que se aplicaran para la estabilidad de suelo	-Ensayo Próctor -Granulometría -Resistencia al esfuerzo - Calidad de Suelo	% % Kg/cm2 -	Ensayos de Laboratorio
		-CBR -Corte Directo -Plasticidad	- Kg/cm2 %	Ensayos de Laboratorio

**Fuente: Elaboración Propia**

# **METODOLOGÍA**

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. Tipo de Investigación

Experimental

##### 3.1.2. Nivel de Investigación

Descriptiva

#### 3.2. POBLACION Y MUESTRA

##### 3.2.1. Población

Carretera tramo Huamachuco - Cajabamba, Caserío San Miguel, distrito Marcabal, Provincia de Sánchez Carrión-La Libertad.

##### 3.2.2. Muestra

Tomando uno de los tramos que es de los más afectados, la muestra en este caso es el tramo del km 1129 al km 1131; haciendo un total de 1.5 km de carretera.

#### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

- **Observación:** Se usará esta técnica de visualización para ver la realidad del sector e identificar las zonas más vulnerables.
- **Levantamiento topográfico:** Comprende la realización en campo del procedimiento topográfico para la obtención de las curvas de nivel., perfil longitudinal, transversal y secciones del tramo en estudio.
- **Evidencia en imágenes y videos:** la toma de fotografías y videos constituye una fuente real de evidencia, para este caso las imágenes y videos tomadas demuestran el estado actual del tramo de estudio.
- **Toma de muestra de suelo:** Consiste en una excavación de ciertas dimensiones y profundidad, para la toma en campo de muestras inalteradas, de distintos estratos del suelo, que puedan ser utilizados para realizar los ensayos necesarios en el laboratorio. Para la extracción de estas muestras se puede utilizar: herramientas manuales, palas, depósitos, entre otros.
- **Fichaje:** Para acopiar todos información realizados en campo y laboratorio.

- **Equipos para estudios de suelos:** Mediante los equipos de laboratorio es posible realizar los experimentos, controles de procesos y controles de calidad.

### **3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

- Primero se analiza el estado superficial de la carretera en el tramo en estudio ya que afecta la transitabilidad en la zona y también a los pobladores, con las observaciones realizadas, se busca las posibles causas del problema.
- Posteriormente se revisa antecedentes donde se haya aplicado métodos de estabilización de suelo, con cal y cloruro de calcio, en suelos con problemas similares a los que presenta el tramo en estudio.
- Se realiza una calicata cada 500 m con dos muestras cada una y con una profundidad de 1 y 2 m con respecto al nivel de la sub-rasante.
- Con la cantidad de muestra extraída se debe realizar los ensayos necesarios.
- Luego con las muestras inalteradas se realizan los siguientes ensayos: Análisis Granulométrico por Tamizado, Determinación del Contenido de Humedad, Límites de Atterberg, Gravedad Específica de Sólidos, Proctor Modificado y CBR, con estos datos se conocerán los parámetros como W, LL, LP, IP, GS, OCH, MDS, CBR (95% Y 100%).
- A la muestra que se le incorpora los estabilizantes, se realizan los siguientes ensayos:
  - Con Cal: se realiza adicionando 3%, 4%, 5% y 6% en el ensayo de Proctor Modificado, mientras que para el ensayo de CBR se trabaja con los porcentajes más favorables que resulten del ensayo de Proctor.
  - Con Cloruro de Calcio: se realiza adicionando 3%, 4%, 5% y 6% en el ensayo de Proctor Modificado, mientras que para el ensayo de CBR se trabaja con los porcentajes más favorables que resulten del ensayo de Proctor.
- Finalmente, con la ayuda del asesor, se validan los resultados para sacar las conclusiones del proyecto de tesis.

### **3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Estudio de mecánica de suelos, que permitirán la recolección de las propiedades del suelo en estudio, con la metodología del Manual de Ensayo de Materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

### a) Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E 107

- OBJETO: Conocer el tamaño de partículas de suelo a través de la distribución.
- FINALIDAD
  - Una de las principales finalidades de este ensayo es determinar los porcentajes de suelo que pasan por los diferentes tamices que se emplearan para el ensayo, hasta el de 74 mm (Nº 200).
  - En este ensayo no se brindan los requisitos necesarios para una buena seguridad. Es responsabilidad de cada persona establecer y estipular las medidas de seguridad y salubridad correspondientes.
- NORMAS

ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.
- EQUIPO
  - Balanzas
  - Estufa.
- MATERIALES
  - Tamices que tengan las siguientes características:

*TABLA 3.1. Tamices para análisis granulométrico*

<b>TAMICES</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>
3"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 8	2,360
Nº 16	1,100
Nº 30	0,590
Nº 50	0,297
Nº 100	0,149
Nº 200	0,075

**Fuente: Manuel de Ensayo de Materiales**

- Envases
- Cepillo y brocha

- MUESTRA

- Se lava el suelo para separar los materiales finos si es necesario, y se puede usar toda la muestra o parte de ella para el análisis con los tamices.
- la cantidad de muestra a usar va a depender del tamaño de las partículas que se retengan en el tamiz (N.º 4), de acuerdo con la Tabla:

**TABLA 3.2.**

<b>Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)</b>	<b>Peso mínimo aproximado de la porción (g)</b>
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

**Fuente: Manuel de Ensayo de Materiales**

- PROCEDIMIENTO

- Todo el material que se retuvo en el tamiz N° 4, se coloca en los tamices de apertura mayor como se muestra en la tabla:

**TABLA 3.3.**

<b>TAMICES</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760

**Fuente: Manuel de Ensayo de Materiales**

- Se superponen los tamices, se agrega la muestra y se mueven de un lado a otro recorriendo circunferencias por aproximadamente de 10 a 15 minutos estando siempre en movimiento. Al desarmar los tamices verificamos que la operación haya terminado correctamente.
- Después se pesa la cantidad que se retuvo en cada tamiz.

- **CALCULOS**

- Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

- Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

**b) Determinación del Contenido de Humedad de un suelo MTC E 108**

- **OBJETO:** Su único objetivo es determinar el contenido de agua que tiene un suelo.

- **FINALIDAD**

- El contenido de humedad determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo en un horno, al sacarlo del horno obtenemos el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es el peso del agua.

- **NORMAS**

ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

- **EQUIPO**

- Horno de secado
- Balanzas

- **MATERIALES**

- Recipientes. - Recipientes apropiados a cambios de temperatura.

- **MUESTRA**

- Las muestras deben ser cuidadosamente preservadas de acuerdo a la Norma ASTM D 4220-89.

- Se debe procurar realizar el ensayo lo antes posible después de obtenida la muestra, para evitar errores.
- **PROCEDIMIENTO**
  - Para saber la cantidad a utilizar se debe guiar de la siguiente tabla:

**TABLA 3.4.**

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		a ± 0,1%	a ± 1%
2 mm o menos	2,00 mm (Nº 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 mm (Nº 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

**Fuente: Manuel de Ensayo de Materiales**

- Se debe seleccionar un recipiente que esté limpio y seco, y a este se registra su peso.
- Se selecciona la muestra de ensayo representativo.
- Después se pone la muestra de ensayo húmedo en el recipiente, se toma el peso del recipiente con la muestra húmeda utilizando una balanza.
- Luego se coloca el recipiente con la muestra húmeda en el horno por aproximadamente 24 horas.
- Luego que la muestra se haya secado, se extrae el recipiente del horno, se dejara enfriar hasta tener una temperatura ambiente y luego se procede a determinar el peso del recipiente y la muestra secado al horno usando la misma balanza usada en este ensayo.
- Finalmente se deberá registrar este valor.
- **CALCULOS**
  - Para calcular el contenido de humedad se usa la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

- W = es el contenido de humedad, (%)
- M<sub>cws</sub> = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos
- M<sub>cs</sub> = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos
- M<sub>c</sub> = es el peso del contenedor, en gramos
- M<sub>w</sub> = es el peso del agua, en gramos
- M<sub>s</sub> = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

### c) Determinación del Limite Liquido de los suelos MTC E 110

- OBJETO: Es objetivo es hallar el límite entre los estados líquido y plástico.
- FINALIDAD
  - El límite líquido de un suelo que contiene cantidades significativas de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado. La comparación del límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno puede por consiguiente ser usada como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica de un suelo.
- NORMAS
 

NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.
- EQUIPO
  - Recipiente: Una vasija de porcelana.
  - Balanza
  - Estufa
  - Aparato del límite líquido (o copa de Casagrande), de operación manual o mecánica
  - Acanalador

- Calibrador
- Recipientes o Pesa Filtros
- MATERIALES
  - Espátula
  - Agua Destilada
- MUESTRA

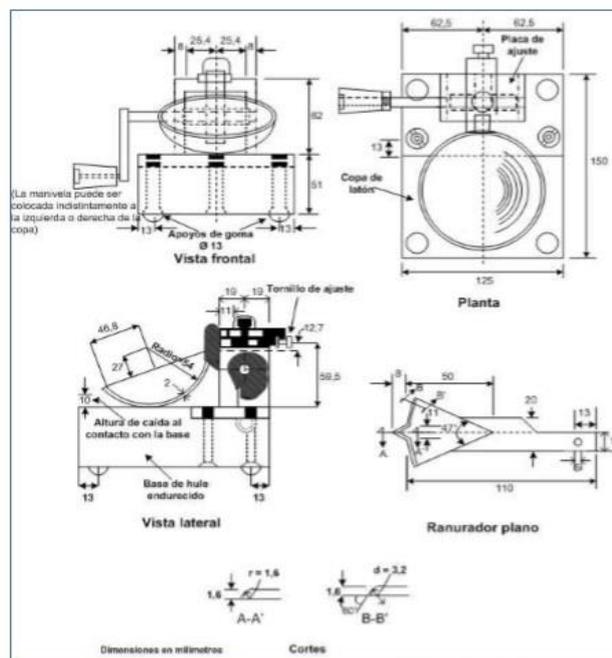
Primero se debe pasar una porción del material por el tamiz N° 40 y de todo lo que pasa se obtiene una muestra representativa de 150 o 200 gr. Se divide la muestra y en un recipiente se mezcla el agua destilada y la porción de muestra con ayuda de una espátula.

- PROCEDIMIENTO

Multipunto y punto:

- Se coloca en la copa de Casa Grande la porción de muestra previamente mezclada con el agua destilada, para determinar el limite líquido, se esparce bien con la espátula para que no queden burbujas.

**Figura 3.1: Aparato Manual para Limite Liquido**



**Fuente: Manual de Ensayo de Materiales**

- Utilizando el ranurador se divide la muestra de la copa, trazando una línea de abajo hacia arriba.
- Se registra el número de golpes, N, que fue necesario para cerrar la ranura. Usando la espátula se toma una muestra de suelo de la copa y se coloca en un recipiente previamente limpio y pesado.
- El resto de suelo que quedo en la copa se regresa al recipiente para la preparación de la siguiente muestra.
- Se limpia y seca bien la copa y el ranurador y se fija nuevamente la copa para continuar con el ensayo.
- Se mezcla nuevamente la muestra del recipiente con más agua destilada para aumentar su humedad y así reducir el número de golpes que se necesitan para cerrar la ranura. Una de estas pruebas se realizará para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 y 30 golpes, y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.
- Después de terminada cada prueba inmediatamente se debe pesar la porción extraída de suelo de la copa, después se coloca en el horno por un periodo de 16 a 20 horas, pasado este tiempo se retira la muestra del horno y se registra nuevamente su peso, esto nos ayudara a determinar cuál es el contenido de humedad,  $W_n$ , para cada prueba.

- CALCULOS

(Multipunto)

- Para encontrar el limite liquido se hace un gráfico teniendo como relación el contenido de húmedas y el número de golpes N, se traza una línea recta que pasen por los tres puntos más graficados.

(Un punto)

- Determinar el límite líquido para cada muestra conociendo el contenido de humedad, usar de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0,121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n$$

Donde:

- N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad,
- $W^n$  = Contenido de humedad del suelo,
- K = factor dado en la tabla

**TABLA 3.5.**

<b>N (Numero de golpes)</b>	<b>K (Factor para límite líquido)</b>
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

**Fuente: Manuel de Ensayo de Materiales**

**d) Determinación del Límite Plástico (L.P.) de los Suelos e Índice de Plasticidad (I.P.) MTC E 111**

- OBJETO: Conociendo cual es el límite líquido de un suelo se puede determinar en el laboratorio el límite plástico e índice de plasticidad del suelo.
  
- FINALIDAD
  - La finalidad es formar masas en forma de elipsoide de unos 3,2 mm aproximadamente, con la humedad más baja posible, a esto se le conoce como límite plástico (L.P.), estas masas se ruedan en las palmas de las manos y en un vidrio de superficie lisa sin que los elipsoides se desmoronen.
  
- NORMAS
 

NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.
  
- EQUIPO
  - Espátula
  - Balanza
  - Recipiente de porcelana o similar
  - Horno

- Tamiz (N° 40)
  - Agua destilada
  - Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
  - vidrio grueso de superficie lisa
- MUESTRA
    - Para determinar el límite plástico, se toman 20 gr aproximadamente de la muestra que pase por el tamiz (N° 40), se mezcla y se amasa bien agregando agua destilada hasta que se pueda formar una esfera con la masa del suelo, de esta esfera se toma una porción de aproximadamente 2 gr que se usará para realizar el ensayo.
- PROCEDIMIENTO
    - La porción de la muestra se empieza a moldear con la mano hasta ir formando un elipsoide, después se coloca en el vidrio y con ayuda de los dedos sin aplicar mucha presión se va formando un cilindro.
    - Si antes de formar el cilindro a un diámetro de 3,2 mm aproximadamente la muestra aún no se ha desmoronado, se vuelve a hacer un elipsoide, la idea es que cuando llegue a este diámetro aproximado el cilindro debe desmoronarse, de lo contrario se debe repetir el proceso las veces que sea necesario.
    - Se conoce que en suelos muy plásticos el cilindro quedará dividido en trozos de aproximadamente 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos serán aún más pequeños.
    - Todos los elipsoides formados se reúnen y colocan en un recipiente previamente pesado vacío, limpio y seco hasta reunir unos 6 g de suelo. Se coloca en el horno y así se podrá determinar cuál es el contenido de humedad para cada prueba.

- CALCULOS

TABLA 3.6. Estimación de Precisión

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
<b>Precisión de un operador simple</b>		
Límite Plástico	0,9	2,6
<b>Precisión Multilaboratorio</b>		
Límite Plástico	3,7	10,6

**Fuente: Manuel de Ensayo de Materiales**

- El límite plástico se expresa como porcentaje y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

- CALCULOS PARA DETERMINAR EL INDICE DE PLASTICIDAD

$$\text{I.P.} = \text{L.L.} - \text{L.P.}$$

Donde:

L.L. = Límite Líquido

P.L. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

- Si no se pudo determinar el límite líquido y plástico de un suelo entonces el índice de plasticidad se anotará con la abreviatura NP (no plástico).
- Cuando el límite plástico sea igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

**e) Gravedad Específica de Sólidos de Suelo MTC E 113**

- OBJETO: Existen dos métodos que determinan la gravedad específica que son:
  - Método A – Procedimiento para muestra de suelos húmedos. Este es el método más usado. El método A se podrá usar para sólidos de granulometría fina, sólidos orgánicos que son altamente plásticos, sólidos tropicales y sólidos que contengan halloysite.
  - Método B – Procedimiento para especímenes secados al horno.

- FINALIDAD

Tiene como finalidad determinar la relación del volumen de los sólidos con las temperaturas dadas.

- NORMAS

NTP 339.131 SUELOS

- EQUIPO

- Picnómetro
- 
- Balanza
- Horno
- Secador
- Aparato para remover el aire atrapado – Para remover el aire atrapado (proceso de desairado), use uno de los siguientes:
  - Mechero Bunsen o un plato para calentar, que tenga la capacidad de mantener temperaturas adecuadas para hervir el agua.
  - Sistema de vacío – una bomba de vacío o aspirador de agua, capaz de producir un vacío parcial de 100mm de mercurio (Hg) o una menor presión absoluta.
- Contenedor aislado – Esto es necesario para que mantenga una temperatura ambiente controlada.
- Otras herramientas como una calculadora o una computadora, platos para las muestras, y guantes de aislamiento.

- MATERIALES

- Termómetro
- Embudo.
- Tamiz – N° 4

- MUESTRA

- Suelo secado al horno que paso la malla N° 4, en la tabla se indicara la cantidad de suelo a usar de acuerdo a su tipo y el tamaño del picnómetro.

**TABLA 3.7. MASA REDONDEADA PARA EL ESPECIMEN DE ENSAYO**

Tipo de suelo	Masa de espécimen seco (g) cuando se usa un Picnómetro de 250 mL	Masa de espécimen seco (g) cuando se usa un Picnómetro de 500 mL
SP, SP-SM	60 ± 10	100 ± 10
SP-SC, SM, SC	45 ± 10	75 ± 10
Limo o arcilla	35 ± 5	50 ± 10

**Fuente: Manuel de Ensayo de Materiales**

- PROCEDIMIENTO

- Anotar el peso del picnómetro limpio y seco. Repetir este procedimiento cinco veces. Se debería usar solo una balanza para todas las mediciones. Luego se determina y registra el promedio y la desviación estándar.
- Se agrega agua destilada en el picnómetro por debajo o encima de la marca de calibración.
- Más de seis picnómetros pueden ser calibrados concurrentemente en cada contenedor aislado. Poner el picnómetro(s) dentro del contenedor aislado y cubierto junto con el termómetro (en un vaso picudo de agua), tapón(es) (si un picnómetro taponado está siendo usado), y agua desairada en una botella junto con ya sea un gotero o una pipeta. Dejar el picnómetro(s) llegar al equilibrio termal (por al menos 3 horas). La temperatura de equilibrio debería estar dentro de 4°C de la temperatura del cuarto y entre 15 y 30°C.
- Hay que medir y registrar la temperatura del agua usando el termómetro que se haya elegido, se introduce el termómetro a una profundidad de inmersión apropiada.
- Reajustar el nivel de agua en cada picnómetro para preparar la siguiente calibración y dejar que los picnómetros se equilibren termalmente (por al menos 3 horas). Repetir el procedimiento para obtener cinco mediciones independientes en cada picnómetro. Las temperaturas no necesitan ajustarse a ningún rango de temperatura en particular.
- Se debe calcular el volumen calibrado de cada picnómetro usando cada uno de estos cinco puntos de dato con la siguiente ecuación:

$$V_P = \frac{(M_{pw,c} - M_P)}{\rho_{w,c}}$$

Donde:

$M_{pw,c}$  = la masa del picnómetro y agua a la temperatura de calibración (g)

$M_P$  = la masa promedio del picnómetro a la calibración (g)

$\rho_{w,c}$  = la densidad de masa del agua a la temperatura de calibración (g/ml)

- Calcular el promedio y la desviación estándar de los cinco volúmenes determinados. La desviación estándar podrá ser menor o igual a 0,05 mL (redondeado a 2 decimales). Si la desviación estándar es mayor que 0,05 mL, el procedimiento de calibración tiene mucha variabilidad y no guiará a determinaciones de peso específico precisas.

TABLA 3.8. Densidad del agua y Coeficiente de temperatura (k)

Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) <sup>a</sup>	Coefficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) <sup>a</sup>	Coefficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) <sup>a</sup>	Coefficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) <sup>a</sup>	Coefficiente Temperatura (K)
15,0	0,99910	1,00090	16,0	0,99895	1,00074	17,0	0,99878	1,00057	18,0	0,99860	1,00039
15,1	0,99909	1,00088	16,1	0,99893	1,00072	17,1	0,99876	1,00055	18,1	0,99858	1,00037
15,2	0,99907	1,00087	16,2	0,99891	1,00071	17,2	0,99874	1,00054	18,2	0,99856	1,00035
15,3	0,99906	1,00085	16,3	0,99890	1,00069	17,3	0,99872	1,00052	18,3	0,99854	1,00034
15,4	0,99904	1,00084	16,4	0,99888	1,00067	17,4	0,99871	1,00050	18,4	0,99852	1,00032
15,5	0,99902	1,00082	16,5	0,99886	1,00066	17,5	0,99869	1,00048	18,5	0,99850	1,00030
15,6	0,99901	1,00080	16,6	0,99885	1,00064	17,6	0,99867	1,00047	18,6	0,99848	1,00028
15,7	0,99899	1,00079	16,7	0,99883	1,00062	17,7	0,99865	1,00045	18,7	0,99847	1,00026
15,8	0,99898	1,00077	16,8	0,99881	1,00061	17,8	0,99863	1,00043	18,8	0,99845	1,00024
15,9	0,99896	1,00076	16,9	0,99879	1,00059	17,9	0,99862	1,00041	18,9	0,99843	1,00022
19,0	0,99841	1,00020	20,0	0,99821	1,00000	21,0	0,99799	0,99979	22,0	0,99777	0,99957
19,1	0,99839	1,00018	20,1	0,99819	0,99998	21,1	0,99797	0,99977	22,1	0,99775	0,99954
19,2	0,99837	1,00016	20,2	0,99816	0,99996	21,2	0,99795	0,99974	22,2	0,99773	0,99952
19,3	0,99835	1,00014	20,3	0,99814	0,99994	21,3	0,99793	0,99972	22,3	0,99770	0,99950
19,4	0,99833	1,00012	20,4	0,99812	0,99992	21,4	0,99791	0,99970	22,4	0,99768	0,99947
19,5	0,99831	1,00010	20,5	0,99810	0,99990	21,5	0,99789	0,99968	22,5	0,99766	0,99945
19,6	0,99829	1,00008	20,6	0,99808	0,99987	21,6	0,99786	0,99966	22,6	0,99764	0,99943
19,7	0,99827	1,00006	20,7	0,99806	0,99985	21,7	0,99784	0,99963	22,7	0,99761	0,99940
19,8	0,99825	1,00004	20,8	0,99804	0,99983	21,8	0,99782	0,99961	22,8	0,99759	0,99938
19,9	0,99823	1,00002	20,9	0,99802	0,99981	21,9	0,99780	0,99959	22,9	0,99756	0,99936
23,0	0,99754	0,99933	24,0	0,99730	0,99909	25,0	0,99705	0,99884	26,0	0,99679	0,99858
23,1	0,99752	0,99931	24,1	0,99727	0,99907	25,1	0,99702	0,99881	26,1	0,99676	0,99855
23,2	0,99749	0,99929	24,2	0,99725	0,99904	25,2	0,99700	0,99879	26,2	0,99673	0,99852
23,3	0,99747	0,99926	24,3	0,99723	0,99902	25,3	0,99697	0,99876	26,3	0,99671	0,99850
23,4	0,99745	0,99924	24,4	0,99720	0,99899	25,4	0,99694	0,99874	26,4	0,99668	0,99847
23,5	0,99742	0,99921	24,5	0,99717	0,99897	25,5	0,99692	0,99871	26,5	0,99665	0,99844
23,6	0,99740	0,99919	24,6	0,99715	0,99894	25,6	0,99689	0,99868	26,6	0,99663	0,99842
23,7	0,99737	0,99917	24,7	0,99712	0,99892	25,7	0,99687	0,99866	26,7	0,99660	0,99839
23,8	0,99735	0,99914	24,8	0,99710	0,99889	25,8	0,99684	0,99863	26,8	0,99657	0,99836
23,9	0,99732	0,99912	24,9	0,99707	0,99887	25,9	0,99681	0,99860	26,9	0,99654	0,99833
27,0	0,99652	0,99831	28,0	0,99624	0,99803	29,0	0,99595	0,99774	30,0	0,99565	0,99744
27,1	0,99649	0,99828	28,1	0,99621	0,99800	29,1	0,99592	0,99771	30,1	0,99562	0,99741
27,2	0,99646	0,99825	28,2	0,99618	0,99797	29,2	0,99589	0,99768	30,2	0,99559	0,99738
27,3	0,99643	0,99822	28,3	0,99615	0,99794	29,3	0,99586	0,99765	30,3	0,99556	0,99735
27,4	0,99641	0,99820	28,4	0,99612	0,99791	29,4	0,99583	0,99762	30,4	0,99553	0,99732
27,5	0,99638	0,99817	28,5	0,99609	0,99788	29,5	0,99580	0,99759	30,5	0,99550	0,99729
27,6	0,99635	0,99814	28,6	0,99607	0,99785	29,6	0,99577	0,99756	30,6	0,99547	0,99726
27,7	0,99632	0,99811	28,7	0,99604	0,99783	29,7	0,99574	0,99753	30,7	0,99544	0,99723
27,8	0,99629	0,99808	28,8	0,99601	0,99780	29,8	0,99571	0,99750	30,8	0,99541	0,99720
27,9	0,99627	0,99806	28,9	0,99598	0,99777	29,9	0,99568	0,99747	30,9	0,99538	0,99716

Fuente: Manuel de Ensayo de Materiales

- CALCULOS

- Calcular cual es el peso específico del suelo,  $G_t$ , con la siguiente ecuación:

$$G_t = \frac{\rho_s}{\rho_{w,t}} = \frac{M_s}{(M_{\rho_{w,t}} (M_{\rho_{ws,t}} M_s))}$$

Donde:

$\rho_s$  = La densidad del sólido de suelo (mg/m<sup>3</sup> o g/cm<sup>3</sup>)

$\rho_{w,t}$  = la densidad del agua a la temperatura de ensayo, (g/mL o g/cm<sup>3</sup>)

$M_s$  = la masa de los sólidos de suelo secadas al horno (g)

$M_{ows,t}$  = la masa del picnómetro, agua, y sólidos de suelo a la temperatura de ensayo, ( $T_t$ ), (g)

### f) Proctor Modificado MTC E 115

- OBJETO: Conocer el contenido de humedad óptima para que el suelo llegue a su máxima densidad seca a través de un ensayo de compactación.

- FINALIDAD

- La finalidad del ensayo es determinar la relación que existe entre la humedad óptima y densidad seca máxima del suelo con una curva de compactación. Se puede compactar en un molde de 4 ó 6 pulg de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).
- Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% o menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de (¾" pulg).
- Se facilitan 3 métodos alternativos:

#### METODO "A"

-Molde: de 101,6 mm con un diámetro (4 pulg)

-Material: Se deberá usar el que pasa por el tamiz (Nº 4).

-Número de capas: 5

-Golpes por capa: 25

-Uso: Si el 20 % ó menos del peso de la muestra es retenido en el tamiz (Nº 4).

-Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

#### METODO "B"

-Molde: de 101,6 mm con un diámetro de (4 pulg).

-Materiales: Se deberá usar el que pasa por el tamiz (¾ pulg).

-Número de Capas: 5

-Golpes por capa: 25

-Usos: Si más del 20% del peso de la muestra es retenido en el tamiz (Nº4) y 20% ó menos de peso de la muestra es retenido en el tamiz ( $\frac{3}{8}$  pulg).

-Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

#### METODO "C"

-Molde: de 152,4 mm con un diámetro de (6 pulg).

-Materiales: Se deberá usar el que pasa por el tamiz ( $\frac{3}{4}$  pulg).

-Número de Capas: 5

-Golpes por Capa: 56

-Uso: Si más del 20% en peso de la muestra se retiene en el tamiz ( $\frac{3}{8}$  pulg) y menos de 30% en peso se retiene en el tamiz ( $\frac{3}{4}$  pulg).

- El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.

- NORMAS

- NTP 339.141
- ASTM D 1557

- EQUIPO

- Ensamblaje del Molde
- Collar
- Balanza
- Horno de Secado
- Pisón ó Martillo
- Molde de 4 pulgadas. - Un molde que tenga en promedio  $101,6 \pm 0,4$  mm ( $4,000 \pm 0,016$  pulg) de diámetro interior, una altura de  $116,4 \pm 0,5$  mm ( $4,584 \pm 0,018$  pulg) y un volumen de  $944 \pm 14$  cm<sup>3</sup> ( $0,0333 \pm 0,0005$  pie<sup>3</sup>). Un molde con las características mínimas requeridas.
- Molde de 6 pulgadas. - Un molde que tenga en promedio  $152,4 \pm 0,7$  mm ( $6,000 \pm 0,026$  pulg) de diámetro interior, una altura de:  $116,4 \pm 0,5$ mm ( $4,584 \pm 0,018$  pulg) y un volumen de  $2\ 124 \pm 25$  cm<sup>3</sup> ( $0,075 \pm 0,0009$  pie<sup>3</sup>). Un molde con las características mínimas requeridas.

- Extractor de Muestras (opcional). – Alguna herramienta que permita extraer la muestra compactada del molde.

- MATERIALES

- Regla
- Tamices
- Herramientas de Mezcla

- MUESTRA

- Para el Método A y B se necesita aproximadamente una muestra de 16 kg de suelo seco.
- Se debe calcular el porcentaje de material retenido en la malla (Nº 4), ( $\frac{3}{8}$  pulg) ó ( $\frac{3}{4}$  pulg) para elegir el Método A, B ó C.

- PROCEDIMIENTO

#### PREPARACION DE APARATOS

- Teniendo ya los porcentajes que pasan por lo tamices indicados se selecciona el Método (A, B ó C) a ser usado. Se ajustará el molde, base y collar de extensión.
- Verificar que los siguientes equipos y herramientas estén bien calibrados antes de usarlos ya que de no ser así puede afectar los resultados:
  - a) Balanza
  - b) Moldes
  - c) Pisón Manual

#### PREPARACION DEL ENSAYO

#### SUELOS

- No se debe volver a usar el suelo que ya ha sido compactado anteriormente en Laboratorio.
- Preparar las muestras del suelo para el ensayo.

## METODO DE PREPARACION EN SECO

- Si la muestra de suelo está demasiado húmeda, se deberá reducir el contenido de agua poniéndolo en el horno. Se deberá disolver todos los grumos para evitar partículas individuales. Pasar el material por el tamiz indicado: (Nº4); ( $\frac{3}{8}$  pulg) ó ( $\frac{3}{4}$  pulg).
- Preparar mínimo cuatro muestras.
- Usar aproximadamente 2,3 kg del suelo previamente tamizado para cada muestra que será compactado con el Método A, B; o 5,9 kg cuando se use el Método C.

COMPACTACIÓN. - Después del secado, cada muestra se compactará de la siguiente manera:

- Anotar el peso del molde o moldes y el plato de base.
- Asegurar y ajustar el molde con el collar al plato base. Asegurar el plato base a un cimiento rígido, esto va a permitir un desmolde fácil del molde, el collar y el plato base después de concluida la compactación.
- El suelo será compactado en 5 capas, para esto se debe dividir la muestra en cinco partes iguales antes de verter en el molde.
- Se coloca la primera capa en el molde, se extiende suavemente hasta quedar uniforme, así se evita que el suelo quede suelto, luego se apisona manualmente. Se repite el mismo procedimiento con las otras capas restantes.
- Cada capa debe estar compactada con 25 golpes para el molde de (4 pulg) o 56 golpes para el molde de (6 pulgadas).
- Al terminar de compactar la última capa se debe retirar el collar y el plato base.
- Cuidadosamente enrasar la muestra compactada, con la regla recta por la parte superior del molde para formar una superficie plana.
- Se registra la masa de la muestra y molde.
- Después se remueve el material del molde y se saca una muestra para determinar el contenido de agua. Si se utiliza toda la muestra se debe quebrar para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro de la muestra compactada y removiendo 500 g del material de los lados cortados.

- CALCULO

- En base a la curva obtenida de compactación, se determina cual es el Óptimo Contenido de Humedad y el Peso Unitario o Densidad Seca Máxima.
- Contenido de Agua, w.- se calcula usando el Método de Ensayo NTP 339.127.
- Peso Unitario Seco. – Primero es necesario calcular la densidad húmeda, la densidad seca y finalmente se calcula el peso unitario seco, de la siguiente forma:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

Donde:

- $\rho_m$  = Densidad Húmeda de la muestra compactada (Mg/m<sup>3</sup>)
- $M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)
- $M_{md}$  = Masa del molde de compactación (kg)
- $V$  = Volumen del molde de compactación (m<sup>3</sup>)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde:

- $\rho_d$  = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)
- w = contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62,43 \rho_d \text{ en } \text{ lbf/pe}^3$$

$$\gamma_d = 9,807 \rho_d \text{ en } \text{ kN/m}^3$$

Donde:

- $\gamma_d$  = peso unitario seco del espécimen compactado.

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100$$

Donde:

- $W_{sat}$  = Contenido de agua para una saturación completa (%).
- $\gamma_w$  = Peso unitario del agua 9,807kN/m<sup>3</sup> ó (62,43 lbf/ pie<sup>3</sup>).
- $\gamma_d$  = Peso unitario seco del suelo.
- $G_s$  = Gravedad específica del suelo.

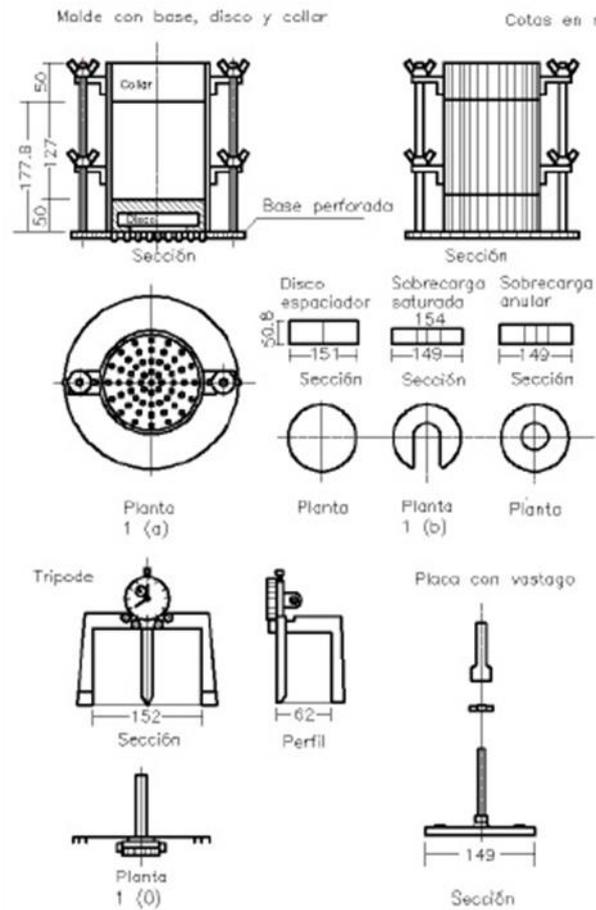
## **g) CBR de Suelos (Laboratorio) MTC E 132**

- **OBJETO:** Su objetivo es determinar el índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que se conoce mejor como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo de CBR que se realiza en el laboratorio requiere tener conocimiento de la humedad y densidad; aunque también se puede realizar de forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.
  
- **FINALIDAD**
  - La finalidad de este ensayo es evaluar la resistencia que puede soportar la subrasante, subbase y material de base.
  - El CBR se determina para un rango de contenidos de agua, generalmente el rango de contenido de agua permitido para la compactación de campo por la especificación de compactación en campo de la entidad usuaria.
  - Este ensayo se usa para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante.
  - Este ensayo va a requerir de otro ensayo que determina de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.
  
- **NORMAS**

ASTM D 1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio)
  
- **EQUIPO**
  - Una prensa similar a las que se usan en ensayos de compresión.
  - Molde, de metal, cilíndrico, de  $152,4\text{mm} \pm 0,66\text{ mm}$  ( $6 \pm 0,026''$ ) de diámetro interior y de  $177,8 \pm 0,46\text{ mm}$  ( $7 \pm 0,018''$ ) de altura, con un collar de metal suplementario de  $50,8\text{ mm}$  ( $2,0''$ ) de altura y una placa de base perforada de  $9,53\text{ mm}$  ( $3/8''$ ) de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de  $1,6\text{ mm}$  ( $28\ 1/16''$ ) las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro. La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.
  - Disco espaciador, de metal de  $150,8\text{ mm}$  de diámetro exterior y de  $61,37 \pm 0,127\text{ mm}$  de espesor, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.

- Pisón de compactación como el que se utiliza en el ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

**Figura 3.2: Molde con Base, Disco y Collar**



**Fuente: Manual de Ensayo de Materiales**

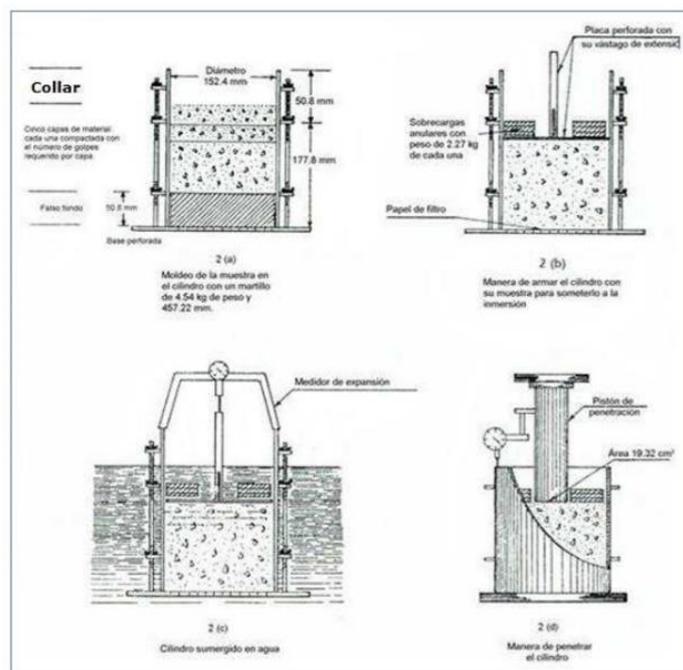
- Aparato medidor de expansión compuesto por:
  - Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149,2 mm de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm de diámetro.
  - Un trípode que pueda apoyar sus patas en el borde del molde, que tenga bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de manera que se pueda controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0,025 mm (0,001").
- Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal con una masa total de  $4,54 \pm 0,02\text{kg}$  y pesas ranuradas de metal con masas de  $2,27 \pm 0,02\text{ kg}$  cada una.

- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular, de  $49,63 \pm 0,13$  mm de diámetro.
  - Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.
  - Un balde que tenga la capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en el agua.
  - Horno con temperatura controlada de  $110 \pm 5$  °C.
  - Balanzas
  - Tamices (No. 4), (3/4") y (2").
  - Herramientas como cuarteador, espátulas, mezclador, probetas, cápsulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.
- MUESTRA
    - Teniendo como referencia el ensayo de proctor modificado se calcula la cantidad de muestra para la compactación en un molde de (6") como se indica en el ensayo de proctor modificado.
- PROCEDIMIENTO
    - Se sabe que el mayor problema en los suelos se debe a la alta concentración de humedad, por esta razón en este ensayo de sumergen las muestras en agua durante 4 días con una carga igual al del pavimento que actúa sobre el suelo.
    - Se obtiene la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de proctor modificado.
    - Para el ensayo de CBR se utilizará aproximadamente 5kg por cada molde.
    - Primero se deberá pesar el molde con su base, después se colocará en este el collar con el disco espaciador y un papel filtro grueso del mismo diámetro que del disco.
    - Después de tener armado el molde se repite el procedimiento con dos moldes más para tener los tres moldes que generalmente se usa en el ensayo de CBR.
    - Se debe mezclar el material con el porcentaje de humedad optima obtenido anteriormente. Después se debe colocar el material

dividido en cinco capas para cada molde, en el primer molde se da 12 golpes por capa, para el segundo molde se da 26 golpes por capa y para el ultimo molde son 55 golpes por capa.

- Teniendo ya los tres moldes se retira el collar y disco espaciador, se invierte el molde y se coloca sobre este el vástago con los discos para simular la sobrecarga que producen las capas que van encima del suelo. La sobrecarga debe ser mayor a 4.54 kg. Luego se pone sobre este el trípode con el deformímetro que medirá la expansión y finalmente se sumergen los moldes en un tanque con agua.

**Figura 3.3**



**Fuente: Manual de Ensayo de Materiales**

- Durante los 4 días se anotan los datos que arroja el deformímetro al menos una vez al día y luego se retiran los moldes del agua, se quita en trípode y el vástago con los discos. Se deja reposar un momento para que salga el agua sobrante.
- Se lleva la muestra a la prensa a usar y se coloca una sobre carga igual a la del pavimento que soporta el suelo, estos son los discos que se usaron para sumergir en el tanque. Luego se coloca la prensa y en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añade el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Sobre esto se coloca el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente.

- Posteriormente se colocan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración. Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde. Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. Las prensas manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

**TABLA 3.9. Penetración**

<b>Milímetros</b>	<b>Pulgadas</b>
0,63	0,025
1,27	0,050
1,90	0,075
2,54	0,100
3,17	0,125
3,81	0,150
5,08	0,200
7,62	0,300
10,16	0,400
12,70	0,500

**Fuente: Manual de Ensayo de Materiales**

- Para finalizar se desarme el molde y se saca una muestra de encima para determinar el contenido de humedad.
- **CALCULOS**
  - La humedad de compactación, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

H = Humedad prefijada

h = Humedad natural

- Densidad o peso unitario. Se calcula a través del ensayo de Proctor normal o modificado antes de sumergir las muestras de suelo en el agua, también se debe calcular su humedad óptima.

- Expansión. La expansión se va a calcular teniendo el dato del deformímetro antes de sumergir la muestra en el tanque, menos el dato después de sumergir la muestra.

Es decir:

$$\% \text{ Expansión} = (L2 - L1)/127 \times 100$$

Donde:

L1 = Lectura inicial en mm.

L2 = Lectura final en mm.

- Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se calcula teniendo la presión ejercida para las penetraciones determinadas como se muestra en la siguiente tabla.

*TABLA 3.10.*

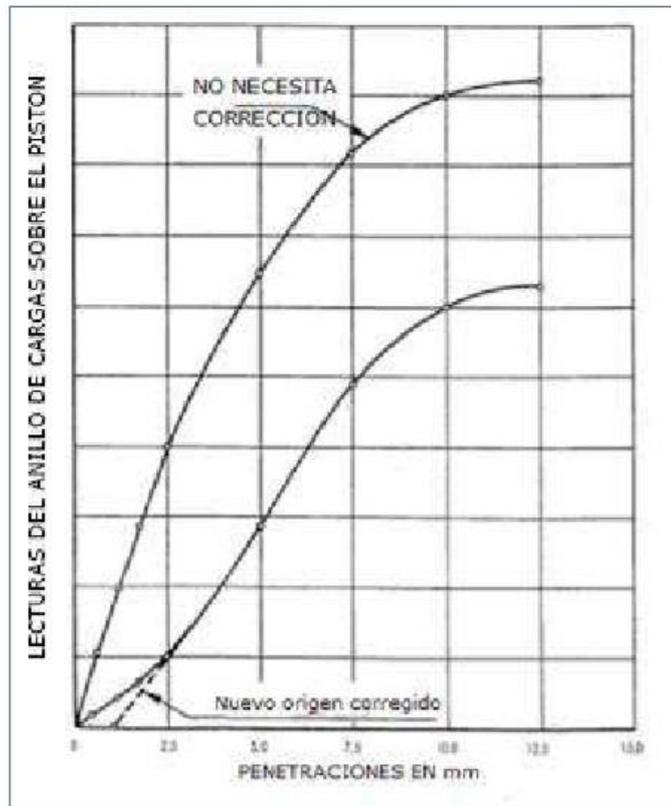
Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

**Fuente: Manual de Ensayo de Materiales**

Para calcular el índice CBR es de la siguiente forma:

- a) Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración.
- b) De la curva corregida tómanse los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm y 5,08 mm y calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (10001b/plg2) y 10,3 MPa (1500 lb/plg 2) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración.

**Figura 3.4: Curva para Cálculo de Índice de CBR**



**Fuente: Manual de Ensayo de Materiales**

# RESULTADOS

## 4. RESULTADOS

### 4.1. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1.1. Análisis Granulométrico para Agregados Gruesos y Finos

TABLA 4.1. Contenido de Porcentaje por Material

N°	CALICATA	MUESTRA	GRANULOMETRIA (%)		
			GRAVA	ARENA	FINOS
1	C-01	M-01	17.71	38.48	43.81
		M-02	18.04	22.84	59.12
2	C-02	M-03	38.69	38.83	22.47
		M-04	31.46	65.34	3.21
3	C-03	M-05	42.84	16.29	40.87
		M-06	26.37	15.20	58.42
4	C-04	M-07	36.96	46.75	16.28
		M-08	34.23	59.15	6.62

**Fuente: Elaboración Propia**

- La finalidad del ensayo granulométrico de partículas es determinar el tamaño de las partículas de un suelo.

#### 4.1.2. Análisis Granulométrico para Clasificación SUCS y AASHTO

TABLA 4.2. Clasificación del suelo

N°	CALICATA	MUESTRA	SUCS	AASHTO
1	C-01	M-01	ML	A - 4
		M-02	ML	A - 4
2	C-02	M-03	SM	A - 1 - b
		M-04	SM	A - 1 - b
3	C-03	M-05	ML	A - 4
		M-06	ML	A - 6
4	C-04	M-07	SM	A - 1 - b
		M-08	SM	A - 1 - b

**Fuente: Elaboración Propia**

#### 4.1.3. Contenido de humedad

La finalidad del ensayo de contenido de humedad de un suelo determinar el peso del agua que guarda las partículas sólidas de un suelo, esto se expresa en términos de porcentaje. La humedad en el suelo es muy importante para una compactación del suelo ya que se comporta como agente lubricante.

*TABLA 4.3. Contenido de Humedad*

N°	CALICATA	MUESTRA	HUMEDAD (%)
1	C-01	M-01	10.99
		M-02	15.47
2	C-02	M-03	8.34
		M-04	4.60
3	C-03	M-05	15.39
		M-06	14.78
4	C-04	M-07	1.73
		M-08	4.60

**Fuente: Elaboración Propia**

#### 4.1.4. Límites de Atterberg

*TABLA 4.4. Límites de Atterberg*

N°	CALICATA	MUESTRA	LIMITES DE CONSISTENCIA (%)		
			LL	LP	IP
1	C-01	M-01	28.33	22.79	5.53
		M-02	26.27	20.21	6.06
2	C-02	M-03	14.92	12.90	2.02
		M-04	0.00	0.00	0.00
3	C-03	M-05	33.93	26.72	7.21
		M-06	38.29	22.53	14.55
4	C-04	M-07	15.42	14.41	1.02
		M-08	18.53	17.58	0.95

**Fuente: Elaboración Propia**

#### 4.1.5. Proctor Modificado (Muestra Inalterada)

TABLA 4.5. Proctor Modificado (Muestra Inalterada)

N°	CALICATA	MUESTRA	DENSIDAD MAXIMA (gr/cm <sup>3</sup> ) P.M.	HUMEDAD OPTIMA (%) P.M.
1	C-01	M-01	1.78	13.9
		M-02	1.91	10.95
2	C-02	M-03	2.22	5.74
		M-04	2.11	5.78
3	C-03	M-05	1.829	10.85
		M-06	1.79	15.8
4	C-04	M-07	2.19	6.9
		M-08	2.09	5.81

**Fuente: Elaboración Propia**

#### 4.1.6. Proctor Modificado (Muestra 1) Incorporando CAL y Cloruro de Calcio

Teniendo en cuenta la clasificación de suelos se logra distinguir solo dos tipos de suelos a los cuales se les hicieron los ensayos Proctor Modificado. En la siguiente tabla se podrá observar la comparación de resultados para la muestra 1 entre la muestra inalterada, la muestra con la Cal y la muestra con cloruro de calcio.

TABLA 4.6. Proctor Modificado (Muestra 1)

PROCTOR MODIFICADO (MUESTRA 1)				
PORCENTAJE	CAL		CLORURO DE CALCIO	
	HUMEDAD OPTIMA (%)	DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm <sup>3</sup> )	HUMEDAD OPTIMA (%)	DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm <sup>3</sup> )
0%	5.83	2.19	5.83	2.19
3%	6.40	2.31	6.30	2.20
4%	7.11	2.42	7.10	2.24

**Fuente: Elaboración Propia**

#### 4.1.7. Proctor Modificado (Muestra 2) Incorporando CAL y Cloruro de Calcio

Teniendo en cuenta la clasificación de suelos se logra distinguir solo dos tipos de suelos a los cuales se les hicieron los ensayos Proctor Modificado. En la siguiente tabla se podrá observar la comparación de resultados para la muestra 2 entre la muestra inalterada, la muestra con la Cal y la muestra con cloruro de calcio.

*TABLA 4.7. Proctor Modificado (Muestra 2)*

PROCTOR MODIFICADO (MUESTRA 2)				
PORCENTAJE	CAL		CLORURO DE CALCIO	
	HUMEDAD OPTIMA (%)	DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm <sup>3</sup> )	HUMEDAD OPTIMA (%)	DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm <sup>3</sup> )
0%	10.95	1.81	10.95	1.81
3%	11.35	1.82	14.90	1.87
4%	12.20	1.99	15.80	1.97

**Fuente: Elaboración Propia**

#### 4.1.8. CBR (Muestra Inalterada)

Teniendo en cuenta la clasificación de suelos se logra distinguir solo dos tipos de suelos a los cuales se les hicieron los ensayos de CBR.

*TABLA 4.8. CBR (Muestra Inalterada)*

N°	MUESTRA	PENETRACION	CBR	
			100%	95%
1	M-01	0.1	23.77	21.15
		0.2	27.40	23.77
2	M-02	0.1	10.24	9.30
		0.2	10.81	9.70

**Fuente: Elaboración Propia**

#### 4.1.9. CBR (Muestra 1) Incorporando la CAL y Cloruro de Calcio

Teniendo en cuenta la clasificación de suelos se logra distinguir solo dos tipos de suelos a los cuales se les hicieron los ensayos CBR. En la siguiente tabla se podrá observar la comparación de resultados de la muestra 1 entre la muestra inalterada, la muestra con la cal y la muestra con el cloruro de calcio.

*TABLA 4.9. CBR (Muestra 1)*

CBR MUESTRA 1					
	PENETRACION	CAL		CLORURO DE CALCIO	
		100%	95%	100%	95%
0%	0.1"	23.77	21.15	23.77	21.15
	0.2"	27.40	23.77	27.40	23.77
4%	0.1"	35.80	26.50	37.40	29.60
	0.2"	47.70	35.80	49.80	39.40

***Fuente: Elaboración Propia***

#### 4.1.10. CBR (Muestra 2) Incorporando la CAL y Cloruro de Calcio

Teniendo en cuenta la clasificación de suelos se logra distinguir solo dos tipos de suelos a los cuales se les hicieron los ensayos CBR. En la siguiente tabla se podrá observar la comparación de resultados de la muestra 2 entre la muestra inalterada, la muestra con la cal y la muestra con el cloruro de calcio.

