

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN- HUÁNUCO**

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019”

TESIS **P**ARA OPTAR EL TÍTULO DE :

**INGENIERO CIVIL**

**TESISTAS:**

Bach. MARTIN MAYO, Ruth

Bach. MORALES VELASQUEZ, Tatiana

ASESOR:

Mg. JIM ARTURO RIVERA VIDAL

HUANUCO – PERÚ

2019



## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación va dedicado a Dios el ser supremo que hace todo posible por guiarme por el buen camino y darme fuerzas para seguir adelante y no dejarme caer en los problemas que se presentaban.

A mi familia que sin ellos esto no sería posible. A mis padres que gracias a su apoyo, consejos, comprensión, ayuda en esos momento difíciles, por ayudarme con los recursos necesarios para mis estudios y por fomentar en mi valores que me ha convertido en la persona que soy.

## **RESUMEN**

El tratamiento adecuado de suelos para intensificar sus propiedades físicas y mecánicas es de suma importancia. Ya que, en algunas regiones del país existen suelos que no son aptos para construir sobre ellos, es por eso que es necesario recurrir a la estabilización de suelo.

El cloruro de sodio como estabilizante natural de suelos arcillosos absorbe la humedad para reducir el punto de evaporación y mejorar la cohesión de este tipo de suelos.

El óxido de calcio como estabilizante de suelos arcillosos tiene como finalidad incrementar la resistencia y su durabilidad de este tipo de suelo.

El presente estudio tiene como objetivo comparar a nivel piloto mediante ensayos en el laboratorio los métodos de estabilización química del suelo con aditivos de cloruro de sodio y óxido de calcio en la subrasante de un suelo arcilloso y así poder determinar cuál es el más óptimo y da mejores resultados en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Así como determinar la dosificación óptima de cada uno de los métodos de estabilización química de suelos arcillosos.

## **SUMMARY**

Proper treatment of soils to intensify their physical and mechanical properties is of paramount importance.

Since, in some regions of the country there are soils that are not suitable to build on them, that is why it is necessary to resort to soil stabilization with some methods that represent an additional cost.

The present study aims to compare at the pilot level through laboratory tests the stabilization methods of soil with sodium chloride and calcium oxide additives in the clay soil subgrade and thus determine which is the most optimal and gives better results in the improvement of physical and mechanical properties of the soil.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
SUMARY	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE TABLAS	xii
INDICE DE GRAFICOS	xiii
INDICE DE FIGURAS	xiv
INTRODUCCION	15
<b>I. MARCO TEORICO</b>	<b>17</b>
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>17</b>
<b>1.1.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>17</b>
<b>1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>19</b>
1.1.1.2. Problema General	19
1.1.1.3. Problema Específicos	19
<b>1.2. OBJETIVOS</b>	<b>20</b>
<b>1.2.1. Objetivo General</b>	<b>20</b>
<b>1.2.2. Objetivos específicos</b>	<b>20</b>
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA</b>	<b>21</b>
<b>1.4. LIMITACIONES</b>	<b>22</b>
<b>1.5. HIPOTESIS, VARIABLES, INDICADORES Y DEFINICIONES OPERACIONALES</b>	<b>22</b>
<b>1.5.1. HIPÓTESIS: GENERAL Y ESPECIFICAS</b>	<b>22</b>

1.5.1.1. Hipótesis General	22
1.5.1.2. Hipótesis Específicos	23
<b>1.5.2. Sistemas de Variables- Dimensiones e Indicadores</b>	<b>23</b>
1.5.2.1. Variable Independiente (VI)	23
1.5.2.2. Variable Dependiente (VD)	23
<b>1.5.3. Definición Operacional de Variables, Dimensiones e indicadores</b>	<b>24</b>
<b>1.6. UNIVERSO/POBLACION Y MUESTRA</b>	<b>25</b>
1.6.1. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO/POBLACIÓN	25
1.6.2. MUESTRA	25
<b>1.7. REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS</b>	<b>25</b>
1.7.1. Antecedentes Internacionales	25
1.7.2. Antecedentes Nacionales	27
<b>1.8. CONCEPTOS FUNDAMENTALES</b>	<b>30</b>
1.8.1. Suelos	30
1.8.1.1. Tipos De Suelos	31
1.8.2. Propiedades Del Suelo	33
1.8.2.1. Humedad natural	33
1.8.2.2. Granulometría	34
1.8.2.3. Estado de consistencia	34
1.8.2.4. Los límites de Atterberg	34
1.8.2.5. Compacidad del Suelo	36
1.8.2.6. Resistencia al Suelo	36
1.8.3. Estabilización De Suelos	38
1.8.3.1. Métodos de estabilización de suelos	38
1.8.3.2. Estabilización Química Con Óxido De Calcio	41

---

1.8.3.3. Estabilización Química Con Cloruro de Sodio_____	42
1.9. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS_____	43
1.10. Matriz de Consistencia_____	47
<b>II. MARCO METODOLOGICO_____</b>	<b>49</b>
2.1. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN_____	49
2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN_____	49
2.3. FUENTES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS._____	50
2.3.1. Fuentes Primarias_____	50
2.3.2. Fuentes Secundarias_____	51
2.4. PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS._____	52
2.5. RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE DATOS._____	52
2.5.1. Extracción de la muestra_____	54
2.5.1.1. Material Utilizado_____	54
2.5.1.2. Equipo y herramientas_____	54
2.5.1.3. Procedimiento_____	54
2.5.2. Ensayo de análisis granulométrico_____	56
2.5.2.1. Equipos y herramientas_____	56
2.5.2.2. Procedimiento_____	57
2.5.3. Método De Incorporación De Nacl En El Suelo_____	59
2.5.4. Método De Incorporación De Óxido De Calcio En El Suelo_____	59

---

<b>2.5.5. Ensayo de límites de Atterberg.</b>	<b>60</b>
<b>2.5.5.1. Equipos y herramientas</b>	<b>60</b>
<b>2.5.5.2. Procedimiento</b>	<b>61</b>
2.5.5.2.1. Límite líquido	61
2.5.5.2.2. Límite plástico	62
<b>2.5.6. Ensayo de límites de Atterberg adicionando Nacl</b>	<b>64</b>
<b>2.5.6.1. Procedimiento</b>	<b>64</b>
2.5.6.1.1. Límite líquido	64
2.5.6.1.2. Límite plástico	66
<b>2.5.7. Ensayo de límites de Atterberg adicionando Oxido de calcio.</b>	<b>68</b>
<b>2.5.7.1. Equipos y herramientas.</b>	<b>68</b>
<b>2.5.7.2. Procedimiento</b>	<b>68</b>
2.5.7.2.1. Límite líquido	68
2.5.7.2.2. Límite plástico	70
<b>2.5.8. Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos)</b>	<b>72</b>
<b>2.5.9. Ensayo de Compactación Proctor Modificado</b>	<b>72</b>
<b>2.5.9.1. Equipos y herramientas</b>	<b>73</b>
<b>2.5.9.2. Procedimiento</b>	<b>73</b>
<b>2.5.10. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)</b>	<b>76</b>
<b>2.5.10.1. Equipos y herramientas</b>	<b>76</b>
<b>2.5.10.2. Procedimiento</b>	<b>77</b>
2.5.10.2.1. Ensayo de hinchamiento (determinación de las propiedades expansivas del material)	78

---



2.5.10.2.2.	Ensayo de carga – penetración (determinación de la resistencia a la penetración)	78
<b>III.</b>	<b>DISCUSION DE RESULTADOS</b>	<b>81</b>
<b>3.1.</b>	<b>RESULTADOS DE LABORATORIO</b>	<b>81</b>
<b>3.1.1.</b>	Contenido de humedad de la muestra	81
<b>3.1.2.</b>	Análisis granulométrico	81
<b>3.1.3.</b>	Ensayo de límites de Atterberg	83
<b>3.1.3.1.</b>	Límites De Atterberg Del Suelo Natural	83
<b>3.1.3.2.</b>	límites de Atterberg con aditivo de cal al 4%	83
<b>3.1.3.3.</b>	límites de Atterberg con aditivo de cal al 6%	84
<b>3.1.3.4.</b>	límites de Atterberg con aditivo de cal al 8%	84
<b>3.1.3.5.</b>	límites de Atterberg con aditivo de Nacl al 4%	85
<b>3.1.3.6.</b>	límites de Atterberg con aditivo de Nacl al 6%	85
<b>3.1.3.7.</b>	límites de Atterberg con aditivo de Nacl al 8%	86
<b>3.1.4.</b>	Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos)	86
<b>3.1.5.</b>	Ensayo de Compactación Proctor Modificado	87