*TABLA 4.10. CBR (Muestra 2)*

CBR MUESTRA 2					
	PENETRACION	CAL		CLORURO DE CALCIO	
		100%	95%	100%	95%
0%	0.1"	10.24	9.30	10.24	9.30
	0.2"	10.81	9.70	10.81	9.70
4%	0.1"	23.47	19.20	35.60	24.20
	0.2"	31.24	25.40	40.80	28.50

***Fuente: Elaboración Propia***

#### 4.1.11. Comparación de Precios Unitarios

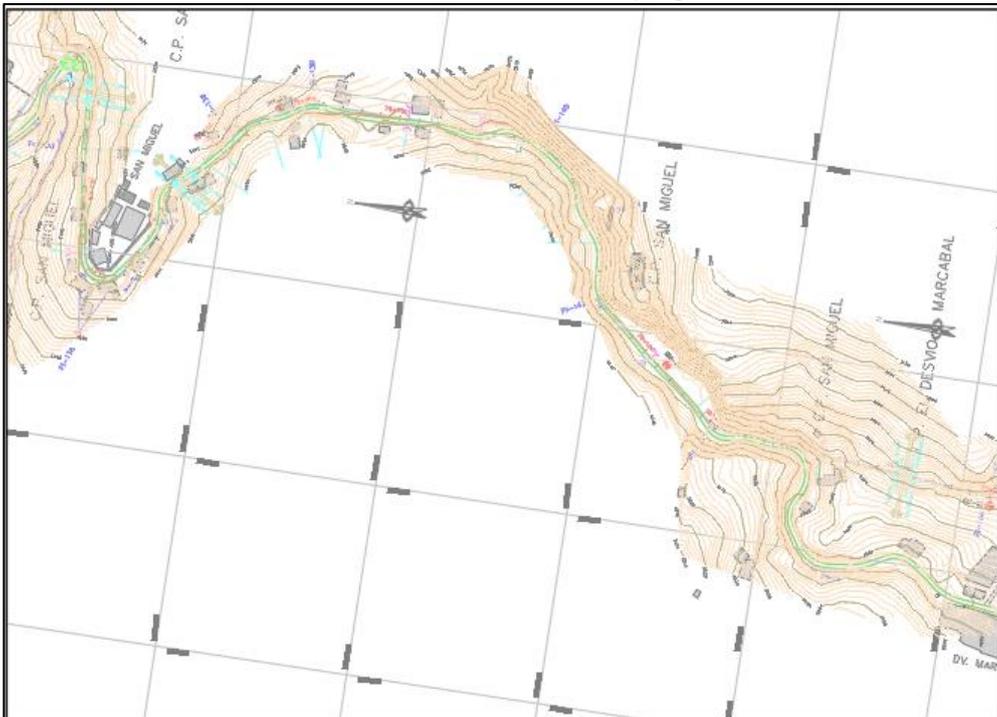
TABLA 4.11. Análisis de Precios Unitarios

SUB RASANTE e=30 cm			
PROYECTO SIN ADITIVOS	PROYECTO CON CAL	PROYECTO CON CLORURO DE CALCIO	UND
S/0.00	S/1.50	S/3.00	M2

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.12. Plano topográfico de la zona de estudio

TABLA 4.12. Plano Topográfico



Fuente: Provias Nacional

#### 4.2. Prueba de Hipótesis

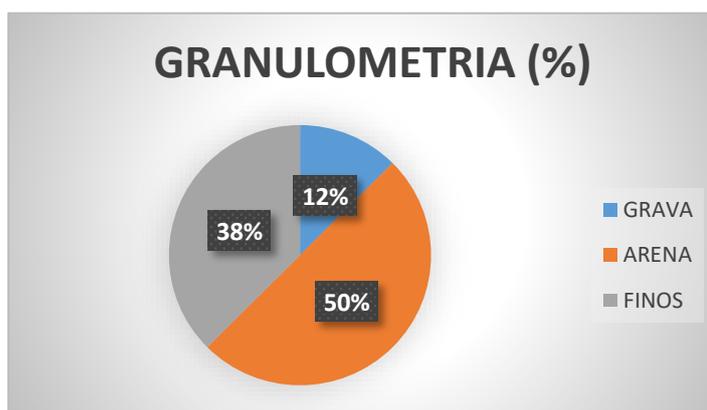
Con los ensayos realizados pudimos identificar dos tipos de suelos y conocer que el estado actual de la carretera tramo Huamachuco – Cajabamba no es el adecuado ya que no cumple con los requisitos de calidad establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC E 132) que dice que el material a emplearse para la subrasante de un pavimento debe tener un CBR > 30% o 40%; También se obtuvieron los resultados incorporando la Cal y el Cloruro de Calcio para su comparación y poder definir que método es el más apto para la estabilización del suelo principalmente en las zonas más afectadas.

# **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- En la tabla 4.1. del contenido de porcentaje por material, se ve que las calicatas 1 y 3 tiene mayor material de finos mientras que las calicatas 2 y 4 tiene mayor material de arena.
- Del total de muestras (8) realizadas, 1, es decir el 12% es grava; 4, es decir el 50% es arena y 3, es decir el 38% son finos. Los que nos permite conocer que en su mayoría el suelo está compuesto de arena.

TABLA 5.1. Contenido de Porcentaje por Material



**Fuente: Elaboración Propia**

- De la tabla 4.2. Se puede identificar dos tipos de suelos de las 8 muestras que se obtuvieron, para la clasificación SUCS se consideró el análisis granulométrico y los resultados del Proctor Modificado y CBR. Mientras que para la clasificación AASHTO también se consideró el análisis granulométrico y los estados de consistencia (límite líquido y límite plástico).
- De la tabla 4.2 se obtuvo para las calicatas 1 y 3 un suelo de tipo A-4 (clasificación AASHTO) lo cual indica que es un suelo limoso con una calidad aceptable-mala; y para las calicatas 2 y 4 se obtuvo un suelo de tipo A-1-b (clasificación AASHTO) lo cual indica que es un suelo arenoso con grava, con una calidad de excelente a buena.
- Para la tabla 4.3. se presenta mayor porcentaje de humedad en las calicatas 1 y 3, y un bajo porcentaje de humedad en las calicatas 2 y 4. La humedad más alta que se observa es de las muestras 2 y 5, y en esta muestra 5 es donde está la zona más afectada de estudio.
- Para la tabla 4.4. en el ensayo de límites de Atterberg que se utiliza para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. Según el

índice de plasticidad las calicatas 1 y 3 son suelos que van de débilmente a medianamente plásticos; mientras que las calicatas 2 y 4 son suelos que van de desmenuzables a débilmente plásticos.

- De la tabla 4.5 en la muestra inalterada se determinó la relación del contenido de humedad y el peso específico seco, con estos datos se obtuvo la curva de compactación del suelo para calcular la densidad seca máxima para un contenido de humedad óptimo.
- De todas las muestras tomadas se lograron identificar, por medio de los ensayos, solo dos tipos de suelos a los que se realizaron los ensayos de proctor modificado y CBR con las muestras inalteradas y con los aditivos (cal y cloruro de calcio)
- En la tabla 4.6 de la muestra 1 en los resultados se puede observar los rangos de la humedad óptima entre cada porcentaje, la muestra inalterada tiene una humedad óptima del 5.83%, con el 3% de cal se ve una mejora del 9.73% y con el 3% de cloruro de calcio hay una mejora del 8.02% de humedad, sin embargo, se nota mucha más mejoría si se añade el 4% de cada aditivo, siendo que con el 4% de cal hay una mejora del 21.90% y con el 4% de cloruro de calcio mejora un 21.73% la humedad.
- En la misma tabla 4.6 de la muestra 1 en los resultados también se puede observar los rangos de la densidad seca máxima entre cada porcentaje, la densidad seca máxima de la muestra inalterada es de 2.19 (gr/cm<sup>3</sup>), con el 3% de cal se ve una mejora del 5.48% y con el 3% de cloruro de calcio hay una mejora del 0.46% en la densidad, mientras que, si se añade el 4% de cal hay una mejora del 10.50% y con el 4% de cloruro de calcio mejora un 2.28% la densidad.
- Para la tabla 4.7. de la muestra 2 en los resultados se puede observar los rangos de la humedad óptima entre cada porcentaje, la muestra inalterada tiene una humedad óptima del 10.95%, con el 3% de cal se ve una mejora del 3.65% y con el 3% de cloruro de calcio hay una mejora del 36.07% de humedad, sin embargo, se nota mucha más mejoría si se añade el 4% de cada aditivo, siendo que con el 4% de cal hay una mejora del 11.42% y con el 4% de cloruro de calcio mejora un 44.29% la humedad. Los resultados evidencian que aplicando un 4% de cal y cloruro de calcio los porcentajes son mucho más favorables que aplicando solo el 3%.
- En la misma tabla 4.7 de la muestra 2 en los resultados también se puede observar los rangos de la densidad seca máxima entre cada porcentaje, para la muestra inalterada es de 1.81 (gr/cm<sup>3</sup>), con el 3% de cal se ve una mejora del 0.55% y con el 3% de cloruro de calcio hay una mejora del 3.31% en la densidad, mientras que, si se añade el 4% de cal hay una mejora del 9.94% y con el 4% de cloruro de calcio mejora un 8.84% la densidad. Los resultados

evidencian que aplicando un 4% de cal y cloruro de calcio los porcentajes son mucho más favorables que aplicando solo el 3%.

- La tabla 4.8 muestra los resultados del ensayo de CBR con las muestras sin alterar para cada muestra tomada.
- En la tabla 4.9. se observa claramente un gran cambio del CBR cuando se añade la cal, pero es aún mayor cuando se incorpora el cloruro de calcio, lo cual significa que, con ambos métodos se logra estabilizar el suelo ya que supera el 30% de lo establecido, se consideró de acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo de proctor modificado aplicar solo el 4% de cada estabilizante ya que los resultados obtenidos eran más favorables. En la muestra 1 se tuvo un CBR de 27.40% para el 100% en una penetración de 2"; donde se incorporó la cal obteniendo como resultado un CBR de 47.70% e incorporando el cloruro de calcio se obtuvo un CBR de 49.80%, esto significa un aumento del 74.09% con la cal y un aumento del 81.75% con el cloruro de calcio.
- En la tabla 4.10 se observa claramente un aumento del CBR cuando se añade la cal y el cloruro de calcio como estabilizador, lo cual significa que, logra estabilizar el suelo ya que supera el 30% de lo establecido, se consideró de acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo de proctor modificado aplicar solo el 4% de cada estabilizante ya que los resultados obtenidos eran más favorables. Para la muestra 2 se tuvo un CBR de 10.81% para el 100% en una penetración de 2"; donde se incorporó la cal obteniendo como resultado un CBR de 31.24% e incorporando el cloruro de calcio se obtuvo un CBR de 40.80%. esto significa un aumento del 189.00% con la cal y un aumento del 277.44% con el cloruro de calcio.
- Para la tabla 4.11 se muestran el análisis comparativo de precios unitarios por m<sup>2</sup> para el mejoramiento del suelo en la carretera tramo Huamachuco – Cajabamba.

# CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

- Para la tabla 4.12 tenemos las características que presenta el plano topográfico son:
  - ✓ Relieve. – Montañoso, se caracterizan por su gran altitud y por el hecho de tener un nivel de pendiente variable pero elevado.
  - ✓ Altitud. – 3060 m.s.n.m.
  - ✓ Coordenadas. – 9147400 N y 828800 E
  - ✓ Vías de comunicación. – Su principal vía de comunicación es la carretera que va desde la ciudad de Huamachuco a la ciudad de Cajabamba. En esta carretera se encuentra el tramo de estudio en el caserío de San Miguel.
  - ✓ Vegetación. – En sus extensas laderas y quebradas tiene una variada vegetación propia de la zona como tallango, cactus, poleo, eucalipto, helecho silvestre, entre otros.
  - ✓ Población. – El distrito de Marcabal tiene actualmente una población de 16,698 habitantes aproximadamente.
  
- Se realizó el estudio de mecánica de suelos obteniendo estos resultados.

**TABLA 6.1. Resumen de ensayos de Laboratorio**

N°	CALICATA	MUESTRA	SUCS	AASHTO	HUMEDAD (%)	LIMITES DE CONSISTENCIA (%)			GRANULOMETRIA (%)			DENSIDAD MAXIMA P.M.	HUMEDAD OPTIMA P.M.	CBR (100%) penetración de 2"
						LL	LP	IP	GRAVA	ARENA	FINOS			
1	C-01	M-01	ML	A - 4	10.99	28.33	22.79	5.53	17.71	38.48	43.81	1.78	13.9	10.81
		M-02	ML	A - 4	15.47	26.27	20.21	6.06	18.04	22.84	59.12	1.91	10.95	
2	C-02	M-03	SM	A - 1 - b	8.34	14.92	12.90	2.02	38.69	38.83	22.47	2.22	5.74	27.40
		M-04	SM	A - 1 - b	4.60	0	0	0	31.46	65.34	3.21	2.11	5.78	
3	C-03	M-05	ML	A - 4	15.39	33.93	26.72	7.21	42.84	16.29	40.87	1.83	10.85	10.81
		M-06	ML	A - 6	14.78	38.29	23.73	14.55	26.37	15.20	58.42	1.79	15.8	
4	C-04	M-07	SM	A - 1 - b	1.73	15.42	14.41	1.02	36.96	46.75	16.28	2.19	6.9	27.40
		M-08	SM	A - 1 - b	4.60	18.53	17.58	0.95	34.23	59.15	6.62	2.09	5.81	

**Fuente: Elaboración Propia**

- Se analizó y evaluó el suelo en la zona de estudio concluyendo por los resultados que no cumple con los requisitos de calidad establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC E 132) que dice que el material a emplearse para la subrasante de un pavimento debe tener un CBR > 30% o 40%.
  
- Para ambas muestras se aplicaron los dos métodos con el fin de lograr una estabilización en el suelo, los resultados muestran una gran mejoría cuando se incorporan la cal y el cloruro de calcio al suelo, se nota claramente un incremento en los valores de CBR cumpliendo con los parámetros establecidos por (MTC E 132) para la sub rasante. Se concluye que con ambos métodos se da solución al problema que presenta el tramo de estudio de la carretera Huamachuco-Cajabamba.

- Para el tipo de suelo que tienen las calicatas 1 y 3 se tuvo un CBR de 10.81% para el 100% en una penetración de 2"; donde se incorporó la cal obteniendo como resultado un CBR de 31.24% e incorporando el cloruro de calcio se obtuvo un CBR de 40.80%.
- Para el tipo de suelo que tienen las calicatas 2 y 4 se tuvo un CBR de 27.40% para el 100% en una penetración de 2"; donde se incorporó la cal obteniendo como resultado un CBR de 47.70% e incorporando el cloruro de calcio se obtuvo un CBR de 49.80%.
- Se determinó que el método aplicado más viable económicamente es la cal debido a su menor costo por m<sup>2</sup>, sin embargo, se ve que técnicamente el cloruro de calcio le da un porcentaje mayor de estabilidad a los dos tipos de suelos en el tramo de estudio.

# RECOMENDACIONES

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda poder realizar más ensayos de CBR con diferentes porcentajes de cal y cloruro de calcio para realizar una comparación y tener mayor precisión en los resultados.
- También se podrían realizar otro tipo de ensayos como: el ensayo triaxial o corte directo, para lograr profundizar en los efectos que tiene la incorporación de la cal y el cloruro de calcio.
- Se recomienda investiga otro tipo de aditivos como: cemento, cloruro de sodio, etc; para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo y también que sean viables económica y técnicamente.

# **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (Pobres x desastres: Desastres de Origen Natural y Cooperación para el Desarrollo, 2015).
- <http://revistakatequil.blogspot.com/2011/11/descripcion-geografica-de-marcabalito.html>
- María Angélica Sánchez Albán (Quito 2014) “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS CON CAL Y CEMENTO EN EL SECTOR CALCICAL DEL CANTÓN TOSAGUA PROVINCIA DE MANABÍ”.
- (<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11180/TESIS-PUCES%C3%A1nchez%20Alb%C3%A1n%20Mar%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)
- Jairon Roldán de Paz (Guatemala 2010) “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA BASES Y SUB BASES”
- ([http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3160\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3160_C.pdf))
- Yony Laurente Ronceros (Lima, 2011) “ESTUDIO COMPARATIVO DEL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE Y BASE DE LA CARRETERA CAÑETE - CHUPACA, TRAMO: Km 220+000 - Km 240+000”.
- (<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3483>)
- Gutiérrez (Lima-Perú - 2010) “ESTABILIZACIÓN QUÍMICA DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN EL PERÚ Y VENTAJAS COMPARATIVAS DEL CLORURO DE MAGNESIO FRENTE AL CLORURO DE CALCIO”
- Abel Darwin Velarde Del Castillo (Puno – 2015) “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS ARCILLOSOS ESTABILIZADOS CON CAL Y CEMENTO”
- ([http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2273/Velarde\\_Del\\_Castillo\\_Abel\\_Darwin.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2273/Velarde_Del_Castillo_Abel_Darwin.pdf?sequence=1&isAllowed=y))
- Lizeth Mercedes De La Cruz Gutiérrez (Huancayo – 2016) “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS POR MEDIO DE ADITIVOS (Eco Road 2000) PARA PAVIMENTACIÓN EN PALIAN – HUANCAYO - JUNIN.”
- (<https://lultimaresistencia.weebly.com/libros-ing-civil.html>)
- Paul Garnica Anguas, Alfonso Pérez Salazar, José Antonio Gómez López, Edda Yhaaraby Obil Veiza (2002) “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CLORURO DE SODIO PARA SU USO EN LAS VÍAS TERRESTRES”
- (<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt201.pdf>)

- MATEOS DE VICENTE, Manuel. “Efectos del cloruro cálcico en la estabilidad de las tierras”
- Norma CE. 020 Estabilización de suelos y taludes (Reglamento Nacional de Edificaciones RNE)
- Norma E. 050 Suelos y cimentaciones (Reglamento Nacional de Edificaciones RNE)
- Rico, A. y Del Castillo, H. (1974). La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. México D.F
- Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas (<https://repositorio.unan.edu.ni/6456/1/51667.pdf>)
- GUIA BASICA PARA ESTABILIZACION DE SUELOS CON CAL EN CAMINOS DE BAJA INTENSIDAD VEHICULAR EN EL SALVADOR” ([http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2138/1/Gu%C3%ADa\\_b%C3%A1sica\\_para\\_estabilizaci%C3%B3n\\_de\\_suelos\\_de\\_cal\\_en\\_caminos\\_de\\_baja\\_intensidad\\_vehicular\\_en\\_El\\_Salvador.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2138/1/Gu%C3%ADa_b%C3%A1sica_para_estabilizaci%C3%B3n_de_suelos_de_cal_en_caminos_de_baja_intensidad_vehicular_en_El_Salvador.pdf))
- Estabilización con cal a nivel de subrasante de la carretera Huaraz – Marcac en la progresiva 0+000 – 2+000 – 2018 (<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26410>)
- EFECTO DE LA CAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ([file:///C:/Users/KARINA/Downloads/7268-Texto%20del%20art%C3%ADculo-9942-1-10-20130204%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/KARINA/Downloads/7268-Texto%20del%20art%C3%ADculo-9942-1-10-20130204%20(1).pdf))
- “USO DEL CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE LA AVENIDA CCORIPACCHA - PUYHUAN GRANDE – HUANCABELICA” (<file:///C:/Users/KARINA/Downloads/TP%20-%20UNH%20CIVIL.%200087.pdf>)
- ECUACIONES DE CORRELACIÓN DEL CBR CON PROPIEDADES ÍNDICE DE SUELOS PARA LA CIUDAD DE PIURA ([https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI\\_208.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI_208.pdf?sequence=1))
- MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS ([http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf))

# **ANEXOS**

## ANALISIS GRANULOMETRICO



### INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D-422/NTP 339.128

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-1	PRESENTACION	: 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	: 1	CANTIDAD	: 1 kg
PROFUNDIDAD	: 1 m		

TAMIZ	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO				
	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	RET. ACUM (%)	PASA (%)
3"	76.200	0.00	-	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.00	-	0.0	100.0
2"	50.800	0.00	-	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	-	0.0	100.0
1"	25.400	40.48	3.6	3.6	96.4
3/4"	19.050	23.15	2.1	5.7	94.3
1/2"	12.700	19.71	1.8	7.4	92.6
3/8"	9.525	31.62	2.8	10.2	89.8
N° 4	4.760	84.05	7.5	17.7	82.3
N° 8	2.380	75.81	6.7	24.5	75.5
N° 10	2.000	15.82	1.4	25.9	74.1
N° 16	1.190	45.80	4.1	29.9	70.1
N° 20	0.840	23.16	2.1	32.0	68.0
N° 30	0.590	23.47	2.1	34.1	65.9
N° 40	0.426	28.48	2.5	36.6	63.4
N° 50	0.297	44.37	3.9	40.6	59.4
N° 100	0.149	112.68	10.0	50.6	49.4
N° 200	0.074	62.86	5.6	56.2	43.8
PLATO	0.000	492.34	43.8	100.0	-

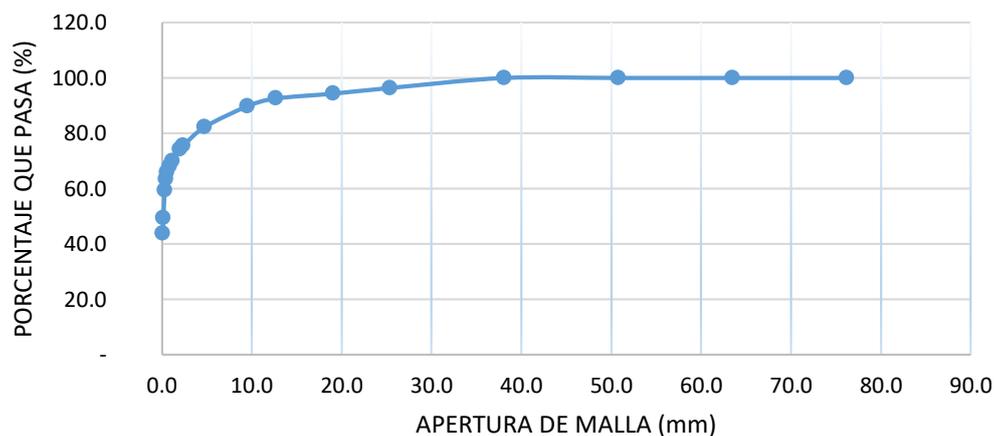
DATOS DEL MATERIAL	
Peso Inicial Seco (g)	= 1123.8
Peso Lavado Seco (g)	= 636.5
Perdida por Lavado (g)	= 487.3

% Grava =	17.71
% Arena =	38.48
% Finos =	43.81

D10 =	0.0169	
D30 =	0.0507	
D60 =	0.3156	Cc= 0.482
		Cu= 18.685

Observaciones:

### CURVA GRANULOMÉTRICA (M1)



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D-422/NTP 339.128

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-1	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	2	CANTIDAD	:	1 kg
PROFUNDIDAD	:	2 m			

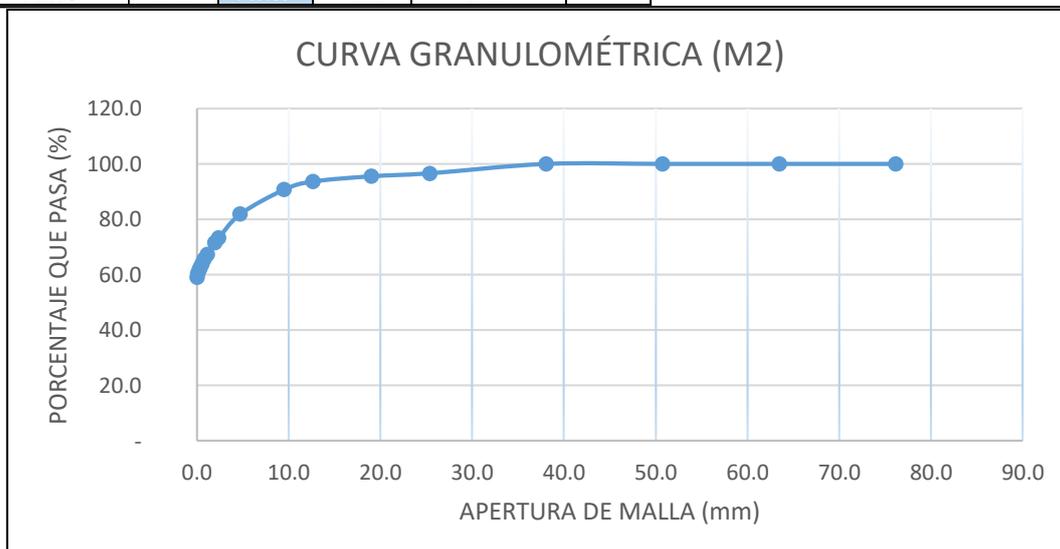
TAMIZ	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO				
	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	RET. ACUM (%)	PASA (%)
3"	76.200	0.00	-	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.00	-	0.0	100.0
2"	50.800	0.00	-	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	-	0.0	100.0
1"	25.400	42.91	3.4	3.4	96.6
3/4"	19.050	13.64	1.1	4.5	95.5
1/2"	12.700	23.73	1.9	6.3	93.7
3/8"	9.525	37.27	2.9	9.3	90.7
N° 4	4.760	111.26	8.8	18.0	82.0
N° 8	2.380	110.24	8.7	26.7	73.3
N° 10	2.000	21.19	1.7	28.4	71.6
N° 16	1.190	53.26	4.2	32.6	67.4
N° 20	0.840	23.67	1.9	34.5	65.5
N° 30	0.590	20.26	1.6	36.1	63.9
N° 40	0.426	15.62	1.2	37.3	62.7
N° 50	0.297	11.17	0.9	38.2	61.8
N° 100	0.149	17.07	1.3	39.5	60.5
N° 200	0.074	17.11	1.3	40.9	59.1
PLATO	0.000	749.60	59.1	100.0	-

DATOS DEL MATERIAL	
Peso Inicial Seco (g)	= 1268
Peso Lavado Seco (g)	= 518.4
Perdida por Lavado (g)	= 749.6

% Grava =	18.04
% Arena =	22.84
% Finos =	59.12

D10 =	0.0125	
D30 =	0.0376	
D60 =	0.1231	Cc= 0.915
		Cu= 9.834

Observaciones:



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D-422/NTP 339.128

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-2	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	3	CANTIDAD	:	1 kg
PROFUNDIDAD	:	1 m			

TAMIZ	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO				
	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	RET. ACUM (%)	PASA (%)
3"	76.200	0.00	-	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.00	-	0.0	100.0
2"	50.800	0.00	-	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	-	0.0	100.0
1"	25.400	35.29	3.7	3.7	96.3
3/4"	19.050	46.98	4.9	8.6	91.4
1/2"	12.700	81.75	8.6	17.2	82.8
3/8"	9.525	54.86	5.7	22.9	77.1
N° 4	4.760	150.44	15.8	38.7	61.3
N° 8	2.380	90.62	9.5	48.2	51.8
N° 10	2.000	16.31	1.7	49.9	50.1
N° 16	1.190	41.27	4.3	54.2	45.8
N° 20	0.840	19.48	2.0	56.3	43.7
N° 30	0.590	18.26	1.9	58.2	41.8
N° 40	0.426	18.58	1.9	60.1	39.9
N° 50	0.297	26.71	2.8	62.9	37.1
N° 100	0.149	80.98	8.5	71.4	28.6
N° 200	0.074	58.47	6.1	77.5	22.5
PLATO	0.000	214.50	22.5	100.0	-

#### DATOS DEL MATERIAL

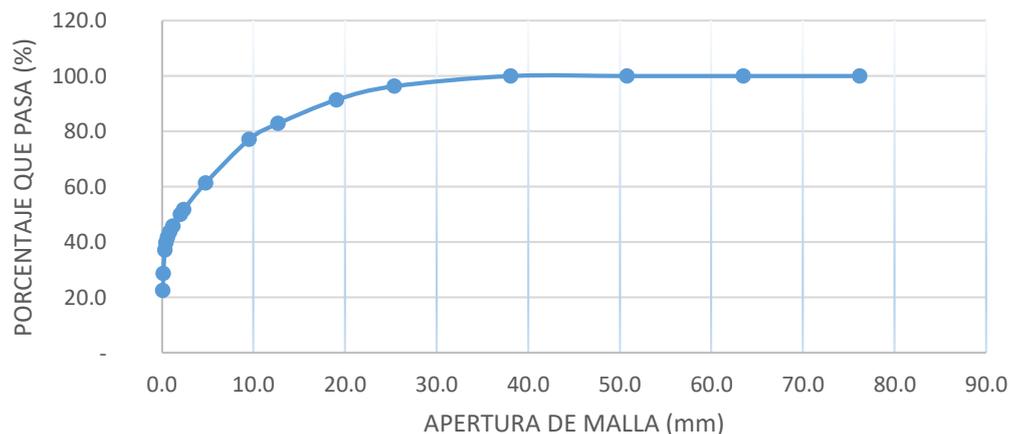
Peso Inicial Seco (g)	=	954.5
Peso Lavado Seco (g)	=	747.4
Perdida por Lavado (g)	=	207.1