---

<b>3.1.5.1.</b>	Resultado Suelo Natural_____	87
<b>3.1.5.2.</b>	Resultado Con El Suelo Estabilizado Con Oxido de Calcio al 4%_____	88
<b>3.1.5.3.</b>	Resultado Suelo Estabilizado Con Oxido de Calcio al 6%_____	88
<b>3.1.5.4.</b>	Resultado Suelo Estabilizado Con Oxido de Calcio al 8%_____	89
<b>3.1.5.5.</b>	Resultado Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio al 4%_____	89
<b>3.1.5.6.</b>	Resultado Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio al 6%_____	90
<b>3.1.5.7.</b>	Resultado Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio al 8%_____	90
<b>3.1.6.</b>	<b>Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)_____</b>	<b>91</b>
<b>3.1.6.1.</b>	Resultado Suelo Natural_____	91
<b>3.1.6.2.</b>	Resultado Con El Suelo Estabilizado Con Oxido de Calcio al 4%_____	92
<b>3.1.6.3.</b>	Resultado Suelo Estabilizado Con Oxido de Calcio al 6%_____	92
<b>3.1.6.4.</b>	Resultado Suelo Estabilizado Con Oxido de Calcio al 8%_____	93
<b>3.1.6.5.</b>	Resultado Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio al 4%_____	93
<b>3.1.6.6.</b>	Resultado Cloruro de Sodio al 6%_____	94
<b>3.2.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS_____</b>	<b>94</b>
<b>3.2.1.</b>	<b>Interpretación de datos de los Límites Atterberg_____</b>	<b>95</b>

---

3.2.1.1. Límite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad_____	95
<b>3.2.2. Interpretación De Datos Del Ensayo De Proctor Modificado_____</b>	<b>96</b>
3.2.2.1. Densidad Seca Máxima_____	96
3.2.2.2. Contenido de Humedad Optimo_____	97
3.2.2.3. Interpretación_____	97
<b>3.2.3. Interpretación de datos del ensayo de CBR _____</b>	<b>98</b>
3.2.3.1. Porcentaje Optimo_____	98
3.2.3.2. Esponjamiento _____	98
3.2.3.3. Interpretación_____	99
<b>IV. CONCLUSIONES_____</b>	<b>102</b>
<b>V. SUGERENCIAS_____</b>	<b>104</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFIA_____</b>	<b>106</b>
<b>VII. ANEXOS_____</b>	<b>110</b>

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.1 - Operacionalización de variables _____	24
Tabla 1.2 – Matriz de Consistencia_____	47
Tabla 2.1 – Fuentes secundarias_____	51
Tabla 3.1 – Clasificación SUCS_____	86
Tabla 3.2– Comparación Límites De Attenberg Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio_____	95
Tabla 3.3– Comparación Límites De Attenberg Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio_____	95
Tabla 3.4– Resultados Ensayo De Compactación_____	97
Tabla 3.5– Resultado de Esponjamiento _____	98
Tabla 3.5– Resultados De Ensayo De CBR_____	98

## INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 3.1 –densidad de suelo natural_____	87
Gráfico 3.2 –Densidad De Suelo Estabilizado Con Cal Al 4%_____	88
Gráfico 3.3 -Densidad De Suelo Estabilizado Con Cal Al 6%_____	88
Gráfico 3.4 –Densidad De Suelo Estabilizado Con Cal Al 8%_____	89
Gráfico 3.5 –Densidad De Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio Al 4%_____	89
Gráfico 3.6 –Densidad De Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio Al 6%_____	90
Gráfico 3.7 –Densidad De Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio Al 8%_____	90
Gráfico 3.8 –Densidad De Suelo Natural_____	91
Gráfico 3.9 – Densidad De Suelo Estabilizado Con Cal Al 4%__	92
Gráfico 3.10 –Densidad De Suelo Estabilizado Con Cal Al 6%__	92
Gráfico 3.11–Densidad De Suelo Estabilizado Con Cal Al 8%__	93
Gráfico 3.12–Densidad De Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio Al 4%_____	93
Gráfico 3.13–Densidad De Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio Al 6%_____	94
Gráfico 3.14– Variación De Densidad Seca Máxima_____	96
Gráfico 3.15– Variación De Densidad Seca Máxima_____	97
Gráfico 3.16– Variación De CBR según cada estabilización_____	98

Gráfico 3.17- Comparación de índice de plasticidad\_\_\_\_\_ 101

Gráfico 3.16- Comparacion de CBR \_\_\_\_\_ 101

## INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 - Captura de pantalla del Análisis Granulométrico\_\_\_\_\_ 82

Figura 3.2 - Captura de pantalla límites de atterberg suelo natural\_\_\_\_\_ 83

Figura 3.3 - Captura de pantalla límites de atterberg con aditivo de cal al 4%\_\_\_\_\_ 83

Figura 3.4 - Captura de pantalla límites de atterberg con aditivo de cal al 6%\_\_\_\_\_ 84

Figura 3.5 - Captura de pantalla límites de atterberg con aditivo de cal al 8%\_\_\_\_\_ 84

Figura 3.6 - Captura de pantalla límites de atterberg con aditivo de NaCl al 4%\_\_\_\_\_ 85

Figura 3.7 - Captura de pantalla límites de atterberg con aditivo de NaCl al 6%\_\_\_\_\_ 85

Figura 3.8 - Captura de pantalla límites de atterberg con aditivo de NaCl al 8%\_\_\_\_\_ 86

Figura 3.9 - Captura de pantalla Clasificación de suelos según índice de plasticidad \_\_\_\_\_ 95

Figura 3.9 - Captura de pantalla categorías de subrasante \_\_\_\_\_ 98

## **INTRODUCCION**

En la tesis se determinó la influencia de la adición de cloruro de sodio y óxido de calcio en el California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso después de ser estabilizado con diferentes porcentajes de cloruro de sodio 4%, 6%, 8% y óxido de calcio 4%, 6%, 8% al finalizar se obtuvo características químicas más favorables para su uso en la ingeniería. La inestabilidad de los suelos arcillosos es uno de los principales problemas de hoy en día, que presentan las obras de construcción civil; para corregir este problema se usan variadas técnicas de estabilización de suelos; una de las formas es aquella que se realiza utilizando productos químicos no tóxicos que ceden a estos suelos un mejor comportamiento en servicio tal es el caso del Cloruro de Sodio y el óxido de calcio.

# CAPITULO I



## **I. MARCO TEORICO**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA**

La presencia de suelos expansivos genera problemas por ser inestables en obras de infraestructura y en proyectos de urbanización en diversas regiones del mundo como América, Asia, África, siendo la mayoría de las veces estos problemas generados por el desconocimiento de la existencia de este tipo de suelos. En Estados Unidos, calculan que las pérdidas económicas producidas eran mayores a las generadas por otros desastres naturales. Calcula entre 6000 y 11000 millones de dólares las pérdidas anuales en dicho país, mientras que para Rusia pérdidas anuales de 3000 a 5000 millones de dólares (Musso, Rostan, & Behak, 2003).

En el Perú se ha determinado la existencia de arcillas expansivas, cuyos cambios de volumen, vienen provocando una serie de problemas en las estructuras. En la sierra norte se ha fijado una zona de características geológicas y climáticas que hacen

posible la existencia de suelos expansivos en lugares específicos (Rojas Foinquinos & Alva Hurtado, 2005).

El funcionamiento a largo plazo de cualquier proyecto de construcción depende de la calidad de los suelos subyacentes. Los suelos inestables pueden crear problemas significativos en las estructuras y pavimentos, por tal motivo desde hace algunas décadas se ha tratado de realizar el mejoramiento de estos suelos empleando diversas técnicas de estabilización, utilizando diversos materiales, como cales, cementos, aditivos, emulsiones, enzimas para intensificar sus propiedades físicas y mecánicas.

Es por esta razón el presente trabajo se enfoca a evaluar los efectos del óxido de calcio (cal) y cloruro de sodio como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso.

Al agregar cloruro de sodio al suelo o comúnmente llamado sal de mesa, se incrementa la densidad seca máxima y se reduce la humedad óptima, se obtienen resultados favorables para los porcentajes de CBR, por lo que lo hace un estabilizante adecuado y de bajo costo.

Por otro lado los suelos arcillosos presentes en una subrasante crean problemas debido a su elevada plasticidad, reducida

capacidad de soporte e inestabilidad de volumen en función de la humedad, por ello se evaluara el efecto del óxido de calcio (cal) como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso para el mejoramiento de sus propiedades físicas y mecánicas mediante procedimientos normados.

### **1.1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **2.1.1.2.Problema General**

¿Cuál es la influencia del aditivo oxido de calcio en comparación al cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante en suelos arcillosos – Huánuco 2019?

#### **2.1.1.3.Problema Específicos**

- ¿Cuál será el comportamiento físico y mecánico del suelo estabilizado con cloruro de sodio y oxido de calcio de la subrasante en suelos arcillosos?
- ¿Cuál será la dosificación óptima al 4%, 6% o al 8% de óxido de calcio como estabilizante de la subrasante en suelos arcillosos?
- ¿Cuál será la dosificación óptima al 4%, 6% o al 8% de cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante en suelos arcillosos?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

Determinar la influencia del aditivo oxido de calcio en comparación al cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante en suelos arcillosos – Huánuco 2019.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Analizar el comportamiento físico y mecánico del suelo estabilizado con cloruro de sodio y oxido de calcio de la subrasante en suelos arcillosos.
- Determinar la dosificación óptima al 4%, 6% o al 8% de óxido de calcio como estabilizante de la subrasante en suelos arcillosos.
- Determinar la dosificación óptima al 4%, 6% o al 8% de cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante en suelos arcillosos.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

El tipo de suelo de algunos sectores de la región de Huánuco no es apto para usarse como capa subrasante en la construcción de la estructura de pavimentos ya que es arcillosa y el suelo donde se va a asentar la estructura debe ser estabilizado para que cumpla las propiedades físicas y mecánicas necesarias para brindar estabilidad a las estructuras durante su vida útil.

La estabilización con óxido de calcio es uno de los métodos químicos más usados para suelos arcillosos, reduce el límite de consistencia lo que mejora el comportamiento plástico del suelo estabilizado y aumenta la resistencia del suelo, por otro lado la estabilización con cloruro de sodio reduce la evaporación del agua, incrementando en la tensión superficial y mejorando la cohesión y esto logra aumentar la capacidad de portante del suelo, produciendo menores deformaciones y disminuyendo la permeabilidad del suelo.

El presente estudio se basará en la comparación de los dos métodos de estabilización del suelo con aditivos de cloruro de sodio y óxido de calcio de la subrasante en suelos arcillosos de manera experimental y por medio de ensayos

en laboratorio y así poder determinar cuál es el más óptimo y da mejores resultados en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo.

#### **1.4. LIMITACIONES**

No contar con los recursos financieros básicos para realizar el trabajo de investigación, los costos en algunos casos resultan ser elevados, por lo tanto es una limitante para este proyecto.

Otra de las limitaciones que se tiene es que el laboratorio de la UNHEVAL no cuenta con suficientes equipos de ensayo necesarios para nuestra investigación.

#### **1.5. HIPOTESIS, VARIABLES, INDICADORES Y DEFINICIONES OPERACIONALES**

##### **1.5.1. HIPÓTESIS: GENERAL Y ESPECIFICAS**

###### **2.5.1.1. Hipótesis General**

Al menos uno de los aditivos oxido de calcio o cloruro de sodio presenta mejores propiedades estabilizantes de subrasante en suelos arcillosos – Huánuco 2019.

### **2.5.1.2. Hipótesis Específicos**

- Los aditivos cloruro de sodio y óxido de calcio mejoraran el comportamiento físico y mecánico del suelo estabilizado de la subrasante en suelos arcillosos.
- la dosificación óptima de óxido de calcio será menor o igual al 8% como estabilizante de la subrasante en suelos arcillosos.
- la dosificación óptima de cloruro de sodio será menor o igual al 8% como estabilizante de la subrasante en suelos arcillosos.

### **1.5.2. Sistemas de Variables- Dimensiones e Indicadores**

**1.5.2.1. Variable Independiente (VI):** Aditivos **estabilizantes** de óxido de calcio y cloruro de Sodio

**1.5.2.2. Variable Dependiente (VD):** Subrasante de Suelos Arcillosos

## Definición Operacional de Variables, Dimensiones e indicadores

VARIABLES	DIMENSIONES	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> X: Aditivos estabilizantes de óxido de calcio y cloruro de Sodio	PORCENTAJE DE OXIDO DE CALCIO	Compuesto químico que al ser empleado como estabilizador, puede aumentar o mantener las propiedades físicas y la estabilidad de suelo	Porcentaje 4% 6% 8%	Dosificación Porcentual del óxido de calcio respecto al peso del suelo
	PORCENTAJE DE CLORURO DE SODIO	Compuesto químico que al ser empleado como estabilizador, puede aumentar o mantener las propiedades físicas y la estabilidad de suelo	Porcentaje 4% 6% 8%	Dosificación Porcentual del cloruro de sodio respecto al peso del suelo
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Y: <u>Subrasante de Suelos Arcillosos</u>	RANGO DE HUMEDAD DONDE EL SUELO EMPIEZA A COMPORTARSE DE MANERA PLASTICA	El índice de plasticidad indica el rango de humedad en el cual el suelo posee consistencia plástica, permitiendo así, clasificar un suelo.  Mayor IP es suelo arcilloso Menor IP no es suelo arcilloso	Índice de plasticidad	% (porcentual)
	RESISTENCIA DEL SUELO	La resistencia del suelo, es la capacidad que este posee para soportar una carga, estará referido al 95% de la máxima densidad seca, a una penetración de carga de 2.54 mm	(CBR)	% (porcentual)

Tabla 1.1 - Operacionalización de variables



## **1.6. UNIVERSO/POBLACION Y MUESTRA**

### **1.6.1.DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO/POBLACIÓN**

El universo estará dado por el suelo arcilloso.

### **1.6.2.MUESTRA**

Debido a la naturaleza de la investigación (experimental), se ajusta a un método de muestreo no probabilístico, ya que los modelos a estudiar son elegidos a criterio personal.

## **1.7. REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS**

Los siguientes trabajos de investigación ampliarán el horizonte de nuestro tema de estudio y nos servirán para la formulación de la hipótesis.

### **1.7.1.Antecedentes Internacionales**

- Roldán (2010) en su tesis “Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases” desarrollada en la ciudad de Guatemala concluye que el porcentaje de compactación para los materiales arena limosa y arena caliza tienen un aumento con la adiciones de NaCl en porcentajes no mayores al 2%, sin embargo el porcentaje de CBR no se comporta de la misma manera. Para el material arena limosa el porcentaje de CBR

disminuye, mientras que para el material arena caliza el porcentaje de CBR aumenta para la probeta compactada a 65 golpes.

El tiempo en el que la humedad se evapora en suelos con cloruro de sodio, es significativamente mayor en comparación al tiempo de evaporación de humedad en suelos sin NaCl.

- Solano Rico & Niño Carreño (2010) en su tesis titulada "Evaluación de la estabilización de arcillas expansivas en laboratorio implementando pilotines con cal y sal" desarrollada en la ciudad de Santander concluyó que entre los aditivos utilizados cal y sal, se encontró resultados más óptimos con la cal, obteniéndose una disminución significativa en los límites de Attemberg y en su potencial de expansión; con la sal también se pudo conseguir disminución pero menos considerable.

- Quinche et all (2011) en su artículo científico "Estabilización de suelos para uso en vías terrestres" desarrollado en la ciudad de Loja después de evaluar el comportamiento de un suelo arcillo mediante la adición de cloruro de sodio y cal concluye que las características de

compactación para cada uno de los suelos es similar, debido a que existe un incremento en la densidad seca máxima y una variación en la disminución del contenido óptimo de humedad, en lo referente al ensayo CBR, en porcentajes de 2% y 5 % de cloruro de sodio existe variación de la capacidad portante y en los porcentajes de 10% y 20% de cloruro de sodio la capacidad portante aumenta de 2.1 del suelo natural a 3.0 y 3.7 de la capacidad portante.

### **1.7.2. Antecedentes Nacionales**

- Según Gutiérrez (2010) en su tesis titulada “Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas de cloruro de magnesio (bischofita) frente a cloruro de calcio”, menciona que al final el estudio se comprobó el aumento de la máxima densidad seca conforme se le iba aumentando el porcentaje de aditivo (3%, 4% y 5%) además menciona que no se pudo comprobar el aumento significativo del CBR. en el ensayo de Laboratorio puesto que la inmersión de 48 horas no dejaba actuar al Cloruro de Magnesio.