% Grava	=	38.69
% Arena	=	38.83
% Finos	=	22.47

D10	=	0.0329	
D30	=	0.1735	
D60	=	4.4322	Cc= 0.206
			Cu= 134.599

Observaciones:

### CURVA GRANULOMÉTRICA (M3)



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D-422/NTP 339.128

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-2	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	4	CANTIDAD	:	1 kg
PROFUNDIDAD	:	2 m			

TAMIZ	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO				
	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	RET. ACUM (%)	PASA (%)
3"	76.200	0.00	-	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.00	-	0.0	100.0
2"	50.800	0.00	-	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	-	0.0	100.0
1"	25.400	0.00	-	0.0	100.0
3/4"	19.050	22.74	2.4	2.4	97.6
1/2"	12.700	70.12	7.3	9.6	90.4
3/8"	9.525	54.36	5.6	15.2	84.8
N° 4	4.760	156.81	16.2	31.5	68.5
N° 8	2.380	130.15	13.5	44.9	55.1
N° 10	2.000	19.84	2.1	47.0	53.0
N° 16	1.190	60.92	6.3	53.3	46.7
N° 20	0.840	34.27	3.5	56.8	43.2
N° 30	0.590	31.45	3.3	60.1	39.9
N° 40	0.426	53.99	5.6	65.7	34.3
N° 50	0.297	120.45	12.5	78.1	21.9
N° 100	0.149	140.58	14.5	92.7	7.3
N° 200	0.074	39.84	4.1	96.8	3.2
PLATO	0.000	30.98	3.2	100.0	-

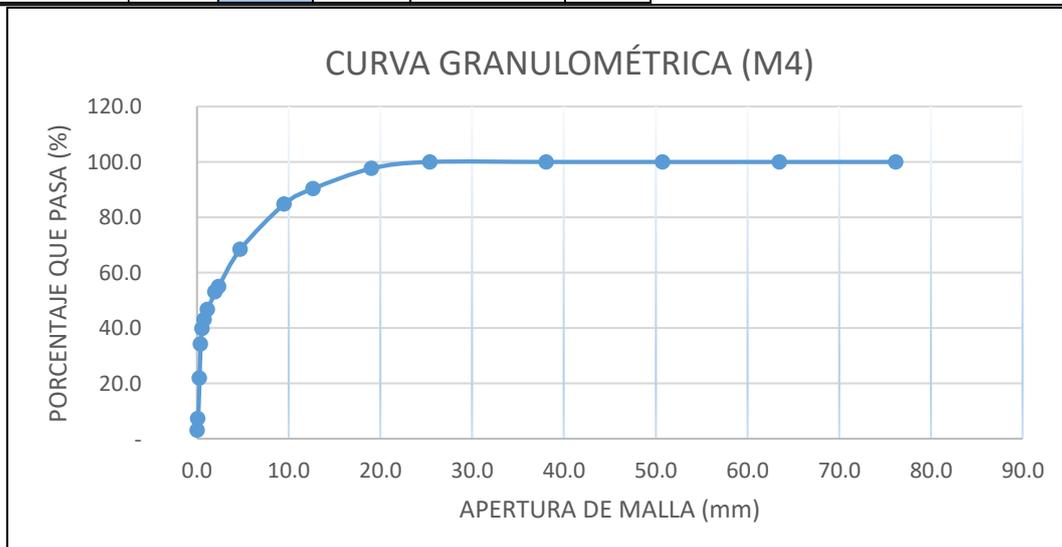
DATOS DEL MATERIAL	
Peso Inicial Seco (g)	= 966.5
Peso Lavado Seco (g)	= 966.5
Perdida por Lavado (g)	= 0

% Grava =	31.46
% Arena =	65.34
% Finos =	3.21

D10 =	0.1762	
D30 =	0.3811	
D60 =	3.2501	Cc= 0.254
		Cu= 18.446

Observaciones:

No se lavo el suelo debido a que el suelo no se adiere a las piedras y es manejable.



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D-422/NTP 339.128

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-3	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	5	CANTIDAD	:	1.5 kg
PROFUNDIDAD	:	1 m			

TAMIZ	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO				
	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	RET. ACUM (%)	PASA (%)
3"	76.200	0.00	-	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.00	-	0.0	100.0
2"	50.800	0.00	-	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	-	0.0	100.0
1"	25.400	144.89	10.8	10.8	89.2
3/4"	19.050	119.15	8.9	19.6	80.4
1/2"	12.700	129.58	9.6	29.3	70.7
3/8"	9.525	55.08	4.1	33.4	66.6
N° 4	4.760	127.39	9.5	42.8	57.2
N° 8	2.380	83.61	6.2	49.1	50.9
N° 10	2.000	12.41	0.9	50.0	50.0
N° 16	1.190	32.48	2.4	52.4	47.6
N° 20	0.840	14.54	1.1	53.5	46.5
N° 30	0.590	13.15	1.0	54.4	45.5
N° 40	0.426	10.41	0.8	55.2	44.8
N° 50	0.297	11.25	0.8	56.1	43.9
N° 100	0.149	20.51	1.5	57.6	42.4
N° 200	0.074	20.72	1.5	59.1	40.9
PLATO	0.000	549.69	40.9	100.0	-

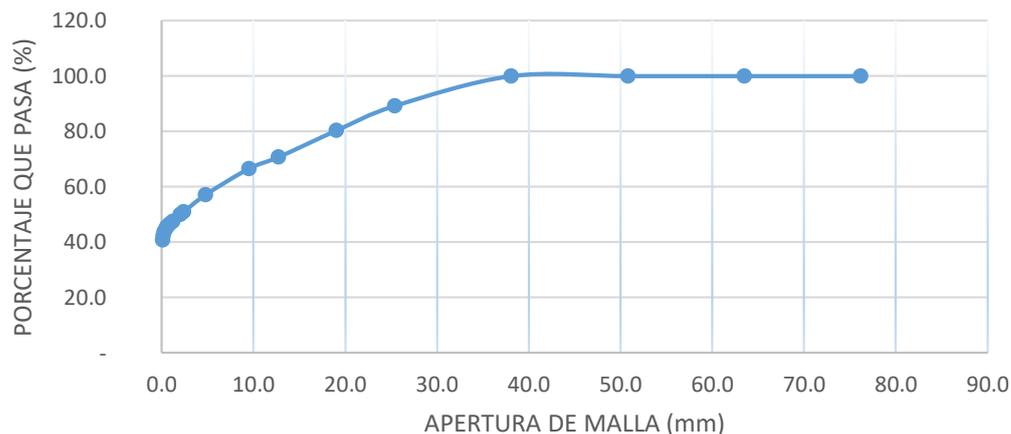
DATOS DEL MATERIAL	
Peso Inicial Seco (g)	= 1344.9
Peso Lavado Seco (g)	= 797.9
Perdida por Lavado (g)	= 547.0

% Grava	= 42.84
% Arena	= 16.29
% Finos	= 40.87

D10	= 0.0181	
D30	= 0.0543	
D60	= 6.1877	Cc= 0.026
		Cu= 341.766

Observaciones:

### CURVA GRANULOMÉTRICA (M5)



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D-422/NTP 339.128

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-3	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	6	CANTIDAD	:	1.5 kg
PROFUNDIDAD	:	2 m			

TAMIZ	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO				
	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	RET. ACUM (%)	PASA (%)
3"	76.200	0.00	-	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.00	-	0.0	100.0
2"	50.800	0.00	-	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	-	0.0	100.0
1"	25.400	31.27	2.4	2.4	97.6
3/4"	19.050	77.50	6.0	8.4	91.6
1/2"	12.700	98.25	7.6	16.1	83.9
3/8"	9.525	40.71	3.2	19.2	80.8
N° 4	4.760	92.07	7.1	26.4	73.6
N° 8	2.380	57.74	4.5	30.9	69.1
N° 10	2.000	10.06	0.8	31.6	68.4
N° 16	1.190	28.64	2.2	33.9	66.1
N° 20	0.840	15.57	1.2	35.1	64.9
N° 30	0.590	14.44	1.1	36.2	63.8
N° 40	0.426	11.54	0.9	37.1	62.9
N° 50	0.297	11.47	0.9	38.0	62.0
N° 100	0.149	23.22	1.8	39.8	60.2
N° 200	0.074	23.20	1.8	41.6	58.4
PLATO	0.000	752.80	58.4	100.0	-

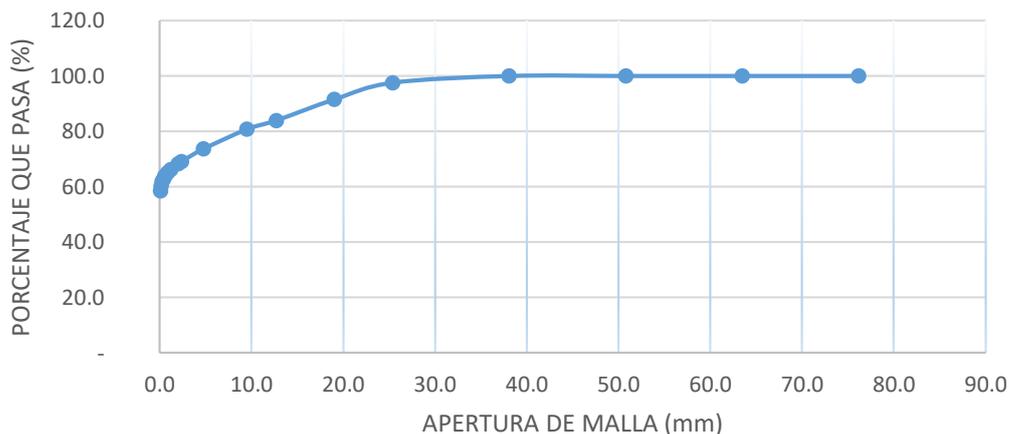
DATOS DEL MATERIAL	
Peso Inicial Seco (g)	= 1288.5
Peso Lavado Seco (g)	= 537.9
Perdida por Lavado (g)	= 750.6

% Grava	= 26.37
% Arena	= 15.20
% Finos	= 58.42

D10	= 0.0127	
D30	= 0.0380	
D60	= 0.1396	Cc= 0.816
		Cu= 11.024

Observaciones:

### CURVA GRANULOMÉTRICA (M6)



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D-422/NTP 339.128

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-4	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	7	CANTIDAD	:	1.5 kg
PROFUNDIDAD	:	1 m			

TAMIZ	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO				
	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	RET. ACUM (%)	PASA (%)
3"	76.200	0.00	-	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.00	-	0.0	100.0
2"	50.800	0.00	-	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	-	0.0	100.0
1"	25.400	50.84	3.4	3.4	96.5
3/4"	19.050	71.36	4.8	8.3	91.7
1/2"	12.700	140.09	9.5	17.8	82.2
3/8"	9.525	72.48	4.9	22.7	77.3
N° 4	4.760	210.41	14.3	37.0	63.0
N° 8	2.380	145.63	9.9	46.8	53.2
N° 10	2.000	22.94	1.6	48.4	51.6
N° 16	1.190	61.89	4.2	52.6	47.4
N° 20	0.840	28.70	1.9	54.5	45.5
N° 30	0.590	31.94	2.2	56.7	43.3
N° 40	0.426	42.67	2.9	59.6	40.4
N° 50	0.297	82.77	5.6	65.2	34.8
N° 100	0.149	183.10	12.4	77.6	22.4
N° 200	0.074	90.09	6.1	83.7	16.3
PLATO	0.000	240.23	16.3	100.0	-

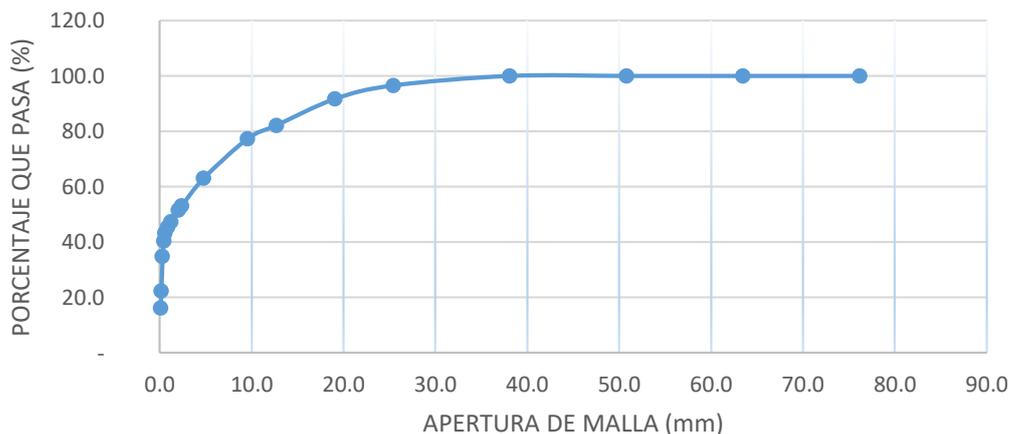
DATOS DEL MATERIAL	
Peso Inicial Seco (g)	= 1475.3
Peso Lavado Seco (g)	= 1244.5
Perdida por Lavado (g)	= 230.8

% Grava	= 36.96
% Arena	= 46.75
% Finos	= 16.28

D10	= 0.0454	
D30	= 0.2397	
D60	= 4.0282	Cc= 0.314
		Cu= 88.639

Observaciones:

### CURVA GRANULOMÉTRICA (M7)



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D-422/NTP 339.128

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-4	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	8	CANTIDAD	:	1.5 kg
PROFUNDIDAD	:	2 m			

TAMIZ	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO				
	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	RET. ACUM (%)	PASA (%)
3"	76.200	0.00	-	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.00	-	0.0	100.0
2"	50.800	0.00	-	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	-	0.0	100.0
1"	25.400	54.20	3.8	3.8	96.2
3/4"	19.050	75.10	5.3	9.1	90.9
1/2"	12.700	131.60	9.3	18.3	81.7
3/8"	9.525	143.00	10.1	28.4	71.6
N° 4	4.760	83.00	5.8	34.2	65.8
N° 8	2.380	105.60	7.4	41.7	58.3
N° 10	2.000	25.70	1.8	43.5	56.5
N° 16	1.190	49.60	3.5	46.9	53.1
N° 20	0.840	38.50	2.7	49.7	50.3
N° 30	0.590	40.60	2.9	52.5	47.5
N° 40	0.426	88.40	6.2	58.7	41.3
N° 50	0.297	184.00	12.9	71.7	28.3
N° 100	0.149	203.10	14.3	85.9	14.1
N° 200	0.074	105.90	7.4	93.4	6.6
PLATO	0.000	94.10	6.6	100.0	-

DATOS DEL MATERIAL	
Peso Inicial Seco (g)	= 1422.4
Peso Lavado Seco (g)	= 1177.6
Perdida por Lavado (g)	= 244.8

% Grava =	34.23
% Arena =	59.15
% Finos =	6.62

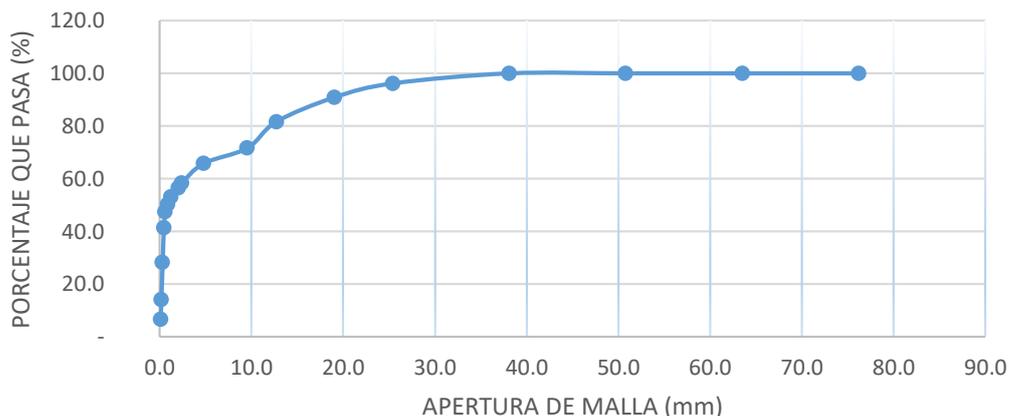
D10 = 0.1762  
 D30 = 0.3811  
 D60 = 3.2501

Cc= 0.254  
 Cu= 18.446

**Observaciones:**

No se lavo el suelo debido a que el suelo no se adiere a las piedras y es manejable.

### CURVA GRANULOMÉTRICA (M8)



## DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD



### **INFORME DE ENSAYO**

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### **DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

<b>CALICATA</b>	:	C-1	<b>PRESENTACION</b>	:	1 bolsa de Polietileno
<b>MUESTRA</b>	:	1	<b>CANTIDAD</b>	:	400 g
<b>PROFUNDIDAD</b>	:	1 m			

	<b>Recipiente N°</b>		
1	Peso de suelo humedo + tara	g.	138
2	Peso del suelo seco + tara	g.	128.1
3	Peso de agua (1) - (2)	g.	9.9
4	Peso de tara	g.	38
5	Peso de suelo seco (2) - (4)	g.	90.1
6	<b>Contenido de Humedad</b>	<b>%</b>	<b>10.99</b>

Observación:



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
CALICATA	:	C-1	PRESENTACION : 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	2	CANTIDAD : 400 g
PROFUNDIDAD	:	2 m	

Recipiente N°			
1	Peso de suelo humedo + tara	g.	113.8
2	Peso del suelo seco + tara	g.	100.4
3	Peso de agua (1) - (2)	g.	13.4
4	Peso de tara	g.	13.8
5	Peso de suelo seco (2) - (4)	g.	86.6
<b>6</b>	<b>Contenido de Humedad</b>	<b>%</b>	<b>15.47</b>

Observación:

## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-2	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	3	CANTIDAD	:	400 g
PROFUNDIDAD	:	1 m			

	Recipiente N°		
1	Peso de suelo humedo + tara	g.	139.5
2	Peso del suelo seco + tara	g.	131.8
3	Peso de agua (1) - (2)	g.	7.7
4	Peso de tara	g.	39.5
5	Peso de suelo seco (2) - (4)	g.	92.3
6	<b>Contenido de Humedad</b>	<b>%</b>	<b>8.34</b>

Observación:

## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-2	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	4	CANTIDAD	:	400 g
PROFUNDIDAD	:	2 m			

Recipiente N°			
1	Peso de suelo humedo + tara	g.	138.8
2	Peso del suelo seco + tara	g.	134.4
3	Peso de agua (1) - (2)	g.	4.4
4	Peso de tara	g.	38.8
5	Peso de suelo seco (2) - (4)	g.	95.6
6	<b>Contenido de Humedad</b>	<b>%</b>	<b>4.60</b>

Observación:

## **INFORME DE ENSAYO**

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### **DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
CALICATA	:	C-3	PRESENTACION : 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	5	CANTIDAD : 400 g
PROFUNDIDAD	:	1 m	

Recipiente N°			
1	Peso de suelo humedo + tara	g.	114.21
2	Peso del suelo seco + tara	g.	100.87
3	Peso de agua (1) - (2)	g.	13.34
4	Peso de tara	g.	14.21
5	Peso de suelo seco (2) - (4)	g.	86.66
<b>6</b>	<b>Contenido de Humedad</b>	<b>%</b>	<b>15.39</b>

Observación:

## **INFORME DE ENSAYO**

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### **DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
CALICATA	:	C-3	PRESENTACION : 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	6	CANTIDAD : 400 g
PROFUNDIDAD	:	2 m	

Recipiente N°			
1	Peso de suelo humedo + tara	g.	138.88
2	Peso del suelo seco + tara	g.	126.00
3	Peso de agua (1) - (2)	g.	12.88
4	Peso de tara	g.	38.88
5	Peso de suelo seco (2) - (4)	g.	87.12
<b>6</b>	<b>Contenido de Humedad</b>	<b>%</b>	<b>14.78</b>

Observación:

## **INFORME DE ENSAYO**

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### **DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-4	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	7	CANTIDAD	:	400 g
PROFUNDIDAD	:	1 m			

Recipiente N°			
1	Peso de suelo humedo + tara	g.	114.36
2	Peso del suelo seco + tara	g.	112.66
3	Peso de agua (1) - (2)	g.	1.70
4	Peso de tara	g.	14.36
5	Peso de suelo seco (2) - (4)	g.	98.30
<b>6</b>	<b>Contenido de Humedad</b>	<b>%</b>	<b>1.73</b>

Observación:

## **INFORME DE ENSAYO**

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE 2019

### **DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-4	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	8	CANTIDAD	:	400 g
PROFUNDIDAD	:	2 m			

Recipiente N°			
1	Peso de suelo humedo + tara	g.	138.80
2	Peso del suelo seco + tara	g.	134.40
3	Peso de agua (1) - (2)	g.	4.40
4	Peso de tara	g.	38.80
5	Peso de suelo seco (2) - (4)	g.	95.60
6	<b>Contenido de Humedad</b>	<b>%</b>	<b>4.60</b>

Observación:

## LIMITES DE ATTERBERG



Escuela Profesional de Ingeniería Civil

### **INFORME DE ENSAYO**

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL,

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

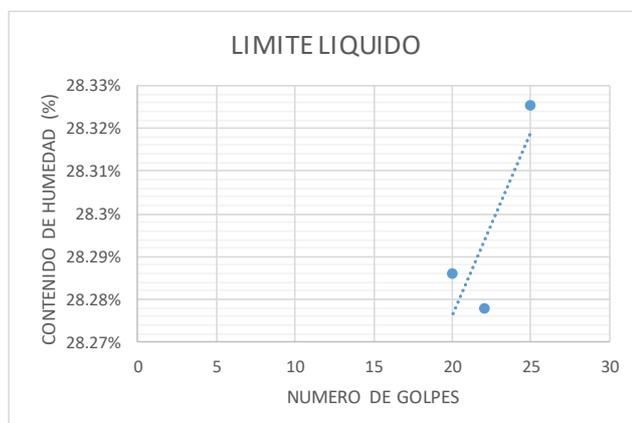
### **LÍMITES DE ATTERBERG**

ASTM D-4318

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

<b>CALICATA</b>	: C-1	<b>PRESENTACION</b>	: 1 bolsa de Polietileno
<b>MUESTRA</b>	: 1	<b>CANTIDAD</b>	: 1 kg
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1 m		

	Descripción	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
	<b>ENSAYO N°</b>						
1	PESO LATA + SUELO HUMEDO (g.)	32.26	43.09	36.13		26.11	26.41
2	PESO LATA + SUELO SECO (g.)	29.57	38.00	32.51		25.02	25.14
3	PESO AGUA (g.)	2.69	5.09	3.62		1.09	1.27
4	PESO DE LA LATA (g.)	20.06	20.00	19.73		20.01	19.81
5	PESO SUELO SECO (g.)	9.51	18.00	12.78		5.01	5.33
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	28.29	28.28	28.33		21.76	23.83
7	NUMERO DE GOLPES	20	22	25			



#### RESULTADOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO (%)	<b>28.33</b>
LÍMITE PLÁSTICO (%)	<b>22.79</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	<b>5.53</b>

#### OBSERVACIONES:

## **INFORME DE ENSAYO**

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL,

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

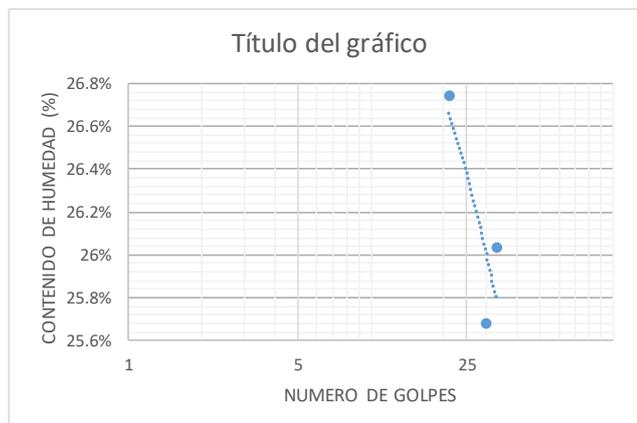
### **LÍMITES DE ATTERBERG**

ASTM D-4318

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-1	PRESENTACION	: 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	: 2	CANTIDAD	: 1 kg
PROFUNDIDAD	: 2 m		

	Descripción	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
	<b>ENSAYO N°</b>						
1	PESO LATA + SUELO HUMEDO (g.)	27.26	32.56	25.90		20.59	20.87
2	PESO LATA + SUELO SECO (g.)	24.50	28.86	23.39		19.49	19.72
3	PESO AGUA (g.)	2.76	3.70	2.51		1.10	1.15
4	PESO DE LA LATA (g.)	14.18	14.45	13.75		14.12	13.95
5	PESO SUELO SECO (g.)	10.32	14.41	9.64		5.37	5.77
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	26.74	25.68	26.04		20.48	19.93
7	NUMERO DE GOLPES	21	30	33			



#### RESULTADOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO (%)	<b>26.27</b>
LÍMITE PLÁSTICO (%)	<b>20.21</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	<b>6.06</b>

#### OBSERVACIONES:

## **INFORME DE ENSAYO**

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL,

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

### **LÍMITES DE ATTERBERG**

ASTM D-4318

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-2	PRESENTACION	: 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	: 3	CANTIDAD	: 1 kg
PROFUNDIDAD	: 1 m		

	Descripción	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
	<b>ENSAYO N°</b>						
1	PESO LATA + SUELO HUMEDO (g.)	28.84	31.66	26.09	37.10	21.57	20.92
2	PESO LATA + SUELO SECO (g.)	26.91	29.38	24.46	34.25	20.75	20.15
3	PESO AGUA (g.)	1.93	2.28	1.63	2.85	0.82	0.77
4	PESO DE LA LATA (g.)	13.94	14.14	13.08	14.24	14.47	14.11
5	PESO SUELO SECO (g.)	12.97	15.24	11.38	20.01	6.28	6.04
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.88	14.96	14.32	14.24	13.06	12.75
7	NUMERO DE GOLPES	23	27	28	29		



#### RESULTADOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO (%)	<b>14.92</b>
LÍMITE PLÁSTICO (%)	<b>12.90</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	<b>2.02</b>

#### OBSERVACIONES:

## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL,

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

### LÍMITES DE ATTERBERG

ASTM D-4318

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-2	PRESENTACION	: 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	: 4	CANTIDAD	: 1 kg
PROFUNDIDAD	: 2 m		

	Descripción	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
	<b>ENSAYO N°</b>						
1	PESO LATA + SUELO HUMEDO (g.)	-	-	-	-	-	-
2	PESO LATA + SUELO SECO (g.)	-	-	-	-	-	-
3	PESO AGUA (g.)	-	-	-	-	-	-
4	PESO DE LA LATA (g.)	-	-	-	-	-	-
5	PESO SUELO SECO (g.)	-	-	-	-	-	-
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	-	-	-	-	-	-
7	NUMERO DE GOLPES	-	-	-	-	-	-



#### RESULTADOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO (%)	-
LÍMITE PLÁSTICO (%)	-
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	-

#### OBSERVACIONES:

Al notar que en el ensayo la muestra cerraba en solo 8 golpes maximo despues de varios intentos, se confirmo que esta muertra de suelo es un suelo no plastico.