- Palomino (2016) en su tesis titulada "Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice California bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca 2016.

El objetivo principal de esta tesis fue evaluar la influencia de la adición de cloruro de sodio en 4%, 8% y 12% en el índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso, se llegó a la conclusión:

La adición de cloruro de sodio en 4%, 8% y 12 % en el índice California Bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso obteniendo los siguientes resultados para un CBR al 0.1": con la muestra patrón el CBR de 4.43%, adicionando 4% de cloruro de sodio un CBR de 4.50%, adicionando 8% de cloruro de sodio el CBR de 4.70%, adicionando 12% de cloruro de sodio el CBR de 4.85%; para el CBR al 0.2", con la muestra patrón el CBR de 4.85%, adicionando 4% de cloruro de sodio el CBR de 5.01%, adicionando 8% de cloruro de sodio el CBR de 5.21%, adicionando 12% de cloruro de sodio el CBR de 4.32% confirmando la hipótesis planteada puesto que la adición del cloruro de sodio en porcentajes de 4%, 8% y 12% incrementa el valor del CBR hasta en un 10% en comparación a la muestra patrón.

- Jaraanyaypoma (2014), en su tesis titulada "EFECTO DE LA CAL COMO ESTABILIZANTE DE UNA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO" se trabajó con diferentes porcentajes de cal, 0%, 2%, 4% y 6%, en peso de la muestra de suelo arcilloso a evaluar, tomando estos porcentajes de cal según norma ASTM 6276 y ejecutando los ensayos de acuerdo a procedimientos normados. Los resultados obtenidos de ésta evaluación de estabilización son variaciones muy grandes, en el índice de plasticidad bajo a un valor de 9.23 con la adición de cal al 6% siendo el Índice de plasticidad inicial de 36.87 con la adición de cal al 0%, y una variación considerable en el CBR (capacidad de soporte), logrando alcanzar un valor de 11.48% al adicionarle cal al 4% siendo el CBR con cal al 0% de 2.55. Evaluando los resultados obtenidos, con los diferentes porcentajes de cal, para el tipo de suelo A-7-5(29), se tiene mejores resultados con la adición de 4% de cal con la cual se obtiene el máximo CBR al 95% que es de 11.48%.

## **1.8. CONCEPTOS FUNDAMENTALES**

### **1.8.1. Suelos**

Para propósitos de ingeniería, el suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas sólidas. El suelo se utiliza como material de construcción en diversos proyectos de ingeniería civil y con cimientos estructurales. Por lo tanto, los ingenieros civiles deben estudiar las propiedades del suelo, tales como el origen, la distribución de tamaño de grano, la capacidad de drenar el agua, compresión, resistencia al corte y la capacidad de soporte de carga. (Braja M. Das, 2013)

Su origen es producido por mecanismos que atacan el suelo, los cuales son: La desintegración mecánica y la descomposición química.

La desintegración mecánica es la intemperización de la roca mediante agentes físicos.

La descomposición química son agentes que atacan a las rocas modificando su composición química.

### 1.8.1.1. Tipos De Suelos

La diferencia en cada tipo de suelos, radica principalmente en la naturaleza de la roca madre y el tamaño de las partículas que la componen.

- Suelos granulares: Constituido por partículas agregadas, las cuales no poseen cohesión, debido a su gran tamaño. Sus propiedades más importantes es la alta capacidad portante, su permeabilidad elevada, lo cual facilita una evacuación rápida del agua ante la existencia de cargas externas.
- Gravas: Constituido por materiales procedentes de rocas fragmentadas por agentes atmosféricos, con diámetro de partículas mayores a 2 mm., según el sistema unificado SUCCS. Suele encontrarse en las riberas de los ríos, sufriendo así un desgaste en sus aristas, de tal manera adquieren una forma redondeada.
- Arenas: Es la denominación que toman los materiales de granos finos, los cuales proceden de la desintegración de rocas o de su trituración artificial, el tamaño de sus partículas varía entre 2mm. a 0.05

mm. Para la norma AASTHO, y entre 4.75 mm. a 0.075 mm. de diámetro de acuerdo al sistema unificado SUCS, este material suele encontrarse en el mismo depósito donde se encuentran las gravas.

- Suelos cohesivos: El tamaño más fino de sus partículas que la componen, inferiores a 0.08 mm, de acuerdo con el sistema unificado SUCCS.

- Limos: Constituido por suelos de granos finos con escasa o nula plasticidad y son el limo inorgánico producido en canteras y el limo orgánico como el que se encuentra en los ríos, el cual posee características plásticas, poseen una baja permeabilidad y alta compresibilidad.

- Arcillas: Reciben este nombre, las partículas sólidas que tienen un diámetro menor a 0.002 mm según la norma AASTHO. Este tipo de suelos posee la propiedad de tornarse plástica al mezclarla con agua.



### 1.8.2. Propiedades Del Suelo

Las propiedades de los suelos que constituyen la subrasante, son las variables más importantes a considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento (rígido, flexible, afirmado). Para determinar las características tanto físicas como mecánicas del material de subrasante, es necesario tomar muestras en todo el desarrollo de la vía (calicatas) m., posteriormente en el laboratorio se determinarán sus propiedades.

#### 1.8.2.1. Humedad natural:

La humedad natural es una de las propiedades físicas del suelo de gran utilidad en la construcción de una carretera, ya que la resistencia de los suelos de subrasante, especialmente los finos, se encuentran asociadas directamente con las condiciones de humedad y densidad que presenten estos suelos. La humedad natural es una relación gravimétrica definida como la relación existente entre el peso del agua y el peso seco del suelo, expresada como porcentaje.

$$(\%) = W_w \times 100 / W_s$$

### **1.8.2.2. Granulometría:**

Es el porcentaje en peso de partículas de distinto tamaño que contiene un suelo. Desde un punto de vista técnico para su empleo en caminos, es importante que un suelo esté bien graduado para cuando se realice la compactación de los terrenos (terraplenado), las partículas más finas rellenen los huecos que dejan las de mayor tamaño, alcanzando así una mejor estabilidad y capacidad portante. (Mohedas & Moreno, 2014).

### **1.8.2.3. Estado de consistencia:**

El comportamiento de un suelo se ve influenciado en gran medida por la existencia de agua. Este hecho resalta cuanto menor es el tamaño de las partículas que constituyen dicho suelo, siendo principalmente relevante en aquellos donde predomine el componente arcilloso, dado que en este tipo de suelos los fenómenos de interacción superficial se imponen a los de tipo gravitatorio.

Los estados de consistencia son:

- Líquido
- Plástico

- Semisólido
- Sólido

#### **1.8.2.4. Los límites de Atterberg:**

Es un procedimiento de ensayo utilizado para determinar el comportamiento de los suelos finos. Los límites se basan en la concepción de que en un suelo de grano fino solo pueden existir cuatro estados de consistencia de acuerdo a su contenido de humedad. El contenido de humedad existente en los puntos de transición de un estado al otro son llamados Límites de Atterberg.

- Límite Líquido (LL): Es el límite en el cual un suelo pasa de un estado líquido a uno plástico. Se determina en laboratorio mediante la copa de Casagrande.
- Límite Plástico (LP): Es el límite en el cual un suelo pasa de un estado plástico a uno semisólido y puede quebrarse.
- Índice de plasticidad (IP): La diferencia entre ambos límites se denomina índice de plasticidad, y da una idea del grado de plasticidad que presenta el suelo.

Un suelo muy plástico tendrá un alto índice de plasticidad.

$$IP = LL - LP$$

#### **1.8.2.5. Compacidad del Suelo**

La Compacidad de un suelo es el grado de compactación de los suelos. La compacidad de un suelo es una propiedad importante en carreteras, terraplenes y todo tipo de relleno en general, al estar directamente relacionada con la resistencia, deformabilidad y estabilidad de un firme, ya que debe estar lo suficientemente consolidado para evitar asentamientos.

#### **1.8.2.6. Resistencia al Suelo**

El comportamiento mecánico del suelo, sin dudar es el factor más importante, de hecho, las propiedades y ensayos antes mencionados, van encaminados a conseguir la mayor estabilidad mecánica posible, de modo que las tensiones se transmitan uniformemente y progresivamente, y no se produzcan asientos excesivos. Para caracterizar mecánicamente el suelo, se utilizan diferentes procedimientos de ensayo, así el más empleado en obras de carretera es la capacidad portante.