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL,

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

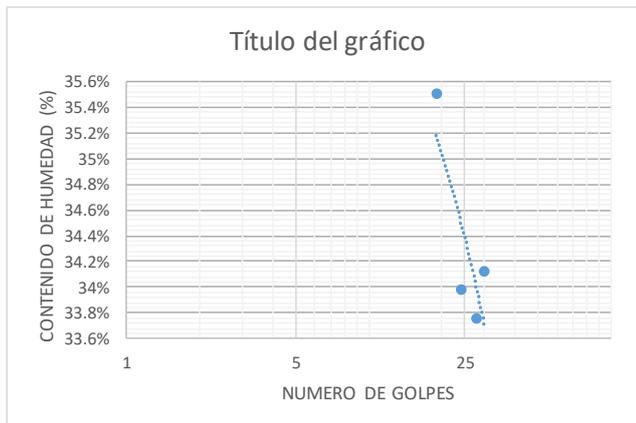
### LÍMITES DE ATTERBERG

ASTM D-4318

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-3	PRESENTACION	: 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	: 5	CANTIDAD	: 1 kg
PROFUNDIDAD	: 1 m		

	Descripción	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
	<b>ENSAYO N°</b>						
1	PESO LATA + SUELO HUMEDO (g.)	80.37	52.41	39.63	37.57	20.01	19.59
2	PESO LATA + SUELO SECO (g.)	75.18	48.48	34.77	32.99	18.73	18.30
3	PESO AGUA (g.)	5.19	3.93	4.86	4.58	1.28	1.29
4	PESO DE LA LATA (g.)	59.97	36.84	20.47	20.09	13.86	13.55
5	PESO SUELO SECO (g.)	15.21	11.64	14.30	12.90	4.87	4.75
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	34.12	33.76	33.99	35.50	26.28	27.16
7	NUMERO DE GOLPES	30	28	24	19		



#### RESULTADOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO (%)	<b>33.93</b>
LÍMITE PLÁSTICO (%)	<b>26.72</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	<b>7.21</b>

#### OBSERVACIONES:

## **INFORME DE ENSAYO**

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL,

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

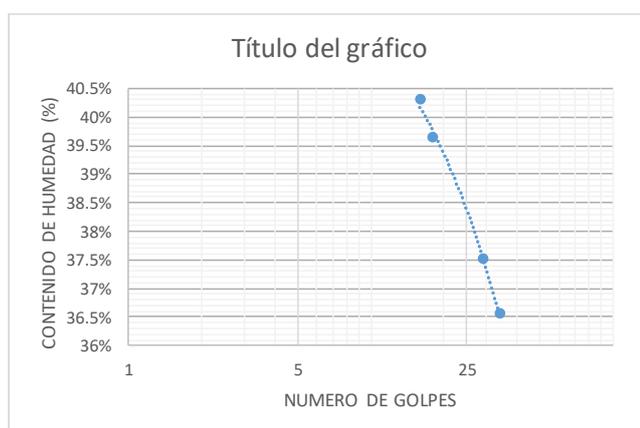
### **LÍMITES DE ATTERBERG**

ASTM D-4318

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-3	PRESENTACION	: 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	: 6	CANTIDAD	: 1 kg
PROFUNDIDAD	: 2 m		

	Descripción	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
	<b>ENSAYO N°</b>						
1	PESO LATA + SUELO HUMEDO (g.)	72.66	51.75	34.71	34.07	19.77	20.62
2	PESO LATA + SUELO SECO (g.)	69.24	47.68	30.54	30.16	18.58	19.32
3	PESO AGUA (g.)	3.42	4.07	4.17	3.91	1.19	1.30
4	PESO DE LA LATA (g.)	59.89	36.83	20.02	20.46	13.53	13.88
5	PESO SUELO SECO (g.)	9.35	10.85	10.52	9.70	5.05	5.44
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	36.58	37.51	39.64	40.31	23.56	23.90
7	NUMERO DE GOLPES	34	29	18	16		



#### RESULTADOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO (%)	<b>38.29</b>
LÍMITE PLÁSTICO (%)	<b>23.73</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	<b>14.55</b>

#### OBSERVACIONES:

## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL,

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

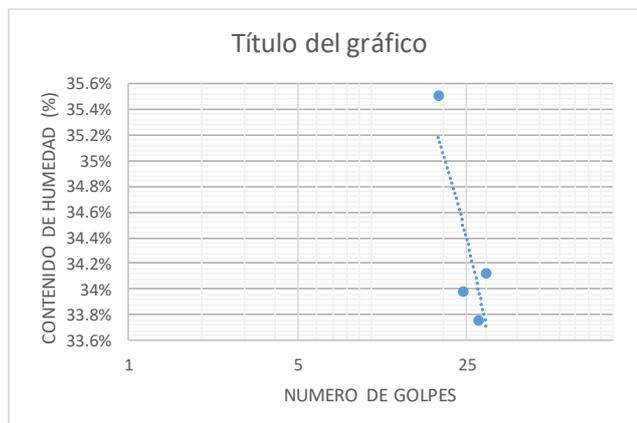
### LÍMITES DE ATTERBERG

ASTM D-4318

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-4	PRESENTACION	: 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	: 7	CANTIDAD	: 1 kg
PROFUNDIDAD	: 1 m		

	Descripción	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
	<b>ENSAYO N°</b>						
1	PESO LATA + SUELO HUMEDO (g.)	38.79	64.11	35.98	34.57	20.01	20.40
2	PESO LATA + SUELO SECO (g.)	36.35	60.45	33.00	31.70	19.20	19.70
3	PESO AGUA (g.)	2.44	3.66	2.98	2.87	0.81	0.70
4	PESO DE LA LATA (g.)	20.37	37.01	14.21	13.80	14.01	14.40
5	PESO SUELO SECO (g.)	15.98	23.44	18.79	17.90	5.19	5.30
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.27	15.61	15.86	16.03	15.61	13.21
7	NUMERO DE GOLPES	29	20	18	15		



#### RESULTADOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO (%)	<b>15.42</b>
LÍMITE PLÁSTICO (%)	<b>14.41</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	<b>1.02</b>

#### OBSERVACIONES:

## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL,

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

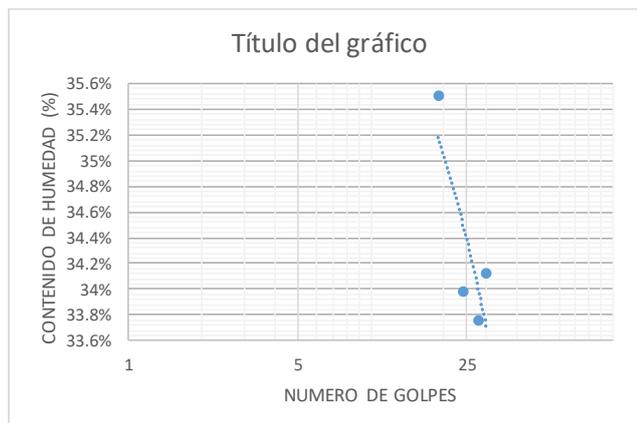
### LÍMITES DE ATTERBERG

ASTM D-4318

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-3	PRESENTACION	: 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	: 8	CANTIDAD	: 1 kg
PROFUNDIDAD	: 1 m		

	Descripción	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
	<b>ENSAYO N°</b>						
1	PESO LATA + SUELO HUMEDO (g.)	34.20	38.90	61.60	62.80	46.70	43.40
2	PESO LATA + SUELO SECO (g.)	31.20	35.00	58.10	59.10	45.80	42.40
3	PESO AGUA (g.)	3.00	3.90	3.50	3.70	0.90	1.00
4	PESO DE LA LATA (g.)	14.00	14.20	39.10	39.00	40.50	36.90
5	PESO SUELO SECO (g.)	17.20	20.80	19.00	20.10	5.30	5.50
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	17.44	18.75	18.42	18.41	16.98	18.18
7	NUMERO DE GOLPES	32	27	24	20		



#### RESULTADOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO (%)	<b>18.53</b>
LÍMITE PLÁSTICO (%)	<b>17.58</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	<b>0.95</b>

#### OBSERVACIONES:

## GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS



### INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

### **GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS**

NTP 339.131 / ASTM D-854

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-1	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	1	CANTIDAD	:	2 kg
PROFUNDIDAD	:	1 m			

	N° FIOLA		PRUEBA 1	PRUEBA 2
1	Capacidad de la fiola	ml.	500.0	500.0
2	Peso de la fiola	g.	141.4	144.1
3	Peso de suelo seco	g.	110.8	112.8
4	Peso de fiola + Muestra + Agua destilada	g.	706.6	710.8
5	Temperatura	°C	20.4	20.9
6	Peso de la fiola + Agua destilada	g.	638.5	642.0
7	Corrección por temperatura (K)		0.99992	0.99981
8	Peso específico de Sólidos (7)*((3)/(6+3-4))	g/cm <sup>3</sup>	2.59	2.56
9	<b>Gravedad Específica Promedio (Gs)</b>		<b>2.58</b>	

Observaciones:



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

### GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

NTP 339.131 / ASTM D-854

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-1	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	2	CANTIDAD	:	2 kg
PROFUNDIDAD	:	2 m			

	N° FIOLA		PRUEBA 1	PRUEBA 2
1	Capacidad de la fiola	ml.	500.0	500.0
2	Peso de la fiola	g.	144.1	142.3
3	Peso de suelo seco	g.	102.3	100.2
4	Peso de fiola + Muestra + Agua destilada	g.	705.9	703.5
5	Temperatura	°C	21.2	22.3
6	Peso de la fiola + Agua destilada	g.	641.6	639.7
7	Corrección por temperatura (K)		0.99974	0.99950
8	Peso específico de Sólidos (7)*((3)/(6+3-4))	g/cm <sup>3</sup>	2.69	2.75
9	<b>Gravedad Específica Promedio (Gs)</b>		<b>2.72</b>	

Observaciones:

## **INFORME DE ENSAYO**

**PROYECTO** : “ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD”

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

### **GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS**

NTP 339.131 / ASTM D-854

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

<b>CALICATA</b> :	C-2	<b>PRESENTACION</b> :	1 bolsa de Polietileno
<b>MUESTRA</b> :	3	<b>CANTIDAD</b> :	2 kg
<b>PROFUNDIDAD</b> :	1 m		

	N° FIOLA		PRUEBA 1	PRUEBA 2
1	Capacidad de la fiola	ml.	500.0	500.0
2	Peso de la fiola	g.	144.1	142.3
3	Peso de suelo seco	g.	105.2	101.5
4	Peso de fiola + Muestra + Agua destilada	g.	705.9	704.1
5	Temperatura	°C	22.1	22.7
6	Peso de la fiola + Agua destilada	g.	638.3	640.0
7	Corrección por temperatura (K)		0.99954	0.99940
8	Peso específico de Sólidos $(7)*((3)/(6+3-4))$	g/cm <sup>3</sup>	2.80	2.71
9	<b>Gravedad Específica Promedio (Gs)</b>		<b>2.75</b>	

Observaciones:

## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

### GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

NTP 339.131 / ASTM D-854

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-2	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	4	CANTIDAD	:	2 kg
PROFUNDIDAD	:	2 m			

	N° FIOLA		PRUEBA 1	PRUEBA 2
1	Capacidad de la fiola	ml.	500.0	500.0
2	Peso de la fiola	g.	144.1	142.5
3	Peso de suelo seco	g.	108.4	112.6
4	Peso de fiola + Muestra + Agua destilada	g.	709.4	710.6
5	Temperatura	°C	21.1	22.0
6	Peso de la fiola + Agua destilada	g.	641.5	640.3
7	Corrección por temperatura (K)		0.99977	0.99957
8	Peso específico de Sólidos (7)*((3)/(6+3-4))	g/cm <sup>3</sup>	2.68	2.66
9	<b>Gravedad Específica Promedio (Gs)</b>		<b>2.67</b>	

Observaciones:

## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

### GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

NTP 339.131 / ASTM D-854

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-3	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	5	CANTIDAD	:	2 kg
PROFUNDIDAD	:	1 m			

	N° FIOLA		PRUEBA 1	PRUEBA 2
1	Capacidad de la fiola	ml.	500.0	500.0
2	Peso de la fiola	g.	144.1	142.5
3	Peso de suelo seco	g.	108.4	112.6
4	Peso de fiola + Muestra + Agua destilada	g.	709.4	710.6
5	Temperatura	°C	21.1	22.0
6	Peso de la fiola + Agua destilada	g.	641.5	640.3
7	Corrección por temperatura (K)		0.99977	0.99957
8	Peso específico de Sólidos (7)*((3)/(6+3-4))	g/cm <sup>3</sup>	2.68	2.66
9	<b>Gravedad Específica Promedio (Gs)</b>		<b>2.67</b>	

Observaciones:

## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

### GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

NTP 339.131 / ASTM D-854

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-3	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	6	CANTIDAD	:	2 kg
PROFUNDIDAD	:	2 m			

	N° FIOLA		PRUEBA 1	PRUEBA 2
1	Capacidad de la fiola	ml.	500.0	500.0
2	Peso de la fiola	g.	144.1	142.5
3	Peso de suelo seco	g.	108.4	112.6
4	Peso de fiola + Muestra + Agua destilada	g.	709.4	710.6
5	Temperatura	°C	21.1	22.0
6	Peso de la fiola + Agua destilada	g.	641.5	640.3
7	Corrección por temperatura (K)		0.99977	0.99957
8	Peso específico de Sólidos (7)*((3)/(6+3-4))	g/cm <sup>3</sup>	2.68	2.66
9	<b>Gravedad Específica Promedio (Gs)</b>		<b>2.67</b>	

Observaciones:



## **INFORME DE ENSAYO**

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

### **GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS**

NTP 339.131 / ASTM D-854

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-4	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	7	CANTIDAD	:	2 kg
PROFUNDIDAD	:	1 m			

	N° FIOLA		PRUEBA 1	PRUEBA 2
1	Capacidad de la fiola	ml.	500.0	500.0
2	Peso de la fiola	g.	144.1	142.5
3	Peso de suelo seco	g.	108.4	112.6
4	Peso de fiola + Muestra + Agua destilada	g.	709.4	710.6
5	Temperatura	°C	21.1	22.0
6	Peso de la fiola + Agua destilada	g.	641.5	640.3
7	Corrección por temperatura (K)		0.99977	0.99957
8	Peso específico de Sólidos (7)*((3)/(6+3-4))	g/cm <sup>3</sup>	2.68	2.66
9	<b>Gravedad Específica Promedio (Gs)</b>		<b>2.67</b>	

Observaciones:

## **INFORME DE ENSAYO**

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Dic-19

### **GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS**

NTP 339.131 / ASTM D-854

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-4	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	8	CANTIDAD	:	2 kg
PROFUNDIDAD	:	2 m			

	N° FIOLA		PRUEBA 1	PRUEBA 2
1	Capacidad de la fiola	ml.	500.0	500.0
2	Peso de la fiola	g.	144.1	142.5
3	Peso de suelo seco	g.	108.4	112.6
4	Peso de fiola + Muestra + Agua destilada	g.	709.4	710.6
5	Temperatura	°C	21.1	22.0
6	Peso de la fiola + Agua destilada	g.	641.5	640.3
7	Corrección por temperatura (K)		0.99977	0.99957
8	Peso específico de Sólidos (7)*((3)/(6+3-4))	g/cm <sup>3</sup>	2.68	2.66
9	<b>Gravedad Específica Promedio (Gs)</b>		<b>2.67</b>	

Observaciones:

## PROCTOR MODIFICADO



Escuela Profesional de Ingeniería Civil

### INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Ene-20

### PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	C-1	PRESENTACION	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	M-1	CANTIDAD	20 kg
PROFUNDIDAD	1 m		
Nº DE GOLPES/CAPA	25	Nº DE CAPAS	5
DIMENSIONES DEL MOLDE		PESO DEL MARTILLO	5.5 lbs
		DIAMETRO	10.08
		ALTURA	11.61
SOBRECARGA		VOLUMEN	926.50

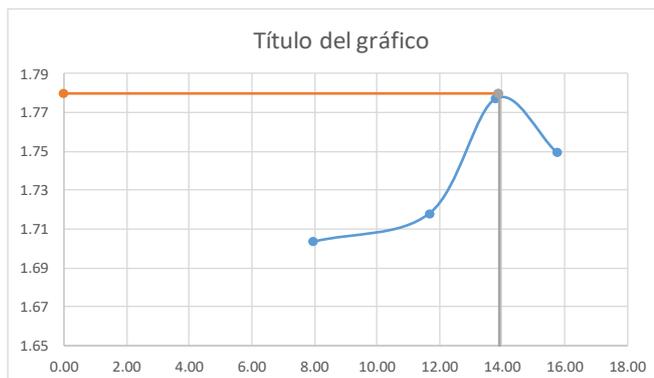
#### RELACION DENSIDAD HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO)

##### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Peso del Tarro (grs)	70.50	70.70	92.90	134.60
Peso del Tarro + Muestra Húmeda	571.20	570.70	592.90	634.60
Peso del Tarro + Muestra Seca (grs)	534.20	518.40	532.20	566.50
Peso del Agua (grs)	37.00	52.30	60.70	68.10
Peso del Material Seco (grs)	463.70	447.70	439.30	431.90
Contenido de Humedad (%)	7.98	11.68	13.82	15.77

##### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Contenido de Humedad (%)	7.98	11.68	13.82	15.77
Peso del Suelo mas Molde (grs)	3529.80	3603.50	3700.10	3702.00
Peso del Molde (grs)	1825.40	1825.50	1825.60	1825.50
Peso del Suelo (grs)	1704.40	1778.00	1874.50	1876.50
Densidad Humeda (grs/cm3)	1.84	1.92	2.02	2.03
Densidad Seca (grs/cm3)	1.70	1.72	1.78	1.75
			Densidad Maxima (grs/cm3)	1.78
			Humedad Optima (%)	13.9



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Ene-20

### PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-1	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	M-2	CANTIDAD	:	20 kg
PROFUNDIDAD	:	2 m			
N° DE GOLPES/CAPA	:	25	N° DE CAPAS	:	5
			PESO DEL MARTILLO	:	5.5 lbs
DIMENSIONES DEL MOLDE	:		DIAMETRO	:	10.08
			ALTURA	:	11.61
SOBRECARGA	:		VOLUMEN	:	926.50

#### RELACION DENSIDAD HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO)

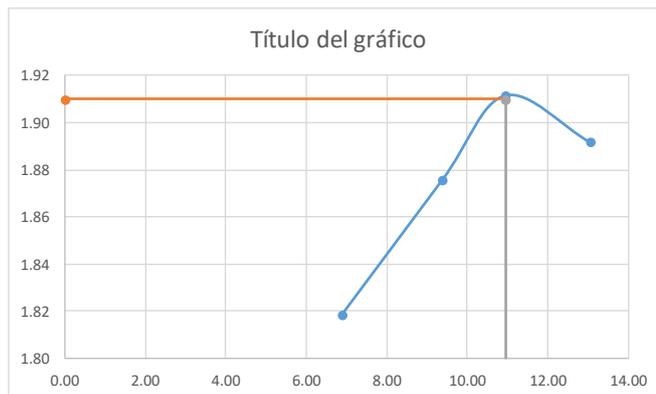
##### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Peso del Tarro (grs)	298.00	273.80	83.00	218.20
Peso del Tarro + Muestra Húmeda	798.90	792.40	585.40	737.00
Peso del Tarro + Muestra Seca (grs)	766.70	747.90	535.80	677.10
Peso del Agua (grs)	32.20	44.50	49.60	59.90
Peso del Material Seco (grs)	468.70	474.10	452.80	458.90
Contenido de Humedad (%)	6.87	9.39	10.95	13.05

##### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Contenido de Humedad (%)	6.87	9.39	10.95	13.05
Peso del Suelo mas Molde (grs)	3625.90	3726.50	3790.50	3807.10
Peso del Molde (grs)	1825.40	1825.40	1825.40	1825.40
Peso del Suelo (grs)	1800.50	1901.10	1965.10	1981.70
Densidad Humeda (grs/cm3)	1.94	2.05	2.12	2.14
Densidad Seca (grs/cm3)	1.82	1.88	1.91	1.89

Densidad Maxima (grs/cm3)	1.91
Humedad Optima (%)	10.95



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Ene-20

### PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-2	PRESENTACION	: 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	: M-3	CANTIDAD	: 20 kg
PROFUNDIDAD	: 1 m		
N° DE GOLPES/CAPA	: 25	N° DE CAPAS	: 5
		PESO DEL MARTILLO	: 5.5 lbs
DIMENSIONES DEL MOLDE		DIAMETRO	: 10.08
		ALTURA	: 11.61
SOBRECARGA		VOLUMEN	: 926.50

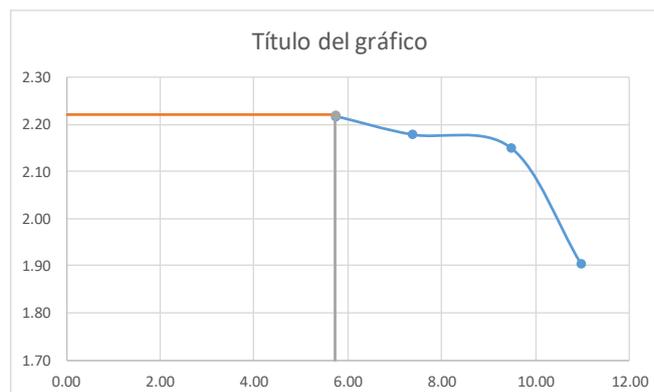
#### RELACION DENSIDAD HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO)

##### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Peso del Tarro (grs)	218.30	274.20	297.50	83.50
Peso del Tarro + Muestra Húmeda	942.20	839.10	854.10	701.50
Peso del Tarro + Muestra Seca (grs)	902.90	800.30	805.90	640.40
Peso del Agua (grs)	39.30	38.80	48.20	61.10
Peso del Material Seco (grs)	684.60	526.10	508.40	556.90
Contenido de Humedad (%)	5.74	7.38	9.48	10.97

##### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Contenido de Humedad (%)	5.74	7.38	9.48	10.97
Peso del Suelo mas Molde (grs)	3997.30	3991.80	4006.10	3783.80
Peso del Molde (grs)	1825.30	1825.30	1825.30	1825.30
Peso del Suelo (grs)	2172.00	2166.50	2180.80	1958.50
Densidad Humeda (grs/cm3)	2.34	2.34	2.35	2.11
Densidad Seca (grs/cm3)	2.22	2.18	2.15	1.90
			Densidad Maxima (grs/cm3)	2.22
			Humedad Optima (%)	5.74



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Ene-20

### PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-2	PRESENTACION	: 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	: M-4	CANTIDAD	: 20 kg
PROFUNDIDAD	: 2 m		
N° DE GOLPES/CAPA	: 25	N° DE CAPAS	: 5
		PESO DEL MARTILLO	: 5.5 lbs
DIMENSIONES DEL MOLDE		DIAMETRO	: 10.08
		ALTURA	: 11.61
SOBRECARGA		VOLUMEN	: 926.50

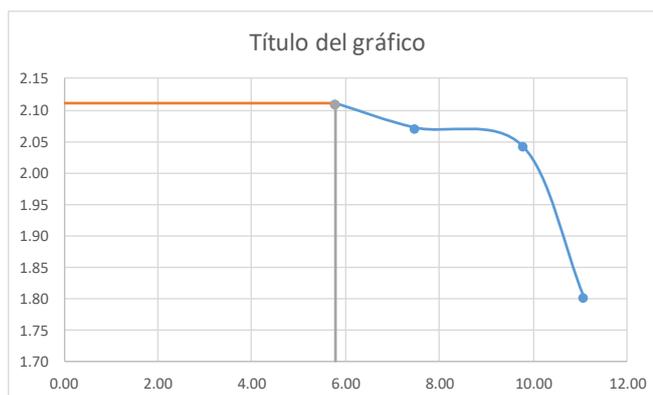
### RELACION DENSIDAD HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO)

#### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Peso del Tarro (grs)	218.30	274.20	297.50	83.50
Peso del Tarro + Muestra Húmeda	917.70	817.60	812.50	664.50
Peso del Tarro + Muestra Seca (grs)	879.50	779.80	766.70	606.60
Peso del Agua (grs)	38.20	37.80	45.80	57.90
Peso del Material Seco (grs)	661.20	505.60	469.20	523.10
Contenido de Humedad (%)	5.78	7.48	9.76	11.07

#### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Contenido de Humedad (%)	5.78	7.48	9.76	11.07
Peso del Suelo mas Molde (grs)	3893.30	3887.80	3902.10	3679.80
Peso del Molde (grs)	1825.30	1825.30	1825.30	1825.30
Peso del Suelo (grs)	2068.00	2062.50	2076.80	1854.50
Densidad Humeda (grs/cm3)	2.23	2.23	2.24	2.00
Densidad Seca (grs/cm3)	2.11	2.07	2.04	1.80
			Densidad Maxima (grs/cm3)	2.11
			Humedad Optima (%)	5.78