- Capacidad Portante: Se define como la carga que éste es capaz de resistir sin que se originen asientos desmedidos. El indicador más usado en carreteras para establecer la capacidad portante de un suelo es el índice CBR (California Bearing Ratio), usado por primera vez en el estado de California. La determinación de este parámetro se efectúa en laboratorio, por medio del ensayo normalizado MTC E 132. Una vez clasificado los suelos por el sistema SUCS y AASTHO, para la carretera, se procederá a realizar un perfil estratigráfico para cada tramo en estudio, desde el cual se logrará precisar el plan de ensayos para la determinación del CBR, que estará referido al 95% de la Máxima Densidad Seca y a una penetración de carga de 2.54 mm. Luego de obtener el valor de CBR de diseño, se clasificará la categoría de subrasante a la que corresponde el sector o tramo.

### **1.8.3. Estabilización De Suelos**

Se define básicamente como la mejora de las propiedades físicas de un suelo mediante procesos y/o métodos mecánicos o la adición de productos químicos, naturales o sintéticos. Suele realizarse en los suelos con subrasante pobre o inadecuado. El Objetivo principal de la estabilización de un suelo, es elevar la resistencia mecánica consiguiendo que las partículas trabajen de una manera más efectiva y asegurando que las condiciones de humedad en las que el suelo trabaja, se modifiquen dentro de unos rangos reducidos, alcanzando una estabilidad adecuada ante las cargas y una escasa variación volumétrica.

Además, se origina un incremento en la durabilidad de dicha capa.

#### **1.8.3.1. Métodos de estabilización de suelos**

- **Métodos Físicos:** Este método utiliza la mezcla o combinación de material de suelo existente con material de préstamo, produciendo cambios físicos en el mismo. La combinación de suelos requiere realizar una serie de ensayos, con la finalidad de

evaluar las características de cada uno de los tipos de suelo que se desean mezclar. Este método requiere la extracción de gran cantidad de material de la superficie y no resulta práctico para el mejoramiento mecánico de depósitos de gran profundidad.

- **Métodos Mecánicos:** La compactación de suelos es un proceso mecánico con el que se busca la mejora de las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo - deformación del suelo. En este proceso artificial, las partículas que componen el suelo son forzadas a estar más unidas unas a otras, por medio de la reducción del índice de vacíos, empleando recursos mecánicos.
- **Métodos Químicos:** La estabilización química está referida al cambio o modificación de las propiedades del suelo conseguido a través de la adición de sustancias químicas especiales, asimismo cementantes orgánicos o inorgánicos. Este método está basado en la aplicación de un producto químico, llamado también estabilizador químico, el que debe

ser mezclado íntima y homogéneamente con el suelo a tratar y curar, considerando las especificaciones técnicas propias del producto. El objetivo que persigue la aplicación de un estabilizador químico es de conferir al suelo tratado, en determinado espesor, ciertas propiedades destinadas a la mejora de sus propiedades de comportamiento en el período de construcción y/o de servicio.

Las principales sustancias químicas usadas como agentes estabilizadores son:

- Cal.
- Cemento Portland.
- Productos asfálticos.
- Cloruro de sodio
- Cloruro de calcio.
- Escorias de fundición.
- Polímeros.



### **1.8.3.2. Estabilización Química Con Óxido De Calcio**

El óxido de calcio, llamado también cal viva, es un producto sólido, de color blanco, amorfo aparentemente, con un peso específico entre 3.18 y 3.40 gr/cm<sup>3</sup>.

Es inestable, por tener gran avidez de agua, con la cual reacciona de la siguiente manera:



El propósito de estabilizar suelos es alterar sus propiedades físicas, incrementando su resistencia y su durabilidad con el fin de obtener un material de fundación satisfactorio. (Fonseca, 1998). El uso de la Cal en la estabilización de suelo sigue un propósito, el cual se basa en mejorar las características naturales del suelo, de forma que al aplicarlo se logre un incremento de su capacidad para resistir los efectos ocasionados por el tránsito vehicular y los cambios volumétricos en distintas condiciones de clima.

### **1.8.3.3. Estabilización Química Con Cloruro de Sodio**

El cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) se presenta en forma de cristales fácilmente solubles en agua, los cuales son higroscópicos y fáciles de conseguir.

La sal es un estabilizante natural de suelos arcillosos, cuya propiedad fundamental al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que la rodean, para reducir el punto de evaporación y mejorar la cohesión del suelo.

Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el sodio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, se produce una acción cementante.

Es de suma importancia tener conocimiento de la reacción íntima entre la sal y el suelo, así como la permanencia a través del tiempo de la estabilización lograda y los efectos colaterales que causaría, en algunos elementos de la estructura del camino.

La adición de cloruro de sodio en una arcilla produce decremento en la contracción volumétrica, la formación de costra superficial y la reducción de la variación en la humedad; además, mantienen unidas las partículas no arcillosas y que se encuentran en la superficie, se desprenden con menor facilidad cuando sufren los ataques abrasivos del tránsito.

### 1.9. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

- **Aditivos:** “Los aditivos para concreto son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones”. (Acebo & Correa, 2009, p.15).
- **Aglomerante o conglomerante:** “Materiales que, en estado pastoso y con consistencia variable, tienen la propiedad de poderse moldear, de adherirse fácilmente a otros materiales, de unirlos entre sí, protegerlos, endurecerse y alcanzar resistencias mecánicas

considerables". (Bonifacio,W. & Sánchez, J. 2015, p.70).

- **Agregados:** "Es el conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas en la NTP 400.011. Los agregados son la parte inerte del concreto empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico". (Choque, H., 2014).
- **Arcillas:** Roca sedimentaria con tamaño de grano aproximadamente inferior a las 4 micras. Sus principales constituyentes son minerales arcillosos (silicatos aluminicos hidratados).
- **ASTM:** American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
- **AASHTO:** La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes, es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos.
- **C.B.R:** (California Bearing Ratio), consiste en medir la resistencia al punzonamiento de un suelo sobre las

probetas confeccionadas por el procedimiento del ensayo proctor y comparar los valores obtenidos con un valor de referencia patrón. (Hueso, H. & Orellana, A., 2009)

- **Durabilidad:** "Habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, la abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzca deterioro del concreto". (Bonifacio,W. & Sánchez, J. 2015, p.71).
- **Ensayo:** "Prueba que se hace para determinar si una cosa funciona o resulta como se desea". (Bonifacio,W. & Sánchez, J. 2015, p.71).
- **Estabilización:** Es el proceso con el que se pretende hacer más estable a un suelo; mejorando y cambiando las propiedades del suelo. (Hueso, H. & Orellana, A., 2009)
- **Hidratación:** "Reacción físico - química que se produce al mezclar una sustancia con el agua, dando lugar a nuevas sustancias y compuestos". (Bonifacio,W. & Sánchez, J. 2015, p.71).

- **Laboratorio:** “Organismo auxiliar del Supervisor, contratado por la Dependencia, que se encargará de verificar, analizar y calificar, durante todo el proceso de la obra, la calidad y el comportamiento de los materiales, naturales o procesados, que se empleen para dicha obra”. (Bonifacio,W. & Sánchez, J. 2015, p.71).
- **NTP:** Norma Técnica Peruana
- **Resistencia:** “Capacidad de un material de presentar oposición, en mayor o menor grado, frente a las fuerzas aplicadas sobre el mismo, sin sufrir deformaciones o rotura”. (Bonifacio,W. & Sánchez, J. 2015, p.71).
- **SUCS:** Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
- **Suelo Estabilizado:** Son suelos pobres o inadecuados de baja estabilidad a los cuales es necesario adicionales un estabilizador como cal, cemento o un aditivo químico o iónico. (Hueso, H. & Orellana, A., 2009)

## 1.10. Matriz de Consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	MEDICION
¿Cuál es la influencia del aditivo oxido de calcio en comparación al cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante en suelos arcillosos – Huánuco 2019?	Determinar la influencia del aditivo oxido de calcio en comparación al cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante en suelos arcillosos, Huánuco 2019.	El aditivo oxido de calcio es mejor estabilizante que el cloruro de sodio para la subrasante en suelos arcillosos, Huánuco 2019.	VARIABLE INDEPENDIENTE	PORCENTAJE DE OXIDO DE CALCIO	4% 6% 8%	Resultado de laboratorio	Dosificación Porcentual del óxido de calcio respecto al peso del suelo
			Aditivos estabilizantes de óxido de calcio y cloruro de Sodio	PORCENTAJE DE CLORURO DE SODIO	4% 6% 8%	Resultado de laboratorio	Dosificación Porcentual del óxido de calcio respecto al peso del suelo
PROBLEMAS ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICA	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	MEDICION
¿Cuál será el comportamiento físico y mecánico del suelo estabilizado con cloruro de sodio y oxido de calcio de la subrasante en suelos arcillosos?	Analizar el comportamiento físico y mecánico del suelo estabilizado con cloruro de sodio y oxido de calcio de la subrasante en suelos arcillosos.	Al utilizar los aditivos cloruro de sodio y oxido de calcio se mejorara el comportamiento físico y mecánico del suelo estabilizado de la subrasante en suelos arcillosos.	VARIABLE DEPENDIENTE	RANGO DE HUMEDAD DONDE EL SUELO EMPIEZA A COMPORTARSE DE MANERA PLASTICA	Índice de plasticidad	Ensayos en el laboratorio	% (porcentual)
			Subrasante de suelos arcillosos	RESISTENCIA DEL SUELO	California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR)	Ensayos en el laboratorio	% (porcentual)

**Tabla 1.2 – Matriz de Consistencia**

# CAPITULO II



## II. MARCO METODOLOGICO

### 2.1. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es aplicada experimental porque se manipulara intencionalmente la variable independiente y se medirá el efecto de los dos tipos de aditivos químicos estabilizantes de la subrasante en el suelo arcilloso; además en el control de la situación experimental en el momento de la adicción de los aditivos químicos estabilizantes que son el cloruro de sodio y el óxido de calcio.

Además la investigación es transversal porque se realizará en un solo tiempo

### 2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación que se propone corresponde al diseño tipo experimental con posprueba únicamente y grupo de control.

Ge: Oe1  $\Rightarrow$  X1  $\Rightarrow$  M1

Oe2  $\Rightarrow$  X2  $\Rightarrow$  M2

Gc: Oc1  $\Rightarrow$  - X<sub>1-2</sub>  $\Rightarrow$  M3

O: Unidad de análisis (suelo arcilloso)

$X_1$ : Estimulo (aditivo cloruro de sodio)

$X_2$ : Estimulo (aditivo oxido de calcio o cal)

-  $X_1$   $y_2$ : Ausencia de ambos estímulos

M: Medición de la variable

## **2.3. FUENTES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

### **2.3.1. Fuentes Primarias**

Datos recopilados serán de los resultados determinados en el laboratorio de suelos y pavimentos de la Unheval mediante los siguientes ensayos.

#### **Contenido De Humedad**

NTP 339.127 (ASTM D 2216)

#### **Análisis Granulométrico**

NTP 339.128 (ASTM D 422)

#### **Límites De Atterberg**

NTP 339.129 (ASTM D 4318)

#### **Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos)**

NTP 339.134 (ASTM D 2487)

**Ensayo De Compactación Proctor Modificado**

NTP 339.141 (ASTM D 1557)

**Ensayo De Cbr (California Bearing Ratio)**

NTP 339.145 (ASTM D 1883)

**2.3.2. Fuentes Secundarias**

Datos recopilados de las diferentes fuentes de información, así como: libros, revistas, manuales, tesis, blogs, normas, material electrónico.

FUENTES	TECNICAS	INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS
fisicas y electronicas	<ol style="list-style-type: none"> <li>Se utilizara la tecnica de recoleccion</li> <li>la observacion</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>equipo para medir el CBR del suelo</li> <li>cámara fotográfica, utiles de oficina.</li> <li>memorias portátiles de almacenamiento, laptop.</li> </ol>

Tabla 2.1 – fuentes secundarias

## **2.4. PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS.**

Los datos obtenidos se procesarán de las siguientes maneras:

El procesamiento de los datos se realizará con las hojas de cálculo del programa Microsoft Excel, para ser presentados de actividades

## **2.5. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS**

En la presente tesis se logró conocer la influencia de la adición de cloruro de sodio y el óxido de calcio en la California Bearing Ratio (CBR), después de ser estabilizado con diferentes porcentajes de cloruro de sodio 4%, 6%, 8% y oxido de calcio 4%, 6%, 8% a finalizar se obtuvo características químicas más favorables para uso en la ingeniería. En el mes de Agosto del 2019 se buscó un suelo arcilloso, ubicada en el centro poblado de Tambillo - Umari, el material fue trasladado hasta la ciudad de Huánuco a las instalaciones de la Universidad Hermilio Valdizán, lugar donde fue estudiado en el respectivo laboratorio de la universidad,

para obtener sus características y poder clasificarlo mediante SUCS.

Después de haber clasificado el suelo como una arena arcillosa (SC) a través de los ensayos de contenido de humedad, granulometría por lavado y los Límites de Atterberg, este último ensayo se realizó para las distintas dosificaciones 4%, 6% y 8% de cloruro de sodio y 4%, 6% y 8% de óxido calcio. Seguidamente se procedió a realizar los ensayos de Proctor Modificado tanto para la muestra patrón así como para la dosificación antes mencionadas de cloruro de sodio y óxido de calcio obteniéndose el óptimo contenido de humedad para cada una de las muestras.

Con los contenidos óptimos de humedad se procedió a realizar el ensayo California Bearing Ratio (CBR) tanto de la muestra patrón como también para las dosificación de cloruro de sodio y óxido de calcio mencionadas anteriormente, para analizar la influencia de esta adición de los aditivos en la California Bearing Ratio (CBR) del suelo arcilloso.

### **2.5.1. Extracción de la muestra**

La visita se realizó el día 13 de agosto del 2019 para la extracción de la muestra esta realizó de manera manual del suelo natural de la zona, lo cual nos sirvió para realizar la presente tesis. Ensayo de contenido de humedad

El ensayo de contenido de Humedad de la muestra, ésta se siguió de acuerdo al procedimiento establecido en la norma NTP 339.127(ASTM D 2216) en este ensayo solo se aplicó a la muestra patrón. A continuación se describe el procedimiento realizado para el presente ensayo.

#### **2.5.1.1. Material Utilizado**

Muestra inalterada extraída del estrato en estudio.

#### **2.5.1.2. Equipo y herramientas**

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Horno de secado.
- Recipientes.
- Utensilios para manipulación de recipientes.
- Otros utensilios.

#### **2.5.1.3. Procedimiento**

- Se determinó y registró la masa de un contenedor limpio y seco.

- Se escogió especímenes de ensayo representativos.
- Se colocó el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor.
- Seguidamente se determinó el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Se registró este valor.
- Se colocó el contenedor con material húmedo en el horno. Se secó el material hasta alcanzar una masa constante manteniendo el secado en el horno a  $110 \pm 5$  °C.
- Luego que el material se secó a peso constante, se removió el contenedor del horno. Se permitió el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección. Se determinó el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza. Se registró este valor.

## 2.5.2. Ensayo de análisis granulométrico

El presente ensayo se realizó solo para la muestra patrón siguiendo el procedimiento establecido en la norma NTP 339.128 (ASTM D 422) el cual consiste en el análisis granulométrico por lavado. El procedimiento realizado se describe a continuación.

### 2.5.2.1. Equipos y herramientas

- Balanza digital de precisión 0.1 gr.
- Horno eléctrico de temperatura hasta  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Juego de tamices: 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N° 10, N° 16, N° 20, N° 30, N° 40, N° 50, N° 60, N° 100, N° 200, tapa y fondo de acuerdo a la norma.
- Bandejas metálicas.
- Cuarteador mecánico.
- Lona para cuarteo en campo.
- Equipo complementario: Cucharón, brocha, pico, palana, escobillas de fierro, recipientes vacíos, sacos de polietileno.



### 2.5.2.2. Procedimiento

- Se tomó la cantidad de la muestra más representativa en campo de acuerdo a la Norma ASTM D75.
- Posteriormente se colocó la muestra dentro de los sacos de polietileno para su traslado a laboratorio.
- Ya en laboratorio se pesó la muestra con su humedad natural con una precisión de 0.1 gr.
- Se colocó a secar la muestra en el horno a una temperatura de  $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 horas hasta que la muestra tenga un peso constante.
- Se retiró la muestra y la dejé enfriar al ambiente.
- Se procedió posteriormente a pesar la muestra seca con una precisión de 0.1gr.
- Se lavó la muestra ejerciendo presión suave con los dedos y utilizando escobilla de fierro para liberar las partículas arcillosas adheridas a las partículas más gruesas.
- Toda el agua provino del lavado colocado en la malla N° 200.
- Se continuó con el lavado hasta que el agua sea transparente.