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Ene-20

### PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-3	PRESENTACION	: 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	: M-5	CANTIDAD	: 20 kg
PROFUNDIDAD	: 1 m		
N° DE GOLFES/CAPA	: 25	N° DE CAPAS	: 5
		PESO DEL MARTILLO	: 5.5 lbs
DIMENSIONES DEL MOLDE		DIAMETRO	: 10.08
		ALTURA	: 11.61
SOBRECARGA		VOLUMEN	: 926.50

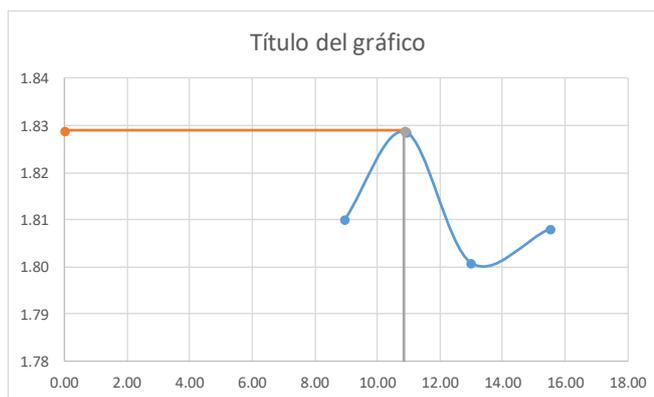
### RELACION DENSIDAD HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO)

#### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Peso del Tarro (grs)	274.20	297.50	83.40	218.40
Peso del Tarro + Muestra Húmeda	818.80	743.40	833.70	710.00
Peso del Tarro + Muestra Seca (grs)	774.10	699.60	747.50	643.90
Peso del Agua (grs)	44.70	43.80	86.20	66.10
Peso del Material Seco (grs)	499.90	402.10	664.10	425.50
Contenido de Humedad (%)	8.94	10.89	12.98	15.53

#### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Contenido de Humedad (%)	8.94	10.89	12.98	15.53
Peso del Suelo mas Molde (grs)	3652.10	3703.80	3710.20	3760.50
Peso del Molde (grs)	1825.10	1825.10	1825.10	1825.00
Peso del Suelo (grs)	1827.00	1878.70	1885.10	1935.50
Densidad Humeda (grs/cm3)	1.97	2.03	2.03	2.09
Densidad Seca (grs/cm3)	1.81	1.83	1.80	1.81
			Densidad Maxima (grs/cm3)	1.83
			Humedad Optima (%)	10.85



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Ene-20

### PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA : C-3	PRESENTACION : 1 bolsa de Polietileno	
MUESTRA : M-6	CANTIDAD : 20 kg	
PROFUNDIDAD : 2 m		
N° DE GOLPES/CAPA : 25	N° DE CAPAS : 5	PESO DEL MARTILLO : 5.5 lbs
DIMENSIONES DEL MOLDE	DIAMETRO : 10.08	ALTURA : 11.61
SOBRECARGA :	VOLUMEN : 926.50	

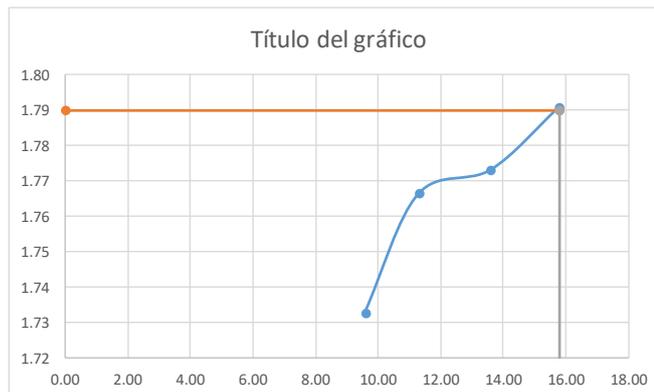
#### RELACION DENSIDAD HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO)

##### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Peso del Tarro (grs)	218.20	297.40	274.20	93.80
Peso del Tarro + Muestra Húmeda	791.10	810.00	913.70	676.80
Peso del Tarro + Muestra Seca (grs)	741.00	758.00	837.10	597.40
Peso del Agua (grs)	50.10	52.00	76.60	79.40
Peso del Material Seco (grs)	522.80	460.60	562.90	503.60
Contenido de Humedad (%)	9.58	11.29	13.61	15.77

##### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Contenido de Humedad (%)	9.58	11.29	13.61	15.77
Peso del Suelo mas Molde (grs)	3584.70	3646.70	3691.90	3746.20
Peso del Molde (grs)	1825.30	1825.30	1825.30	1825.30
Peso del Suelo (grs)	1759.40	1821.40	1866.60	1920.90
Densidad Humeda (grs/cm3)	1.90	1.97	2.01	2.07
Densidad Seca (grs/cm3)	1.73	1.77	1.77	1.79
Densidad Maxima (grs/cm3)				1.79
Humedad Optima (%)				15.8



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Ene-20

### PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-4	PRESENTACION	: 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	: M-7	CANTIDAD	: 20 kg
PROFUNDIDAD	: 1 m		
N° DE GOLPES/CAPA	: 25	N° DE CAPAS	: 5
		PESO DEL MARTILLO	: 5.5 lbs
DIMENSIONES DEL MOLDE		DIAMETRO	: 10.08
		ALTURA	: 11.61
SOBRECARGA		VOLUMEN	: 926.50

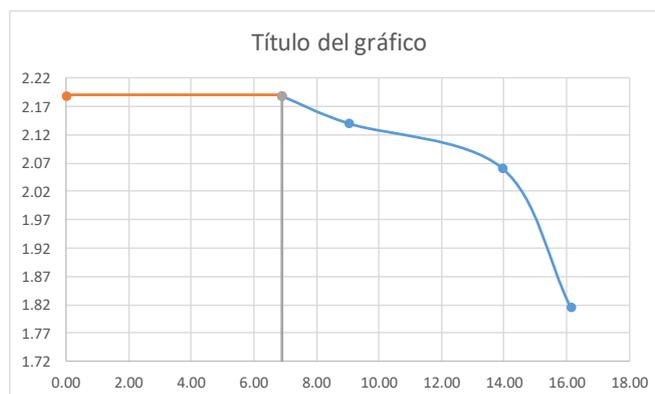
### RELACION DENSIDAD HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO)

#### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Peso del Tarro (grs)	218.30	274.20	297.50	83.50
Peso del Tarro + Muestra Húmeda	941.30	838.60	828.30	674.60
Peso del Tarro + Muestra Seca (grs)	894.70	791.80	763.40	592.50
Peso del Agua (grs)	46.60	46.80	64.90	82.10
Peso del Material Seco (grs)	676.40	517.60	465.90	509.00
Contenido de Humedad (%)	6.89	9.04	13.93	16.13

#### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Contenido de Humedad (%)	6.89	9.04	13.93	16.13
Peso del Suelo mas Molde (grs)	3993.30	3987.80	4002.10	3779.80
Peso del Molde (grs)	1825.30	1825.30	1825.30	1825.30
Peso del Suelo (grs)	2168.00	2162.50	2176.80	1954.50
Densidad Humeda (grs/cm3)	2.34	2.33	2.35	2.11
Densidad Seca (grs/cm3)	2.19	2.14	2.06	1.82
			Densidad Maxima (grs/cm3)	2.19
			Humedad Optima (%)	6.9



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Ene-20

### PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	:	C-4	PRESENTACION	:	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	:	M-8	CANTIDAD	:	20 kg
PROFUNDIDAD	:	2 m			
N° DE GOLPES/CAPA	:	25	N° DE CAPAS	:	5
DIMENSIONES DEL MOLDE	:		DIAMETRO	:	10.08
SOBRECARGA	:		VOLUMEN	:	926.50
			PESO DEL MARTILLO	:	5.5 lbs
			ALTURA	:	11.61

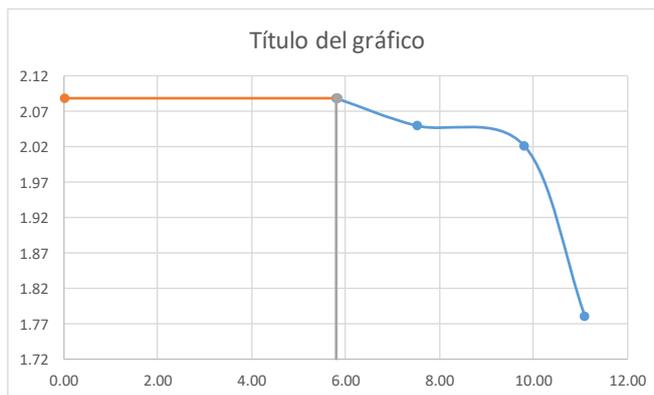
#### RELACION DENSIDAD HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO)

##### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Peso del Tarro (grs)	218.30	274.20	297.50	83.50
Peso del Tarro + Muestra Húmeda	913.00	813.40	808.30	660.90
Peso del Tarro + Muestra Seca (grs)	875.00	775.80	762.70	603.30
Peso del Agua (grs)	38.00	37.60	45.60	57.60
Peso del Material Seco (grs)	656.70	501.60	465.20	519.80
Contenido de Humedad (%)	5.79	7.50	9.80	11.08

##### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Contenido de Humedad (%)	5.79	7.50	9.80	11.08
Peso del Suelo mas Molde (grs)	3873.30	3867.80	3882.10	3659.80
Peso del Molde (grs)	1825.30	1825.30	1825.30	1825.30
Peso del Suelo (grs)	2048.00	2042.50	2056.80	1834.50
Densidad Humeda (grs/cm3)	2.21	2.20	2.22	1.98
Densidad Seca (grs/cm3)	2.09	2.05	2.02	1.78
			Densidad Maxima (grs/cm3)	2.09
			Humedad Optima (%)	5.81



## PROCTOR MODIFICADO-CALICATA 2 CON 3% DE CAL

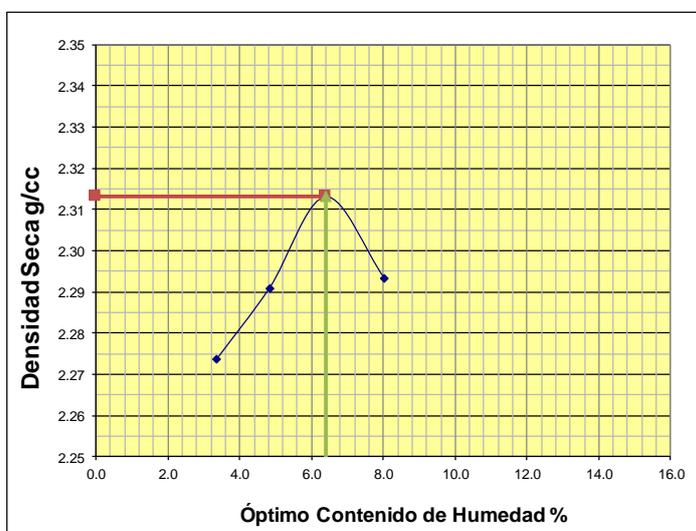
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>	
<b>N.T.P. 339.141</b>	
<b>PROYECTO:</b>	"ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"
<b>UBICACIÓN:</b>	HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD
<b>SOLICITANTE:</b>	AVILA CHAVEZ KARINA MARGARITA
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA - 02 - AGREGANDO 3% DE CAL.
<b>FECHA:</b>	Ene-21

### B. DATOS TÉCNICOS

N° DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	11505.60	11615.50	11741.00	11776.20
Peso del Molde (g)	6521.00	6521.00	6521.00	6521.00
Peso Suelo Húmedo (g)	4984.60	5094.50	5220.00	5255.20
Volúmen del molde (cc)	2121.00	2121.00	2121.00	2121.00
<b>Densidad Suelo humedo (g/cc)</b>	<b>2.350</b>	<b>2.402</b>	<b>2.461</b>	<b>2.478</b>

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Cantidad de H<sub>2</sub>O agregada</b>	<b>3.3%</b>		<b>4.8%</b>		<b>6.4%</b>		<b>8.0%</b>	
Peso Tarro +Suelo humedo (g)	463.19	423.59	495.76	458.26	518.09	475.31	394.14	347.87
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	448.69	409.25	472.89	437.04	486.90	446.73	364.48	322.27
Peso Tarro (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del agua	14.50	14.34	22.87	21.22	31.19	28.58	29.66	25.60
Peso de suelo seco	448.69	409.25	472.89	437.04	486.90	446.73	364.48	322.27
Humedad (%)	3.2	3.5	4.8	4.9	6.4	6.4	8.1	7.9
<b>Humedad promedio (%)</b>	<b>3.368</b>		<b>4.846</b>		<b>6.402</b>		<b>8.041</b>	
<b>Densidad Seca (g/cc)</b>	<b>2.274</b>		<b>2.291</b>		<b>2.313</b>		<b>2.293</b>	



METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm <sup>3</sup> )	2.31
OCH (%)	6.40

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	6521.0
VOLUMEN(cc):	2121.0

## PROCTOR MODIFICADO-CALICATA 2 CON 4% DE CAL

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>								
<b>N.T.P. 339.141</b>								
<b>PROYECTO:</b>	“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD”							
<b>UBICACIÓN:</b>	HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD							
<b>SOLICITANTE:</b>	AVILA CHAVEZ KARINA MARGARITA							
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA - 02 - AGREGANDO 4% DE CAL.							
<b>FECHA:</b>	Ene-21							
<b>B. DATOS TÉCNICOS</b>								
<b>N° DE ENSAYO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>				
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	11782.60	11892.50	12018.00	12024.20				
Peso del Molde (g)	6521.00	6521.00	6521.00	6521.00				
Peso Suelo Húmedo (g)	5261.60	5371.50	5497.00	5503.20				
Volúmen del molde (cc)	2121.00	2121.00	2121.00	2121.00				
<b>Densidad Suelo humedo (g/cc)</b>	<b>2.481</b>	<b>2.533</b>	<b>2.592</b>	<b>2.595</b>				
Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Cantidad de H<sub>2</sub>O agregada</b>	<b>3.3%</b>		<b>4.8%</b>		<b>6.4%</b>		<b>8.0%</b>	
Peso Tarro +Suelo humedo (g)	460.19	420.59	492.76	455.26	515.90	472.31	401.14	354.87
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	443.69	403.25	467.89	431.04	481.90	440.73	369.48	327.27
Peso Tarro (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del agua	16.50	17.34	24.87	24.22	34.00	31.58	31.66	27.60
Peso de suelo seco	443.69	403.25	467.89	431.04	481.90	440.73	369.48	327.27
Humedad (%)	3.7	4.3	5.3	5.6	7.1	7.2	8.6	8.4
<b>Humedad promedio (%)</b>	<b>4.009</b>		<b>5.467</b>		<b>7.110</b>		<b>8.501</b>	
<b>Densidad Seca (g/cc)</b>	<b>2.385</b>		<b>2.401</b>		<b>2.420</b>		<b>2.391</b>	

METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm³)	2.42
OCH (%)	7.11

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	6521.0
VOLUMEN(cc):	2121.0

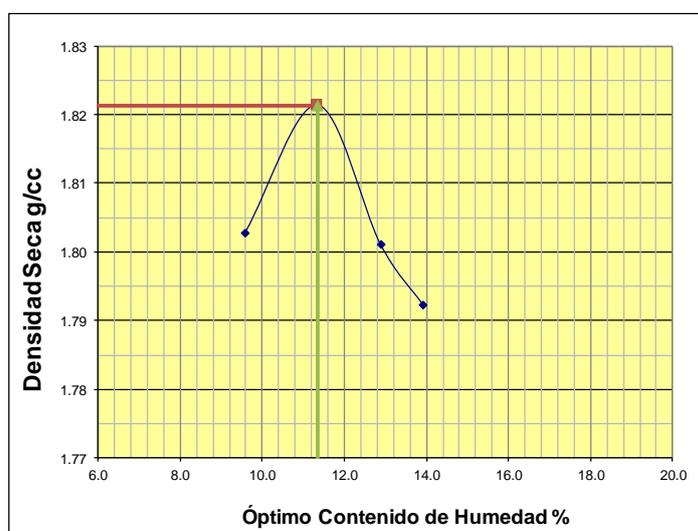
## PROCTOR MODIFICADO-CALICATA 3 CON 3% DE CAL

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>	
<b>N.T.P. 339.141</b>	
<b>PROYECTO:</b>	"ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"
<b>UBICACIÓN:</b>	HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD
<b>SOLICITANTE:</b>	AVILA CHAVEZ KARINA MARGARITA
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA - 03 - AGREGANDO 3% DE CAL.
<b>FECHA:</b>	Ene-21
<b>B. DATOS TÉCNICOS</b>	

N° DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	10711.60	10822.50	10833.50	10851.90
Peso del Molde (g)	6521.00	6521.00	6521.00	6521.00
Peso Suelo Húmedo (g)	4190.60	4301.50	4312.50	4330.90
Volúmen del molde (cc)	2121.00	2121.00	2121.00	2121.00
<b>Densidad Suelo humedo (g/cc)</b>	<b>1.976</b>	<b>2.028</b>	<b>2.033</b>	<b>2.042</b>

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Cantidad de H<sub>2</sub>O agregada</b>	<b>10.7%</b>		<b>12.2%</b>		<b>13.7%</b>		<b>15.2%</b>	
Peso Tarro +Suelo humedo (g)	550.28	632.41	862.55	794.48	741.25	537.49	856.81	615.98
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	502.54	576.56	774.12	713.95	658.74	474.59	751.29	541.19
Peso Tarro (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del agua	47.74	55.85	88.43	80.53	82.51	62.90	105.52	74.79
Peso de suelo seco	502.54	576.56	774.12	713.95	658.74	474.59	751.29	541.19
Humedad (%)	9.5	9.7	11.4	11.3	12.5	13.3	14.0	13.8
<b>Humedad promedio (%)</b>	<b>9.593</b>		<b>11.351</b>		<b>12.889</b>		<b>13.932</b>	
<b>Densidad Seca (g/cc)</b>	<b>1.803</b>		<b>1.821</b>		<b>1.801</b>		<b>1.792</b>	



METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm <sup>3</sup> )	1.82
OCH (%)	11.35

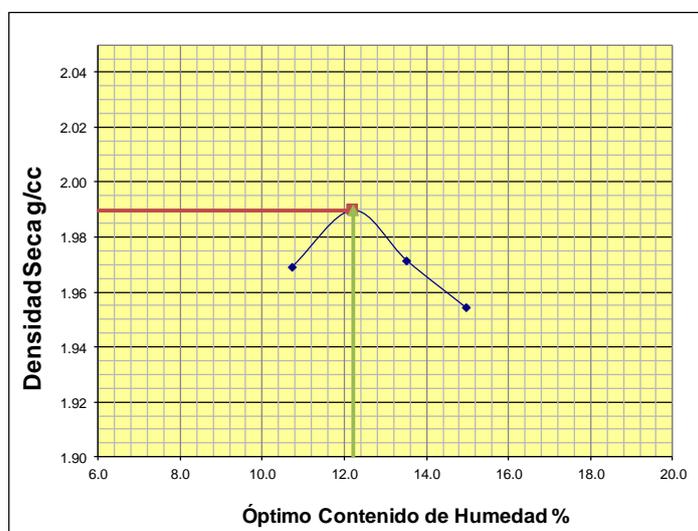
DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	6521.0
VOLUMEN(cc):	2121.0

## PROCTOR MODIFICADO-CALICATA 3 CON 4% DE CAL

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>	
<b>N.T.P. 339.141</b>	
<b>PROYECTO:</b>	“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD”
<b>UBICACIÓN:</b>	HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD
<b>SOLICITANTE:</b>	AVILA CHAVEZ KARINA MARGARITA
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA - 03 - AGREGANDO 4% DE CAL.
<b>FECHA:</b>	Ene-21
<b>B. DATOS TÉCNICOS</b>	

N° DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	11145.60	11256.50	11267.50	11285.90
Peso del Molde (g)	6521.00	6521.00	6521.00	6521.00
Peso Suelo Húmedo (g)	4624.60	4735.50	4746.50	4764.90
Volúmen del molde (cc)	2121.00	2121.00	2121.00	2121.00
<b>Densidad Suelo humedo (g/cc)</b>	<b>2.180</b>	<b>2.233</b>	<b>2.238</b>	<b>2.247</b>

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Cantidad de H<sub>2</sub>O agregada</b>	<b>10.7%</b>		<b>12.2%</b>		<b>13.7%</b>		<b>15.2%</b>	
Peso Tarro +Suelo humedo (g)	545.28	627.41	857.55	789.48	736.25	527.49	851.81	610.98
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	492.54	566.56	764.12	703.77	648.74	464.59	741.29	531.19
Peso Tarro (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del agua	52.74	60.85	93.43	85.71	87.51	62.90	110.52	79.79
Peso de suelo seco	492.54	566.56	764.12	703.77	648.74	464.59	741.29	531.19
Humedad (%)	10.7	10.7	12.2	12.2	13.5	13.5	14.9	15.0
<b>Humedad promedio (%)</b>	<b>10.724</b>		<b>12.203</b>		<b>13.514</b>		<b>14.965</b>	
<b>Densidad Seca (g/cc)</b>	<b>1.969</b>		<b>1.990</b>		<b>1.971</b>		<b>1.954</b>	



METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm <sup>3</sup> )	1.99
OCH (%)	12.20

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	6521.0
VOLUMEN(cc):	2121.0



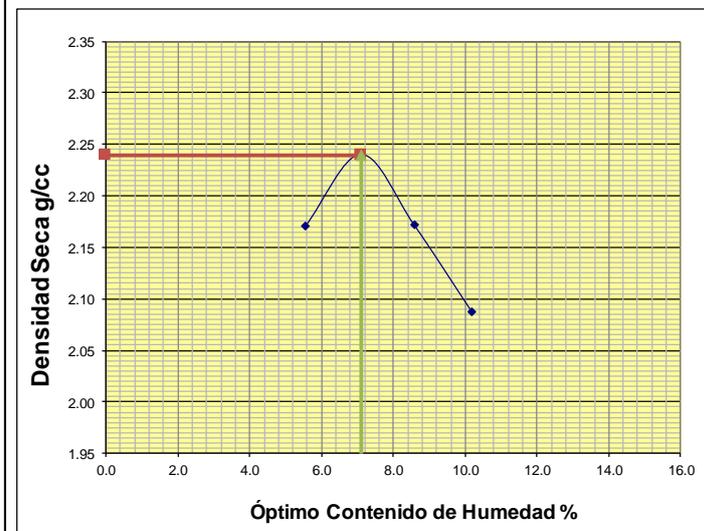
## PROCTOR MODIFICADO-CALICATA 2 CON 4% DE CLORURO DE CALCIO

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>	
<b>N.T.P. 339.141</b>	
<b>TESIS:</b>	"ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"
<b>UBICACIÓN:</b>	HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD
<b>TESISTA:</b>	AVILA CHAVEZ KARINA MARGARITA
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA - 02 - AGREGANDO CLORURO DE CALCIO AL 4%.
<b>FECHA:</b>	DICIEMBRE DEL 2020.
 <b>B. DATOS TÉCNICOS</b>	

Nº DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	11452.80	11685.00	11596.50	11471.80
Peso del Molde (g)	6525.00	6525.00	6525.00	6525.00
Peso Suelo Húmedo (g)	4927.80	5160.00	5071.50	4946.80
Volúmen del molde (cc)	2151.00	2151.00	2151.00	2151.00
<b>Densidad Suelo humedo (g/cc)</b>	<b>2.291</b>	<b>2.399</b>	<b>2.358</b>	<b>2.300</b>

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Cantidad de H<sub>2</sub>O agregada</b>	<b>5.6%</b>		<b>7.1%</b>		<b>8.6%</b>		<b>10.1%</b>	
Peso Tarro +Suelo humedo (g)	1115.00	1308.00	1276.00	1243.80	1265.00	1354.00	1252.30	1265.00
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	1059.00	1242.00	1194.80	1164.40	1169.50	1251.00	1142.20	1152.20
Peso Tarro (g)	53.20	54.60	50.30	48.60	51.80	54.70	53.50	50.90
Peso del agua	56.00	66.00	81.20	79.40	95.50	103.00	110.10	112.80
Peso de suelo seco	1005.80	1187.40	1144.50	1115.80	1117.70	1196.30	1088.70	1101.30
Humedad (%)	5.6	5.6	7.1	7.1	8.5	8.6	10.1	10.2
<b>Humedad promedio (%)</b>	<b>5.563</b>		<b>7.105</b>		<b>8.577</b>		<b>10.178</b>	
<b>Densidad Seca (g/cc)</b>	<b>2.170</b>		<b>2.240</b>		<b>2.171</b>		<b>2.087</b>	



METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm³)	2.24
OCH (%)	7.10

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	1
PESO(g):	6525.0
VOLUMEN(cc):	2151.0



## PROCTOR MODIFICADO-CALICATA 3 CON 4% DE CLORURO DE CALCIO

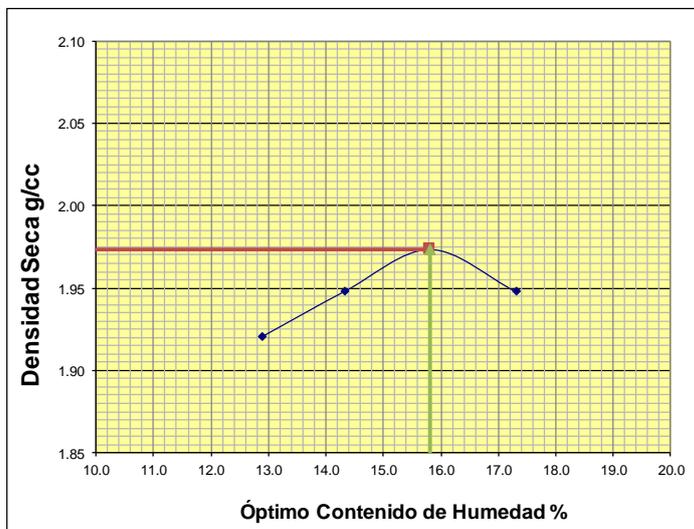
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>	
<b>N.T.P. 339.141</b>	
<b>TESIS:</b>	“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD”
<b>UBICACIÓN:</b>	HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD
<b>TESISTA:</b>	AVILA CHAVEZ KARINA MARGARITA
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA 03 + 4% DE CLORURO DE CALCIO
<b>FECHA:</b>	DICIEMBRE DEL 2020