- Posteriormente se ubicó a secar la muestra lavada en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm$  hasta que la muestra tenga un peso constante, incluyendo todas las partículas retenidas a la malla N °200.
- Se retiró la muestra y se dejó enfriar al ambiente.
- Se procedió pesar la muestra seca con una precisión de 0.1 gr.
- Se colocó el juego de tamices desde el tamaño máximo del agregado hasta el tamiz N° 4 en orden descendente, añadiendo la tapa y fondo. Se tamizó la muestra seca.
- Luego se pesó las partículas retenidas en cada tamiz con una precisión de 0.1gr.
- Se colocó el juego desde el tamiz N° 8 hasta el tamiz N° 200 en orden descendente, colocando la tapa y fondo.
- Posteriormente se tamizó las partículas retenidas en el plato pasante el Tamiz N° 4 del tamizado anterior.
- Luego se pesó las partículas retenidas en cada tamiz con una precisión de 0.1gr.

- Se registró y procesó los datos con un precisión de 0.1%.

### **2.5.3. Método De Incorporación De NaCl En El Suelo**

El método para la incorporación de NaCl en el suelo que se utilizó fue la salmuera, que consiste en mezclar en función del peso los porcentajes 4%, 6% y 8% de NaCl con agua a la muestra para posteriormente desarrollar los ensayos previstos.

Para realizar este método de incorporación se tomó en cuenta el peso del suelo en cada ensayo, así como el porcentaje de NaCl que se incorporó. Este porcentaje dependió del peso de la muestra del suelo utilizado en cada ensayo establecido.

### **2.5.4. Método De Incorporación De Óxido De Calcio En El Suelo**

El método para la incorporación de óxido de calcio en el suelo que se utilizó, fue la mezcla de cal con agua, consiste en mezclar en función del peso los porcentajes 4%, 6% y 8% de óxido de calcio a la muestra para posteriormente desarrollar los ensayos previstos.

Para realizar este método de incorporación se tomó en cuenta el peso del suelo en cada ensayo, así como el porcentaje de NaCl que se incorporó. Este porcentaje dependió del peso de la muestra del suelo utilizado en cada ensayo establecido.

### **2.5.5. Ensayo de límites de Atterberg.**

Ensayo que se realizó tanto para la muestra patrón como para las dosificaciones de 4%, 6% y 8% de NaCl y óxido de calcio en estudio, los procedimientos se realizaron de acuerdo a la norma NTP 339.129 (ASTM D 4318), el procedimiento realizado se describe a continuación.

#### **2.5.5.1. Equipos y herramientas**

- Balanza digital de precisión 0.01 gr.
- Horno eléctrico de temperatura hasta  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Tamiz N°40
- Para Límite líquido: Copa de Casagrande, ranuradores, espátula.
- Para Límite Plástico: Vidrio esmerilado, espátula.
- Cápsulas de aluminio y porcelana.

## 2.5.5.2. Procedimiento

### 2.5.5.2.1. Límite líquido

- El material obtenido se secó a una temperatura no mayor a 60 °C o secado a temperatura ambiente según la norma ASTM 4318 Sección 10.2.1.
- Cuando la mayor parte estaba seca se procedió a tamizar por la malla N° 40 y se obtuvo 200 gr para el ensayo.
- El material se saturó con agua potable en una cápsula de porcelana.
- Luego se procedió al batido de material (mezclado) por un periodo de 15 minutos.
- Se verificó la calibración de la copa de Casagrande (altura de caída libre de la cazuela), que esté de acuerdo a norma (1cm).
- Terminado el mezclado se procedió al ensayo del límite líquido: se colocó la pasta en la cuchara de la Copa de Casagrande, se mezcló la muestra y se pulió utilizando la espátula. Se pasó el ranurador dividiendo la pasta en dos mitades iguales.

- Se dejó caer la cuchara desde una altura de 1 cm a una velocidad de dos golpes por segundo hasta que se cerró a una distancia de 13 mm. Este proceso se repitió para obtener los tres valores de interpolación en el gráfico contenido de humedad vs N° de golpes.
- Se procedió a pesar la muestra húmeda ensayada con una precisión de 0.01gr.
- Luego se colocó la muestra a secar en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por el tiempo que sea necesario, hasta obtener un peso constante.
- Se Retiró la muestra del horno y se pesó el contenido de cada recipiente con una precisión de 0.01 gr.

#### **2.5.5.2.2. Límite plástico**

- Se obtuvo una muestra para límite plástico de unos 20 gramos.
- Se hizo perder un poco de humedad con las manos si es que la muestra está muy saturada.
- Cuando la muestra se notó aparentemente bien, se hizo bolitas de unos 2 gr cada una, luego se procedió al rolado con los dedos sobre el vidrio esmerilado

haciendo hilos, este rolado se realizó hasta que el diámetro del suelo rolado se rompa en pedazos en un tiempo no mayor a 2 minutos por cada bolita ensayada.

Se tomó dos muestras en cápsulas de aluminio y cada una tuvo un peso mínimo de 6 gr de suelo, según la sección 16.1 cada 16.6 de la norma.

- Se pesó la muestra húmeda con una precisión de 0.01 gr.

- Se colocó a secar la muestra en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por el tiempo que fue necesario, hasta obtener un peso constante.

- Luego se retiró las muestras del horno: Límite líquido y límite plástico y se dejó enfriar al ambiente. Se tuvo en cuenta no dejar mucho tiempo en el ambiente para evitar la absorción de la humedad giroscópica.

- Pesé las muestras secas ensayadas con una precisión de 0.01 gr.

- Registré y procesé los datos obtenidos con una precisión de 0.01%.

### **2.5.6. Ensayo de límites de Atterberg adicionando NaCl.**

Ensayo que se realizó tanto para la muestra patrón como para las dosificaciones de 4%, 6% y 8% de NaCl, los procedimientos se realizaron de acuerdo a la norma NTP 339.129 (ASTM D 4318), el procedimiento realizado se describe a continuación.

#### **2.5.6.1. Equipos y herramientas**

- Balanza digital de precisión 0.01 gr.
- Horno eléctrico de temperatura hasta  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Tamiz N°40
- Para Límite líquido: Copa de Casagrande, ranuradores, espátula.
- Para Límite Plástico: Vidrio esmerilado, espátula.
- Cápsulas de aluminio y porcelana.

#### **2.5.6.2. Procedimiento**

##### **2.5.6.2.1. Límite líquido**

- El material obtenido se secó a una temperatura no mayor a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  o secado a temperatura ambiente según la norma ASTM 4318 Sección 10.2.1.



- Cuando la mayor parte estaba seca se procedió a tamizar por la malla N° 40 y se obtuvo 200 gr para el ensayo.
- se pesó los porcentajes de NaCl al 4%, 6% y 8% para luego mezclarlo con agua, posteriormente adicionarlo al material de suelo seco.
- El material se saturó con agua potable mezclado con NaCl para los diferentes porcentajes en una cápsula de porcelana.
- Luego se procedió al batido de material (mezclado) por un periodo de 15 minutos.
- Se verificó la calibración de la copa de Casagrande (altura de caída libre de la cazuela), que esté de acuerdo a norma (1cm).
- Terminado el mezclado se procedió al ensayo del límite líquido: se colocó la pasta en la cuchara de la Copa de Casagrande, se mezcló la muestra y se pulió utilizando la espátula. Se pasó el ranurador dividiendo la pasta en dos mitades iguales.
- Se dejó caer la cuchara desde una altura de 1 cm a una velocidad de dos golpes por segundo hasta que se

cerró a una distancia de 13 mm. Este proceso se repitió para obtener los tres valores de interpolación en el gráfico contenido de humedad vs N° de golpes.

- Se procedió a pesar la muestra húmeda ensayada con una precisión de 0.01gr.

- Luego se colocó la muestra a secar en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por el tiempo que sea necesario, hasta obtener un peso constante.

- Se Retiró la muestra del horno y se pesó el contenido de cada recipiente con una precisión de 0.01 gr.

#### **2.5.6.2.2. Límite plástico**

- Se obtuvo una porción de la muestra que se usó en el límite líquido, para el límite plástico de unos 20 gramos.

- Se hizo perder un poco de humedad con las manos si es que la muestra está muy saturada.

- Cuando la muestra se notó aparentemente bien, se hizo bolitas de unos 2 gr cada una, luego se procedió al rolado con los dedos sobre el vidrio esmerilado haciendo hilos, este rolado se realizó hasta que el

diámetro del suelo rolado se rompa en pedazos en un tiempo no mayor a 2 minutos por cada bolita ensayada. Se tomó dos muestras en cápsulas de aluminio y cada una tuvo un peso mínimo de 6 gr de suelo, según la sección 16.1 cada 16.6 de la norma.