### B. DATOS TÉCNICOS

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	11185.50	11312.00	11436.90	11435.80				
Peso del Molde (g)	6521.00	6521.00	6521.00	6521.00				
Peso Suelo Húmedo (g)	4664.50	4791.00	4915.90	4914.80				
Volúmen del molde (cc)	2151.00	2151.00	2151.00	2151.00				
<b>Densidad Suelo humedo (g/cc)</b>	<b>2.169</b>	<b>2.227</b>	<b>2.285</b>	<b>2.285</b>				

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Cantidad de H<sub>2</sub>O agregada</b>	<b>12.8%</b>		<b>14.3%</b>		<b>15.8%</b>		<b>17.3%</b>	
Peso Tarro +Suelo humedo (g)	356.47	418.09	371.45	401.58	358.55	367.47	369.18	345.29
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	321.45	376.29	331.19	357.58	317.02	325.02	322.58	301.59
Peso Tarro (g)	51.40	50.30	49.10	51.70	53.50	57.30	52.80	49.60
Peso del agua	35.02	41.80	40.26	44.00	41.53	42.45	46.60	43.70
Peso de suelo seco	270.05	325.99	282.09	305.88	263.52	267.72	269.78	251.99
Humedad (%)	13.0	12.8	14.3	14.4	15.8	15.9	17.3	17.3
<b>Humedad promedio (%)</b>	<b>12.895</b>		<b>14.328</b>		<b>15.808</b>		<b>17.308</b>	
<b>Densidad Seca (g/cc)</b>	<b>1.921</b>		<b>1.948</b>		<b>1.973</b>		<b>1.948</b>	



METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (g/cm <sup>3</sup> )	1.97
OCH (%)	15.80

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	6521.0
VOLUMEN(cc):	2151.0

## CBR



### **INFORME DE ENSAYO**

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Ene-20

### **CBR** ASTM D1883

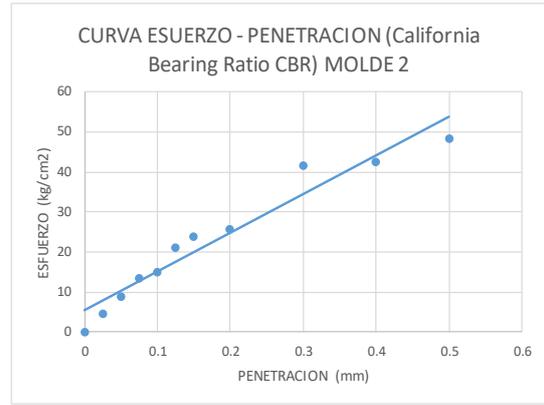
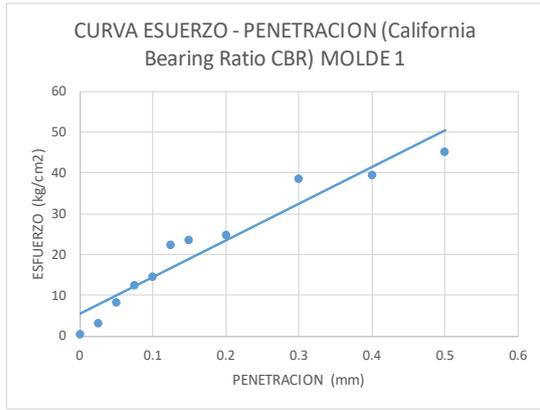
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
CALICATA	C-2	PRESENTACION	1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	M-4	CANTIDAD	25 kg
PROFUNDIDAD	2 m		

COMPACTACION CBR			
MOLDE	1	2	3
Altura Molde mm	124	124	124
Nº Capas	5	5	5
Nº Golps x capa	12	26	55
Cond. Muestra	1	2	3
P. Hum + Molde	11885.3	12552.7	11719.2
Peso de Molde (gr)	7240.3	7825.2	6785.8
Peso Humedo (gr)	4645.0	4727.5	4933.4
Vol. Molde	2250.1	2250.1	2250.1
Densidad H. (gr/cc)	2.06	2.10	2.19
Cont. Hum. Optima	5.78	5.78	5.78

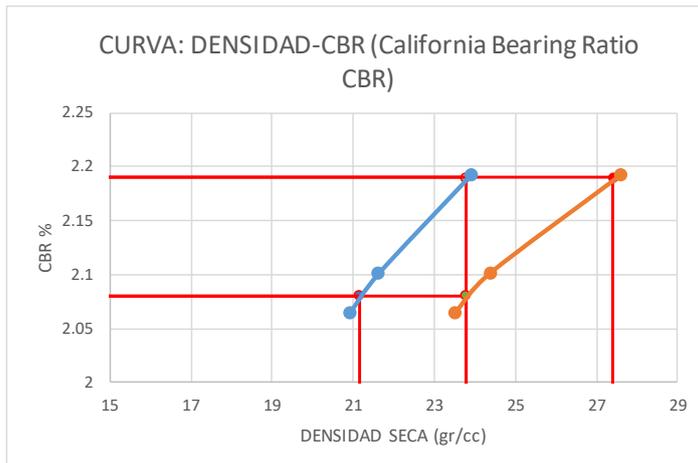
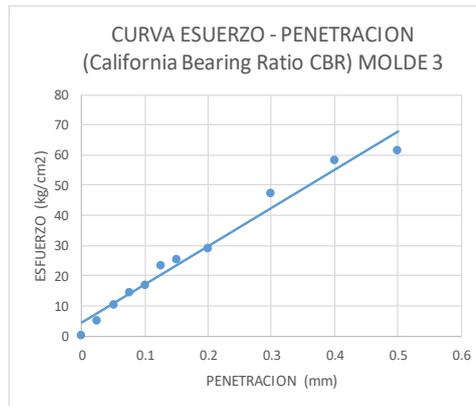
ENSAYO DE HINCHAMIENTO														
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE 1			TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE 2			TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE 3		
		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO				LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO				LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Dias)		(mm)	(%)	(Hs)	(Dias)		(mm)	(%)	(Hs)	(Dias)		(mm)	(%)
0	0	3.21	3.21	2.59	0	0	6.95	6.95	5.60	0	0	1.40	1.40	1.13
24	1	3.21	3.21	2.59	24	1	6.95	6.95	5.60	24	1	1.40	1.40	1.13
48	2	3.21	3.21	2.59	48	2	6.95	6.95	5.60	48	2	1.40	1.40	1.13
72	3	3.21	3.21	2.59	72	3	6.95	6.95	5.60	72	3	1.40	1.40	1.13
96	4	3.21	3.21	2.59	96	4	6.95	6.95	5.60	96	4	1.40	1.40	1.13

#### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDEN° 01		MOLDEN° 02		MOLDEN° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm2)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm2)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm2)
0.000	0.000	10.4	0.5	20.1	0.0	10.4	0.5
0.630	0.025	99.8	3.1	179.1	4.7	99.8	5.2
1.270	0.050	203.7	8.4	376.2	9.0	203.7	10.5
1.910	0.075	323.7	12.6	582.7	13.5	323.7	14.7
2.540	0.100	449.3	14.7	786.5	15.2	449.3	16.8
3.170	0.125	572.8	22.5	996.3	21.1	572.8	23.6
3.810	0.150	697.6	23.5	1213.7	23.9	697.6	25.4
5.080	0.200	924.4	24.8	1580.1	25.7	924.4	29.1
7.620	0.300	1254.8	38.7	2062.7	41.8	1254.8	47.5
10.160	0.400	1879.4	39.6	1892.9	42.7	1879.4	58.4
12.700	0.500	2056.6	45.3	1921.0	48.4	2056.6	61.5



PENETRACION	0.1(*)	0.2(*)
MOLDE 1	14.7	24.8
MOLDE 2	15.2	25.7
MOLDE 3	16.8	29.1



	DENSIDAD	C.B.R. (0.1")	C.B.R. (0.2")
<b>MOLDE 1</b>	2.06	20.91	23.52
<b>MOLDE 2</b>	2.10	21.62	24.37
<b>MOLDE 3</b>	2.19	23.89	27.59

<b>Proctor/ Densidad Natural / O.C.H.</b>	
Maxima Densidad Seca (gr/cc)	2.19
95% de la M.D.S. (gr/cc)	2.08
Humedad Optima (%)	5.81%

<b>RESULTADOS DE C.B.R. (0.1")</b>	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	23.77
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	21.15

<b>RESULTADOS DE C.B.R. (0.2")</b>	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	27.40
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	23.77

## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**FECHA** : Ene-20

### CBR ASTM D1883

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-3	PRESENTACION	: 1 bolsa de Polietileno
MUESTRA	: M-5	CANTIDAD	: 25 kg
PROFUNDIDAD	: 1 m		

#### COMPACTACION CBR

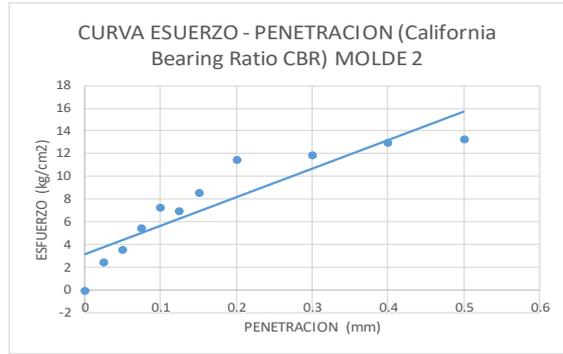
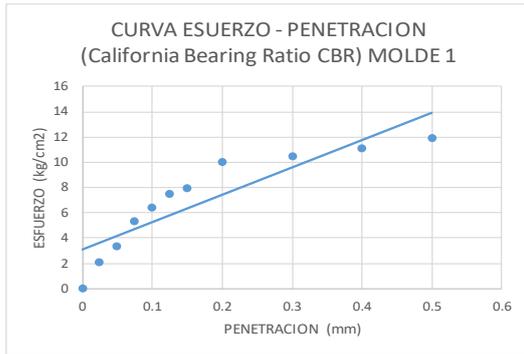
MOLDE	1	2	3
Altura Molde mm	124	124	124
N° Capas	5	5	5
N° Golps x capa	12	26	55
<b>Cond. Muestra</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
P. Hum + Molde	11103.1	11269.0	12056.9
Peso de Molde (gr)	7287.6	7197.0	7812.1
Peso Humedo (gr)	3815.5	4072.0	4244.8
Vol. Molde	2250.1	2250.1	2250.1
Densidad H. (gr/cc)	1.70	1.81	1.89
Cont. Hum. Optima	13.90	13.90	13.90

#### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

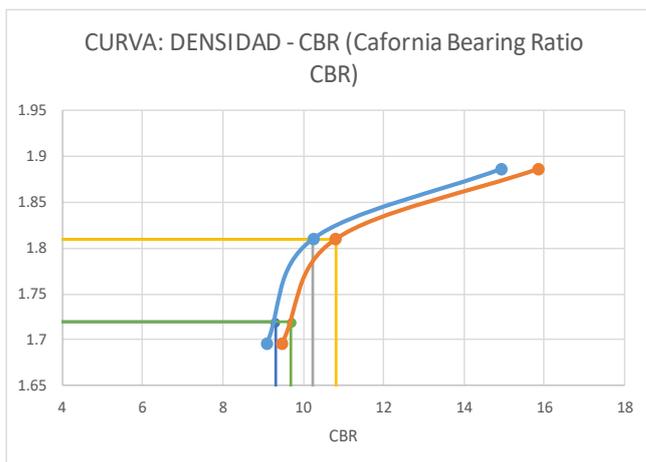
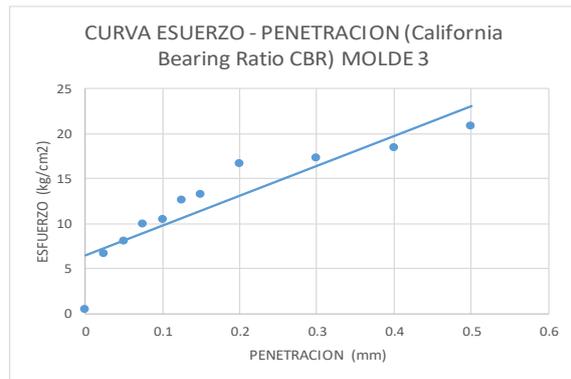
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE 1			TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE 2			TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE 3		
		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO				LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO				LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Dias)		(mm)	(%)	(Hs)	(Dias)		(mm)	(%)	(Hs)	(Dias)		(mm)	(%)
0	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0	5.00	5.00	4.03
24	1	0.64	0.64	0.52	24	1	0.17	0.17	0.14	24	1	5.57	5.57	4.49
48	2	0.79	0.79	0.64	48	2	0.34	0.34	0.27	48	2	5.81	5.81	4.69
72	3	0.82	0.82	0.66	72	3	0.43	0.43	0.35	72	3	5.88	5.88	4.74
96	4	0.83	0.83	0.67	96	4	0.43	0.43	0.35	96	4	5.89	5.89	4.75

#### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01 (12 golpes)		MOLDE N° 02 (26 golpes)		MOLDE N° 03 (55 golpes)	
(mm)	(pulg)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	0.2	0.0	-1.9	-0.1	7.0	0.4
0.630	0.025	20.4	2.1	27.0	2.4	109.5	6.7
1.270	0.050	44.9	3.3	48.9	3.5	136.4	8.1
1.910	0.075	64.6	5.3	66.2	5.4	155.6	9.9
2.540	0.100	78.4	6.4	81.2	7.2	173.1	10.5
3.170	0.125	88.0	7.5	94.7	6.9	185.7	12.6
3.810	0.150	94.5	7.9	105.8	8.5	196.9	13.2
5.080	0.200	103.4	10.0	124.4	11.4	217.6	16.7
7.620	0.300	103.7	10.4	149.5	11.8	257.0	17.3
10.160	0.400	111.4	11.1	172.8	12.9	297.5	18.4
12.700	0.500	126.4	11.9	196.7	13.2	345.6	20.8



PENETRACION	0.1(*)	0.2(*)
<b>MOLDE 1</b>	6.4	10.0
<b>MOLDE 2</b>	7.2	11.4
<b>MOLDE 3</b>	10.5	16.7



	DENSIDAD	C.B.R. (0.1")	C.B.R. (0.2")
<b>MOLDE 1</b>	1.70	9.10	9.48
<b>MOLDE 2</b>	1.81	10.24	10.81
<b>MOLDE 3</b>	1.89	14.93	15.84

<b>Proctor/ Densidad Natural / O.C.H.</b>	
Maxima Densidad Seca (gr/cc)	1.81
95% de la M.D.S. (gr/cc)	1.72
Humedad Optima (%)	12.88%

<b>RESULTADOS DE C.B.R. (0.1")</b>	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	10.24
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	9.30

<b>RESULTADOS DE C.B.R. (0.2")</b>	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	10.81
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	9.70

## CBR - CALICATA 2 CON 4% DE CAL

Laboratorio Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto											
CBR de Suelos (Laboratorio)											
MTC E 132 - 2000											
<b>PROYECTO</b>	: "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA										
<b>UBICACIÓN</b>	: HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD										
<b>MUESTRA SOLICITANTE</b>	: CALICATA 02 + 4 % DE CAL.										
<b>FECHA:</b>	: AVILA CHAVEZ KARINA MARGARITA										
	: Ene-21										
Datos de la Muestra											
Procedencia de Muestra	:										C
Tipo de Muestra	: ALTERADA										2.31
											6.40%
Datos necesarios para el ensayo											
Preparación de muestra	: <b>Húmeda</b>										Área Pistón de Penetración
											20.2 cm <sup>2</sup>
Compactación de Especímenes											
<b>Molde Nº</b>	1			2			3				
<b>Nº Capa</b>	5			5			5				
<b>Golpes por capa Nº</b>	56			26			12				
<b>Cond. de la muestra</b>	Saturada	Saturada	Saturada	Saturada	Saturada	Saturada	Saturada	Saturada	Saturada		
<b>Peso molde + Suelo húmedo</b>	13009	13009	13188	13168	13061	13061					
<b>Peso de molde (g)</b>	8031			8172			8308				
<b>Peso del suelo húmedo (g)</b>	4978	4978	4996	4996	4753	4753					
<b>Volumen del molde (cc)</b>	2022			2122			2110				
<b>Densidad húmeda (g/cc)</b>	2.462	2.462	2.354	2.354	2.253	2.253					
Contenido de humedad de los especímenes											
<b>Tarro Nº</b>											
<b>Tarro + Suelo húmedo (g)</b>	385.14	405.96	374.18	398.22	407.24	392.11					
<b>Tarro + Suelo seco (g)</b>	363.84	383.56	353.48	375.99	384.29	370.25					
<b>Peso del Agua (g)</b>	21.3	22.4	20.7	22.23	22.95	21.86					
<b>Peso del tarro (g)</b>	30.45	31.27	32.67	29.57	28.36	29.11					
<b>Peso del suelo seco (g)</b>	333.39	352.29	320.81	346.42	355.93	341.14					
<b>Humedad (%)</b>	6.39	6.36	6.45	6.42	6.45	6.41					
<b>Densidad seca (gr/cc)</b>	2.314			2.212			2.117				
Expansión											
Fecha	Hora lec.	Hora	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>SIN EXPANSIÓN</b>											
Penetración											
Penetración mm	Carga Estándar Kg/cm <sup>2</sup>	Molde de 56 golpes/capa			Molde de 26 golpes/capa			Molde de 12 golpes/capa			
		Dial	Kg/cm <sup>2</sup>	Corregida	Dial	Kg/cm <sup>2</sup>	Corregida	Dial	Kg/cm <sup>2</sup>	Corregida	
0.63		204	10.44		132.00	6.77		88.00	4.51		
1.27		365	18.73		246.40	12.64		145.20	7.45		
1.90		520	26.68		320.10	16.42		195.80	10.04		
2.54	70.31	697	35.76	25.17	479.60	24.59	19.52	326.70	16.75	14.56	
3.17		897	45.97		536.80	27.53		388.30	19.91		
3.81		1003	51.45		662.20	33.96		490.60	25.16		
5.08	105.46	1166	59.79	50.33	859.10	44.06	39.03	657.80	33.73	29.12	
7.62		1464	75.08		1061.50	54.44		856.90	43.94		
10.16		1864	95.57		1215.50	62.33		1029.60	52.80		
12.70		2076	106.44		1470.70	75.42		1226.50	62.90		

## Laboratorio Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

### CBR de Suelos (Laboratorio) MTC E 132 - 2000

**PROYECTO :** "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

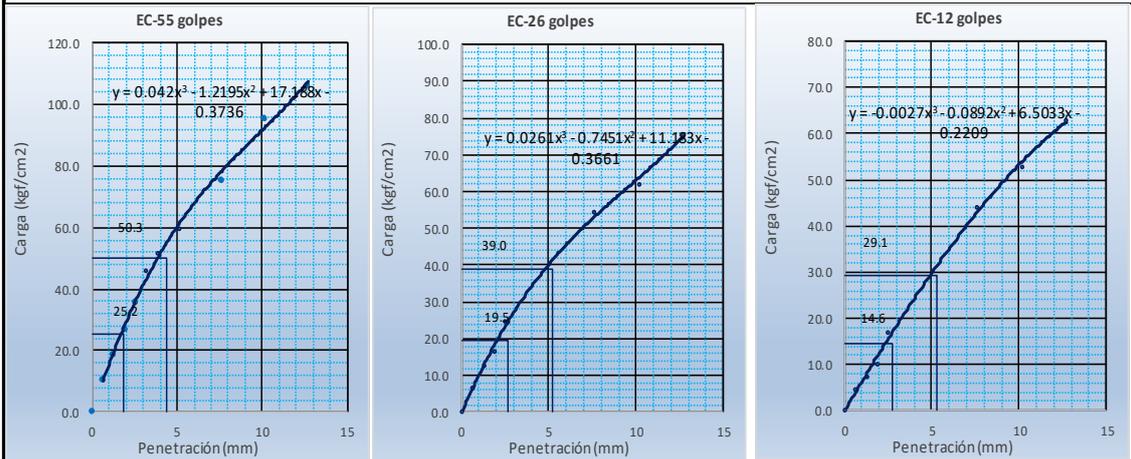
**UBICACIÓN :** HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**MUESTRA :** CALICATA 02 + 4 % DE CAL.

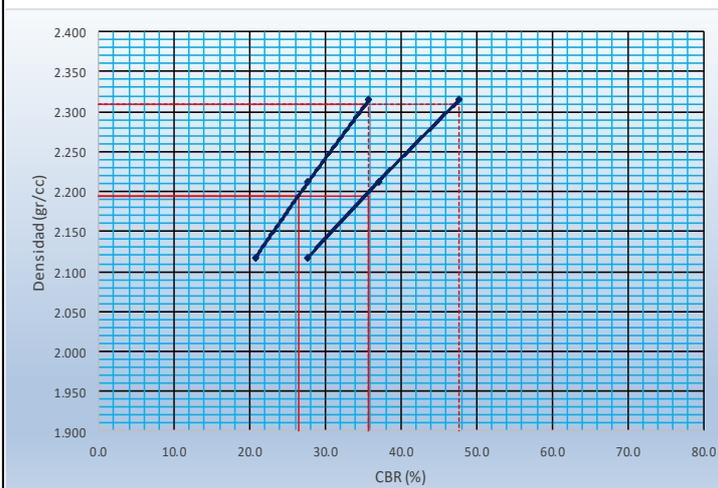
**SOLICITANTE :** AVILA CHAVEZ KARINA MARGARITA

**FECHA :** Ene-21

**Gráfico Penetración CBR**



Carga(2.54mm) 25.17	Carga(5.08mm) 50.33	Carga(2.54mm) 19.5	Carga(5.08mm) 39.0	Carga(2.54mm) 14.6	Carga(5.08mm) 29.1
---------------------	---------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------



Proctor / Densidad Natural / O.C.H.	
Máxima Dens. Seca (gr/cc)	2.310
95% de la M.D.S. (gr/cc)	2.195
Densidad Natural (gr/cc)	-
Optimo Humedad (%)	6.40%

Ngolpes	C.B.R. (0.1")	C.B.R. (0.2")	Densidad
55	35.8	47.7	2.314
26	27.8	37.0	2.212
12	20.7	27.6	2.117

RESULTADOS DE C.B.R. (0.1")	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	35.8
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	26.5

RESULTADOS DE C.B.R. (0.2")	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	47.7
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	35.8

<b>% de Expansión</b>	NULA
-----------------------	------

## CBR - CALICATA 2 CON 4% DE CLORURO DE CALCIO

Laboratorio Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto												
CBR de Suelos (Laboratorio)												
MTC E 132 - 2000												
<b>TESIS</b>	: "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"											
<b>UBICACIÓN</b>	: HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD											
<b>MUESTRA</b>	: CALICATA - 02 - AGREGANDO CLORURO DE CALCIO AL 4%.											
<b>TESISTA</b>	: AVILA CHAVEZ KARINA MARGARITA											
<b>FECHA:</b>	: DICIEMBRE DEL 2020.											
Datos de la Muestra												
Procedencia de Muestra	: CALICATA - 02					C						
Tipo de Muestra	: ALTERADA					2.24						
						7.10%						
Datos necesarios para el ensayo												
Preparación de muestra	: <b>Húmeda</b>					Área Pistón de Penetración		20.2 cm <sup>2</sup>				
Compactación de Especímenes												
<b>Molde Nº</b>	1			2			3					
<b>Nº Capa</b>	5			5			5					
<b>Golpes por capa Nº</b>	56			26			12					
Cond. de la muestra	Saturada		Saturada		Saturada		Saturada		Saturada		Saturada	
Peso molde + Suelo húmedo	12815		12815		12971		12971		12849		12849	
Peso de molde (g)	8031			8172			8308					
Peso del suelo húmedo (g)	4784		4784		4799		4799		4541		4541	
Volumen del molde (cc)	2022			2122			2110					
<b>Densidad húmeda (g/cc)</b>	2.366		2.366		2.262		2.262		2.152		2.152	
Contenido de humedad de los especímenes												
Tarro Nº												
Tarro + Suelo húmedo (g)	242.57		251.11		274.07		253.36		248.25		225.05	
Tarro + Suelo seco (g)	228.45		236.49		257.96		238.51		233.67		212.08	
Peso del Agua (g)	14.12		14.62		16.11		14.85		14.58		12.97	
Peso del tarro (g)	30.45		31.27		32.67		29.57		28.36		29.11	
Peso del suelo seco (g)	198		205.22		225.29		208.94		205.31		182.97	
<b>Humedad (%)</b>	7.13		7.12		7.15		7.11		7.10		7.09	
<b>Densidad seca (gr/cc)</b>	2.209			2.111			2.010					
Expansión												
Fecha	Hora lec.	Hora	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión		
				mm	%		mm	%		mm	%	
<b>SIN EXPANSIÓN</b>												
Penetración												
Penetración mm	Carga Estándar Kg/cm <sup>2</sup>	Molde de 56 golpes/capa			Molde de 26 golpes/capa			Molde de 12 golpes/capa				
		Dial	Kg/cm <sup>2</sup>	Corregida	Dial	Kg/cm <sup>2</sup>	Corregida	Dial	Kg/cm <sup>2</sup>	Corregida		
0.63		220	11.27		143	7.31		95	4.87			
1.27		394	20.23		266	13.65		157	8.04			
1.90		562	28.82		346	17.73		211	10.84			
2.54	70.31	753	38.63	26.27	518	26.56	19.77	353	18.09	14.82		
3.17		968	49.65		580	29.73		419	21.51			
3.81		1083	55.56		715	36.68		530	27.17			
5.08	105.46	1259	64.58	52.54	928	47.58	39.54	710	36.43	29.63		
7.62		1581	81.09		1146	58.79		925	47.46			
10.16		2013	103.21		1313	67.32		1112	57.02			
12.70		2242	114.95		1588	81.45		1325	67.93			

## Laboratorio Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

### CBR de Suelos (Laboratorio)

MTC E 132 - 2000

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

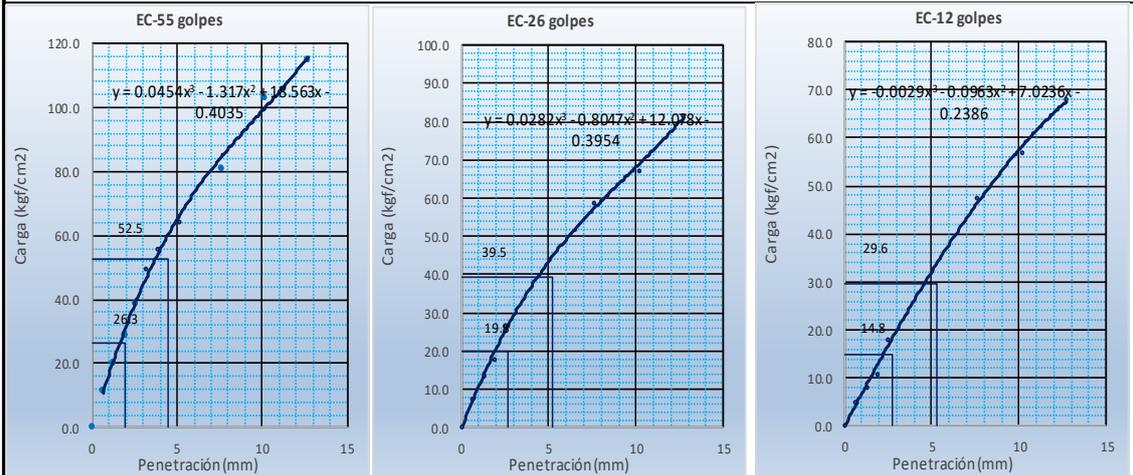
**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**MUESTRA** : CALICATA - 02 - AGREGANDO CLORURO DE CALCIO AL 4%.

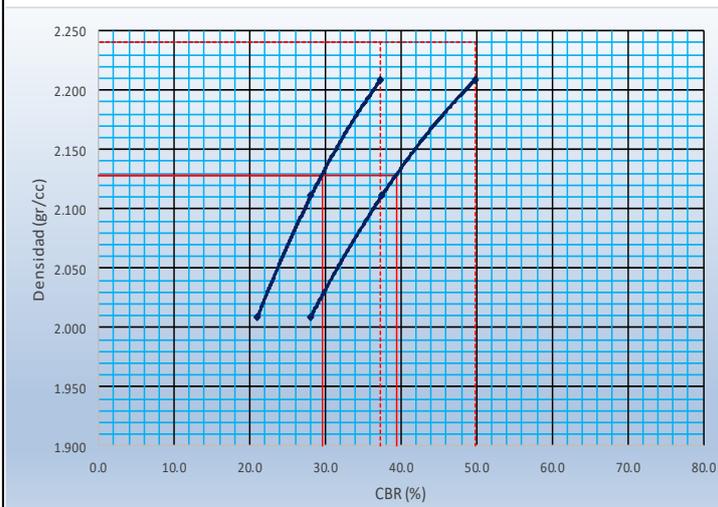
**SOLICITANTE** : AVILA CHAVEZ KARINA MARGARITA

**FECHA** : DICIEMBRE DEL 2020.

**Gráfico Penetración CBR**



Carga(2.54mm) 26.27	Carga(5.08mm) 52.54	Carga(2.54mm) 19.8	Carga(5.08mm) 39.5	Carga(2.54mm) 14.8	Carga(5.08mm) 29.6
---------------------	---------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------



Proctor / Densidad Natural / O.C.H.	
Máxima Dens. Seca (gr/cc)	2.240
95% de la M.D.S. (gr/cc)	2.128
Densidad Natural (gr/cc)	-
Optimo Humedad (%)	7.10%

Ngolpes	C.B.R. (0.1")	C.B.R. (0.2")	Densidad
55	37.4	49.8	2.209
26	28.1	37.5	2.111
12	21.1	28.1	2.010

RESULTADOS DE C.B.R. (0.1")	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	37.4
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	29.6

RESULTADOS DE C.B.R. (0.2")	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	49.8
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	39.4

<b>% de Expansión</b>	NULA
-----------------------	------

## CBR - CALICATA 3 CON 4% DE CAL

### Laboratorio Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

#### CBR de Suelos (Laboratorio) MTC E 132 - 2000

**PROYECTO** : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**MUESTRA** : CALICATA 03 + 4% DE CAL

**SOLICITANTE** : AVILA CHAVEZ KARINA MARGARITA

**FECHA** : Ene-21

Datos de la Muestra												
Procedencia de Muestra			Método Proctor			:			C			
Tipo de Muestra			Alterada			Máxima densidad seca (gr/cm3)			: 1.99			
						Óptimo cont. Humedad (%)			: 12.20%			
Datos necesarios para el ensayo												
Preparación de muestra			Húmeda			Área Pistón de Penetración			: 19.4 cm2			
Compactación de Especímenes												
Molde Nº			1			2			3			
Nº Capa			5			5			5			
Golpes por capa Nº			56			26			12			
Cond. de la muestra			Saturada		Saturada		Saturada		Saturada		Saturada	
Peso molde + Suelo húmedo			12545		12545		12668		12668		12551	
Peso de molde (g)			8031		4514		8172		4496		8308	
Peso del suelo húmedo (g)			4514		4514		4496		4496		4243	
Volumen del molde (cc)			2022		2022		2122		2122		2110	
Densidad húmeda (gr/cc)			2.232		2.232		2.119		2.119		2.011	
Contenido de humedad de los especímenes												
Tarro Nº												
Tarro + Suelo húmedo (g)			421.08		447.29		458.94		388.19		406.97	
Tarro + Suelo seco (g)			378.19		401.25		411.85		348.72		365.45	
Peso del Agua (g)			42.89		46.04		47.09		39.47		41.52	
Peso del tarro (g)			26.38		24.15		22.69		26.72		24.57	
Peso del suelo seco (g)			351.81		377.1		389.16		322		340.88	
Humedad (%)			12.19		12.21		12.10		12.26		12.18	
Densidad seca (gr/cc)			1.990		1.990		1.889		1.889		1.793	
Expansión												
Fecha	Hora lec.	Hora	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión		
				mm	%		mm	%		mm	%	
12/09/20	10:30	24	24	0.06	0.05	29.00	0.07	0.06	36.00	0.09	0.07	
13/09/20	10:33	48	36	0.09	0.07	41.00	0.10	0.08	51.00	0.13	0.10	
14/09/20	10:32	72	51	0.13	0.10	61.00	0.15	0.12	69.00	0.18	0.14	
15/09/20	10:28	96	62	0.16	0.12	74.00	0.19	0.15	85.00	0.22	0.17	
Penetración												
Penetración mm	Carga Estándar Kg/cm2	Molde de 56 golpes/capa			Molde de 26 golpes/capa			Molde de 12 golpes/capa				
		Dial	Kg/cm2	Corregida	Dial	Kg/cm2	Corregida	Dial	Kg/cm2	Corregida		
0.63		120.00	5.94		96.00	4.75		78.00	3.86			
1.27		182.00	9.01		144.00	7.13		111.00	5.50			
1.90		271.00	13.42		221.00	10.95		156.00	7.73			
2.54	70.31	392.00	19.42	16.47	305.00	15.11	13.41	245.00	12.13	10.90		
3.17		459.00	22.73		345.00	17.09		287.00	14.21			
3.81		541.00	26.80		372.00	18.42		345.00	17.09			
5.08	105.46	772.00	38.24	32.95	574.00	28.43	26.83	461.00	22.83	21.80		
7.62		874.00	43.29		687.00	34.03		527.00	26.10			
10.16		1036.00	51.31		814.00	40.32		643.00	31.85			
12.70		1188.00	58.84		947.00	46.90		757.00	37.49			

## Laboratorio Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

### CBR de Suelos (Laboratorio)

MTC E 132 - 2000

**PROYECTO :** "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

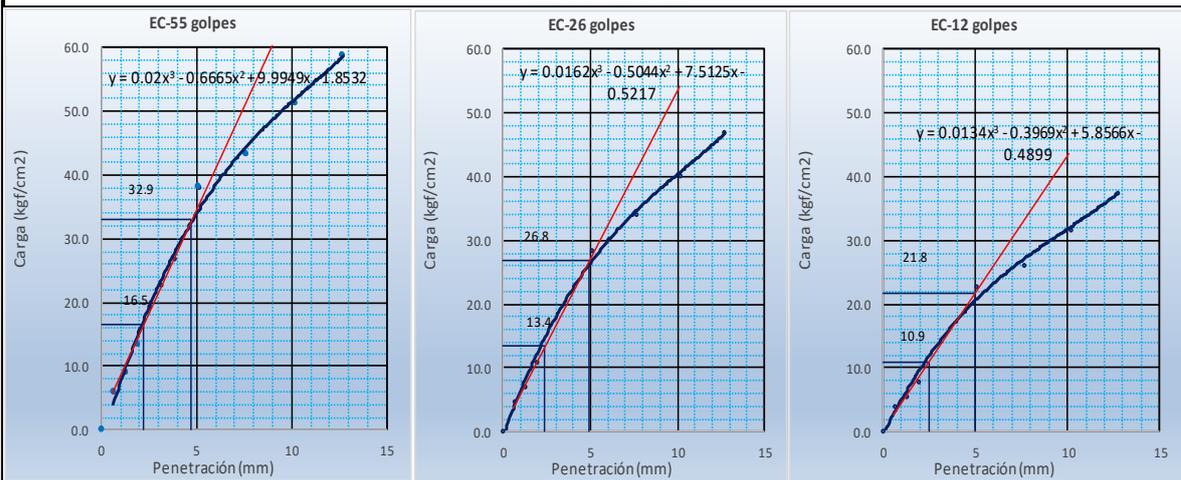
**UBICACIÓN :** HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**MUESTRA :** CALICATA 03 + 4% DE CAL

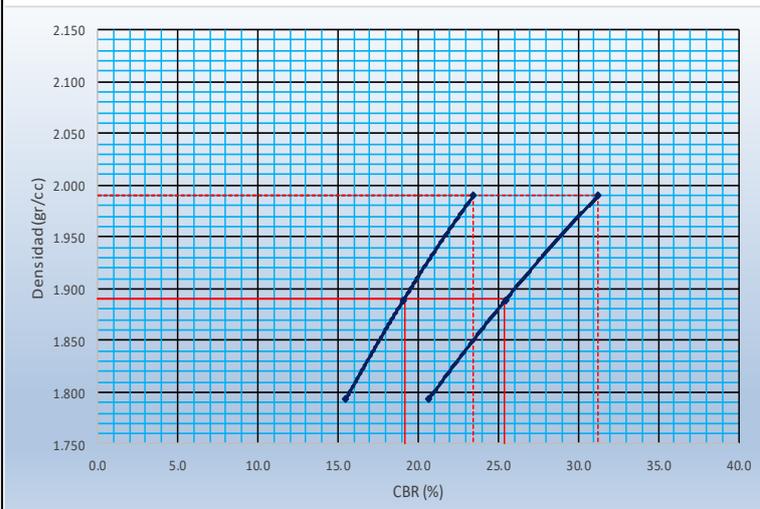
**SOLICITANTE :** AVILA CHAVEZ KARINA MARGARITA

**FECHA :** Ene-21

**Gráfico Penetración CBR**



Carga(2.54mm)	6.47	Carga(5.08mm)	32.95	Carga(2.54mm)	13.4	Carga(5.08mm)	26.8	Carga(2.54mm)	10.9	Carga(5.08mm)	21.8
---------------	------	---------------	-------	---------------	------	---------------	------	---------------	------	---------------	------



Proctor / Densidad Natural / O.C.H.				
Máxima Dens. Seca (gr/cc)				1.990
95% de la M.D.S. (gr/cc)				1.881
Densidad Natural (gr/cc)				-
Óptimo Humedad (%)				12.20%
Ngolpes	C.B.R. (0.1")	C.B.R. (0.2")	Densidad	
55	23.5	31.2	1.990	
26	19.1	25.4	1.889	
12	15.5	20.7	1.793	
RESULTADOS DE C.B.R. (0.1")				
C.B.R. al 100% de la M.D.S.			23.5	
C.B.R. al 95% de la M.D.S.			19.2	
RESULTADOS DE C.B.R. (0.2")				
C.B.R. al 100% de la M.D.S.			31.2	
C.B.R. al 95% de la M.D.S.			25.4	
% de Expansión			BAJO	

## CBR - CALICATA 3 CON 4% DE CLORURO DE CALCIO

Laboratorio Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

**CBR de Suelos (Laboratorio)**

**MTC E 132 - 2000**

**“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD**

**UBICACIÓN** : SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**MUESTRA** : CALICATA 03 + 4% DE CLORURO DE CALCIO.

**TESISTA** : AVILA CHAVEZ KARINA MARGARITA

**FECHA:** : DICIEMBRE DEL 2020

### Datos de la Muestra

Procedencia de Muestra	: CALICATA 03.	<b>C</b>
Tipo de Muestra	: ALTERADA	<b>1.97</b>
		<b>15.80%</b>

### Datos necesarios para el ensayo

Preparación de muestra	: <b>Húmeda</b>	Área Pistón de Penetración	<b>20.2 cm<sup>2</sup></b>
------------------------	-----------------	----------------------------	----------------------------

### Compactación de Especímenes

	1	2	3	5	12
Molde Nº	1	2	3	5	12
Nº Capa	5	5	5	5	5
Golpes por capa Nº	56	26	12	12	12
Cond. de la muestra	Saturada	Saturada	Saturada	Saturada	Saturada
Peso molde + Suelo húmedo	12648	12648	12775	12775	12672
Peso de molde (g)	8031	8172	8308	8308	8308
Peso del suelo húmedo (g)	4617	4617	4603	4603	4364
Volumen del molde (cc)	2022	2122	2110	2110	2110
Densidad húmeda (g/cc)	2.283	2.283	2.169	2.169	2.068

### Contenido de humedad de los especímenes

	1	2	3	5	12
Tarro Nº					
Tarro + Suelo húmedo (g)	252.69	263.17	198.47	205.28	248.26
Tarro + Suelo seco (g)	222.59	231.45	175.46	181.59	219.02
Peso del Agua (g)	30.1	31.72	23.01	23.69	29.24
Peso del tarro (g)	32.43	30.45	30.65	32.11	33.83
Peso del suelo seco (g)	190.16	201	144.81	149.48	185.19
Humedad (%)	15.83	15.78	15.89	15.85	15.79
Densidad seca (gr/cc)	1.972	1.872	1.872	1.872	1.786

### Expansión

Fecha	Hora lec.	Hora	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/12/20	16:45:00 p.m.	24	17	0.04	0.03	27	0.07	0.05	35	0.09	0.07
20/12/20	16:47:00 p.m.	48	34	0.09	0.07	49	0.12	0.10	55	0.14	0.11
21/12/20	16:41:00 p.m.	72	45	0.11	0.09	58	0.15	0.12	74	0.19	0.15
22/12/20	16:43:00 p.m.	96	58	0.15	0.12	75	0.19	0.15	88	0.22	0.18

### Penetración

Penetración mm	Carga Estándar Kg/cm <sup>2</sup>	Molde de 56 golpes/capa			Molde de 26 golpes/capa			Molde de 12 golpes/capa		
		Dial	Kg/cm <sup>2</sup>	Corregida	Dial	Kg/cm <sup>2</sup>	Corregida	Dial	Kg/cm <sup>2</sup>	Corregida
0.63		137	7.02		87	4.47		56	2.87	
1.27		250	12.80		166	8.49		97	4.96	
1.90		357	18.30		217	11.12		134	6.85	
2.54	70.31	478	24.53	25.00	331	16.98	17.00	218	11.16	11.50
3.17		641	32.86		379	19.45		254	13.01	
3.81		700	35.90		470	24.12		346	17.72	
5.08	105.46	812	41.64	43.00	609	31.22	30.00	458	23.47	22.00
7.62		1050	53.87		761	39.02		609	31.22	
10.16		1279	65.60		873	44.76		724	37.13	
12.70		1474	75.61		1058	54.28		881	45.17	

## Laboratorio Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

### CBR de Suelos (Laboratorio)

MTC E 132 - 2000

**PROYECTO :** "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE APLICANDO MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CLORURO DE CALCIO, EN LA CARRETERA TRAMO HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD"

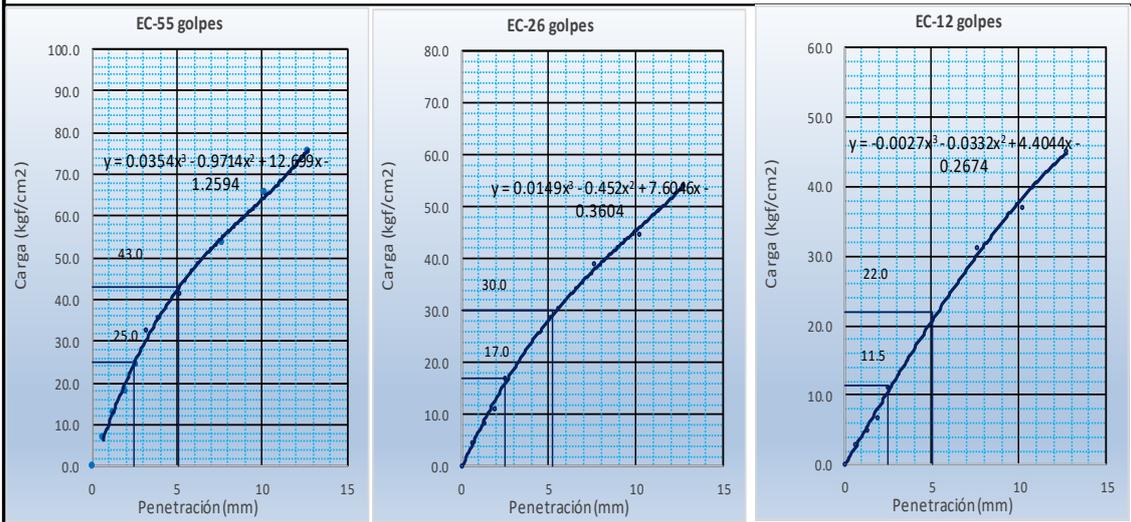
**UBICACIÓN :** HUAMACHUCO - CAJABAMBA, CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO MARCABAL, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD

**MUESTRA :** CALICATA 03 + 4% DE CLORURO DE CALCIO.

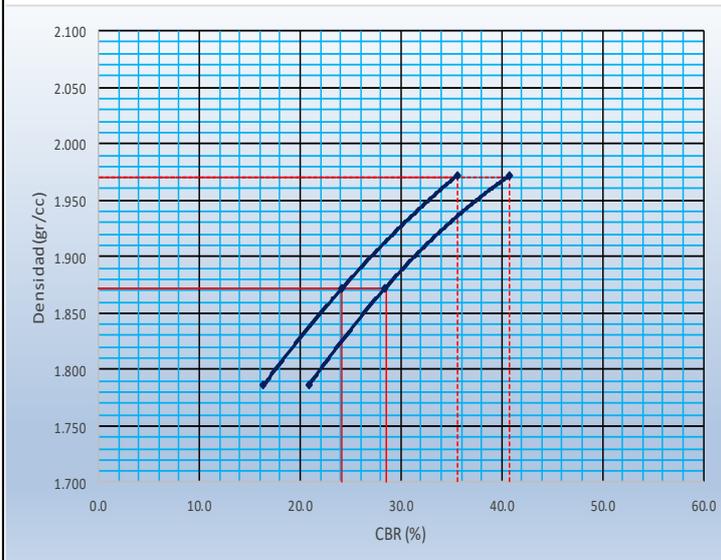
**SOLICITANTE :** AVILA CHAVEZ KARINA MARGARITA

**FECHA :** DICIEMBRE DEL 2020

**Gráfico Penetración CBR**



Carga(2.54mm) 25.00	Carga(5.08mm) 43.00	Carga(2.54mm) 17.0	Carga(5.08mm) 30.0	Carga(2.54mm) 11.5	Carga(5.08mm) 22.0
---------------------	---------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------



Proctor / Densidad Natural / O.C.H.	
Máxima Dens. Seca (gr/cc)	1.970
95% de la M.D.S. (gr/cc)	1.872
Densidad Natural (gr/cc)	-
Optimo Humedad (%)	15.80%

Ngolpes	C.B.R. (0.1")	C.B.R. (0.2")	Densidad
55	35.6	40.8	1.972
26	24.2	28.4	1.872
12	16.4	20.9	1.786

RESULTADOS DE C.B.R. (0.1")	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	35.6
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	24.2

RESULTADOS DE C.B.R. (0.2")	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	40.8
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	28.5

<b>% de Expansión</b>	BAJA
-----------------------	------

**FOTOS DE LA ZONA DE ESTUDIO**

***Figura 9.1: Asentamiento 1 de la carretera***



***Fuente: Elaboración Propia***

***Figura 9.2: Asentamiento 2 de la carretera***



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.3: Asentamiento 3 y fisura al extremo de la carretera**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.4: trazo de calicata 1 (1x1m)**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.5: Excavación de calicata 2**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.6: Hundimientos en la carretera**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.7: Fisuras en vivienda 1**



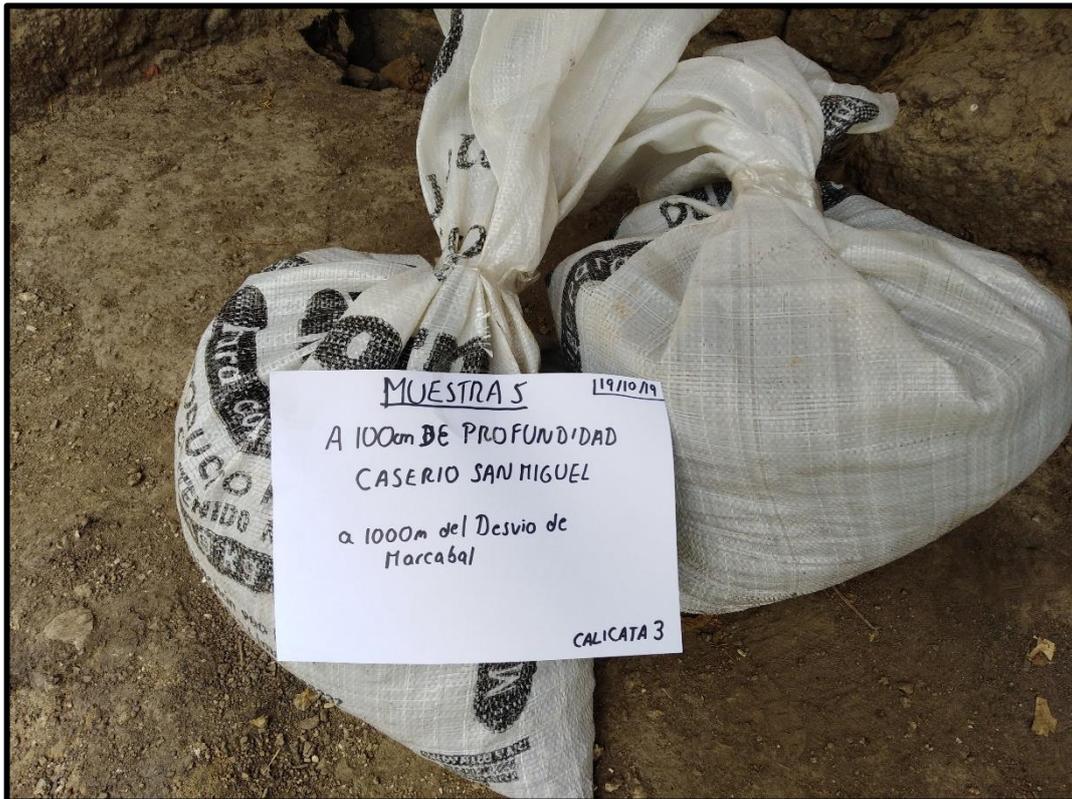
**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.8: Excavación calicata 3**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.9: Muestra 5 de la calicata 3**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.10: Fisuras en vivienda 2**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.11: Ensayo de granulometría (tamizado)**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.12: Ensayo de Contenido de Humedad (muestra en el horno)**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.13: Ensayo Limites de Atterberg (copa de casa grande)**



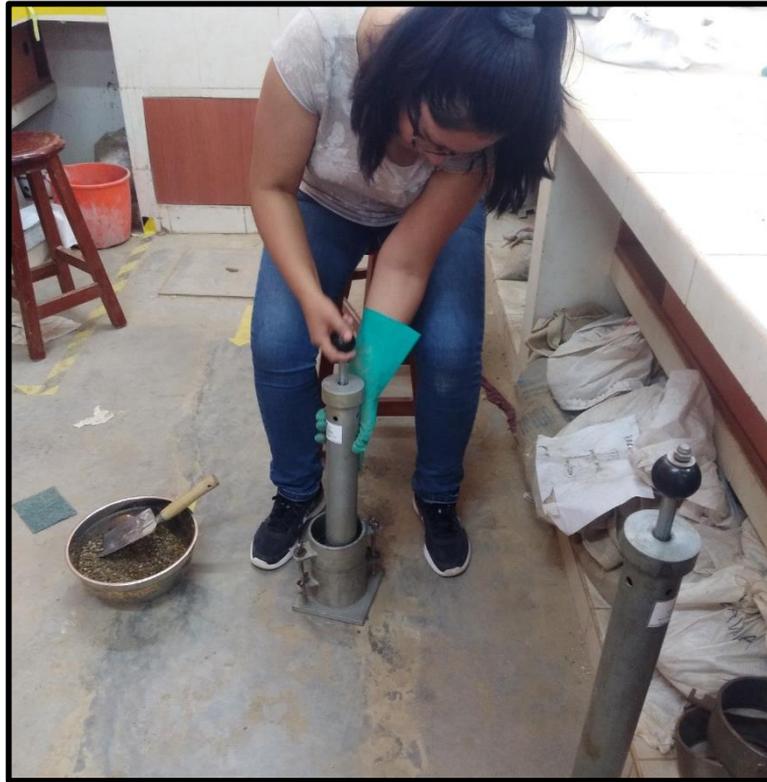
**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.14: Ensayo Gravedad Especifica (fiolas)**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.15: Ensayo Proctor Modificado (Apisonamiento del material)**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.16: Ensayo Proctor Modificado (peso del material con agua)**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.17: Ensayo CBR (Apisonamiento con 12,26 y 55 golpes)**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.18: Ensayo CBR (Inmersión de moldes y colocación de trípode con deformímetro)**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.19: Ensayo CBR (Penetración de pistón)**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.20: Ensayo CBR con cal (Selección de Muestra)**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.21: Ensayo CBR con cal (Aplisonamiento con 12,26 y 55 golpes)**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.22: Ensayo CBR con Cal (Inmersión de moldes y colocación de trípode con deformímetro)**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 9.23: Ensayo CBR con Cal (Penetración de pistón)**



**Fuente: Elaboración Propia**