- Se pesó la muestra húmeda con una precisión de 0.01 gr.
- Se colocó a secar la muestra en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por el tiempo que fue necesario, hasta obtener un peso constante.
- Luego se retiró las muestras del horno: Límite líquido y límite plástico y se dejó enfriar al ambiente. Se tuvo en cuenta no dejar mucho tiempo en el ambiente para evitar la absorción de la humedad giroscópica.
- Pesé las muestras secas ensayadas con una precisión de 0.01 gr.
- Registré y procesé los datos obtenidos con una precisión de 0.01%.

### **2.5.7. Ensayo de límites de Atterberg adicionando Oxido de calcio.**

Ensayo que se realizó tanto para la muestra patrón como para las dosificaciones de 4%, 6% y 8% de óxido de calcio en estudio, los procedimientos se realizaron de acuerdo a la norma NTP 339.129 (ASTM D 4318), el procedimiento realizado se describe a continuación.

#### **2.5.7.1. Equipos y herramientas**

- Balanza digital de precisión 0.01 gr.
- Horno eléctrico de temperatura hasta  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Tamiz N°40
- Para Límite líquido: Copa de Casagrande, ranuradores, espátula.
- Para Límite Platico: Vidrio esmerilado, espátula.
- Cápsulas de aluminio y porcelana.

#### **2.5.7.2. Procedimiento**

##### **2.5.7.2.1. Límite líquido**

- El material obtenido se secó a una temperatura no mayor a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  o secado a temperatura ambiente según la norma ASTM 4318 Sección 10.2.1.

- Cuando la mayor parte estaba seca se procedió a tamizar por la malla N° 40 y se obtuvo 200 gr para el ensayo.
- Se pesó los porcentajes de óxido de calcio al 4%, 6% y 8% para luego mezclarlo con agua, posteriormente adicionarlo al material de suelo seco.
- El material se saturó con agua potable mezclado con oxido de calcio para los diferentes porcentajes en una cápsula de porcelana.
- Luego se procedió al batido de material (mezclado) por un periodo de 15 minutos.
- Se verificó la calibración de la copa de Casagrande (altura de caída libre de la cazuela), que esté de acuerdo a norma (1cm).
- Terminado el mezclado se procedió al ensayo del límite líquido: se colocó la pasta en la cuchara de la Copa de Casagrande, se mezcló la muestra y se pulió utilizando la espátula. Se pasó el ranurador dividiendo la pasta en dos mitades iguales.
- Se dejó caer la cuchara desde una altura de 1 cm a una velocidad de dos goles por segundo hasta que se

cerró a una distancia de 13 mm. Este proceso se repitió para obtener los tres valores de interpolación en el gráfico contenido de humedad vs N° de golpes.

- Se procedió a pesar la muestra húmeda ensayada con una precisión de 0.01gr.
- Luego se colocó la muestra a secar en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por el tiempo que sea necesario, hasta obtener un peso constante.
- Se Retiró la muestra del horno y se pesó el contenido de cada recipiente con una precisión de 0.01 gr.

#### **2.5.7.2.2. Límite plástico**

- Se obtuvo una porción de la muestra que se usó en el límite líquido, para el límite plástico de unos 20 gramos.
- Se hizo perder un poco de humedad con las manos si es que la muestra está muy saturada.
- Cuando la muestra se notó aparentemente bien, se hizo bolitas de unos 2 gr cada una, luego se procedió al rolado con los dedos sobre el vidrio esmerilado haciendo hilos, este rolado se realizó hasta que el

diámetro del suelo rolado se rompa en pedazos en un tiempo no mayor a 2 minutos por cada bolita ensayada. Se tomó dos muestras en cápsulas de aluminio y cada una tuvo un peso mínimo de 6 gr de suelo, según la sección 16.1 cada 16.6 de la norma.

- Se pesó la muestra húmeda con una precisión de 0.01 gr.
- Se colocó a secar la muestra en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por el tiempo que fue necesario, hasta obtener un peso constante.
- Luego se retiró las muestras del horno: Límite líquido y límite plástico y se dejó enfriar al ambiente. Se tuvo en cuenta no dejar mucho tiempo en el ambiente para evitar la absorción de la humedad giroscópica.
- Pesé las muestras secas ensayadas con una precisión de 0.01 gr.
- Registré y procesé los datos obtenidos con una precisión de 0.01%.

### **2.5.8. Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos)**

La clasificación de suelo solo se realizó teniendo en cuenta los resultados de los ensayos de análisis granulométrico, límite líquido y plástico. El procedimiento de clasificación de suelos de granos finos (50% o más pasa por 0,075 mm) se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.134 (ASTM D 2487) donde primero se comprobó mediante el análisis granulométrico que más del 50% pasa por 0.075 mm seguido en la cartilla de clasificación introduciéndose los datos obtenidos de índice de plasticidad versus el límite líquido logrando finalmente la clasificación de la muestra en estudio.

### **2.5.9. Ensayo de Compactación Proctor Modificado**

El ensayo de proctor modificado se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.141 (ASTM D 1557) por el Método A tanto para la muestra patrón como para las dosificaciones de 4%, 6% y 8% de cada uno de los aditivos cloruro de sodio y oxido de calcio.



A continuación se detalla el procedimiento utilizado en el presente ensayo de laboratorio.

#### **2.5.9.1. Equipos y herramientas**

- Balanza digital de 20 Kg con una precisión de 0.1 gr.
- Horno eléctrico capaz de mantener una temperatura hasta  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Molde para Proctor de 10.16 cm.
- Compactador Automático marca E.L.E.
- Pisón de operación manual de sección circular con un peso de 4.54 Kg para Proctor Modificado.
- Mallas de 3/4"y N° 4.
- Equipo complementario: Espátulas, regla metálica, bandeja probeta graduada de 1 litro, martillo de goma, badilejo, cucharon, bolsas plásticas, recipientes vacíos.

#### **2.5.9.2. Procedimiento**

- Primero se verificó el análisis granulométrico para ver cuál de los métodos es aplicable según la tabla N° 05.

- De acuerdo al método A se procedió a tamizarse por la malla correspondiente (todo lo que pasa de la malla N° 4) hasta obtener un peso húmedo aproximado de 15 kg para cada ensayo de Proctor Modificado.
- El material a ensayarse estaba por debajo del contenido óptimo de humedad así que se incrementó la cantidad de agua al material gradualmente a cada punto de 3 en 3% hasta encontrar el contenido óptimo de humedad. En ningún caso los incrementos fueron mayores al 4% según la Sección 10.2.1 de la norma ASTM D698.
- Luego se colocó se procedió a ensayar los especímenes para el Proctor Modificado en cinco porciones de 3 kg cada una y con porcentajes diferentes de humedad.
- Se colocó el molde seleccionado sobre la base rígida horizontal nivelada y se procedió a ensayar con el compactador automático.
- Se retiró el pisón del molde y se colocó una nueva capa, se compacto de la misma manera como se indicó anteriormente, continuando de este modo hasta completar las cinco capas requeridas.

- Se retiró el collarín del molde los posibles vacíos que se formaron en la superficie de enrasamiento pueden ser rellenos con material fino.
- Luego se retiró el material suelto de los bordes del molde y se pesó el espécimen con una precisión de 1 gr.
- Se obtuvo la densidad húmeda con una precisión de 0.001 gr/cm<sup>3</sup>.
- Se removió, mezcló y homogenizó el material compactado que se encontró dentro del molde para obtener el contenido de humedad.
- Seguidamente se pesó el material húmedo para determinar el contenido de humedad con una precisión de 0.1 gr. Se colocó el material a secar en el horno a una temperatura de 110 °C ± 5 °C hasta obtener un peso constante por 24 horas.
- Luego se retiró el material del horno y se dejó enfriar en el ambiente por el espacio de 20 minutos aproximadamente.
- Seguidamente se pesó la muestra seca con una precisión de 0.1 gr.

- Se repitió los pasos para los 6 especímenes más, se registró y procesó los datos.

### **2.5.10. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)**

En ensayo de CBR se desarrolló de acuerdo a la norma NTP 339.145 (ASTM D1883), para suelos cohesivos a estos suelos les afecta la humedad de compactación y la densidad obtenida, por lo que se las ensayó cada muestra después de colocarlas en agua durante 4 días se realizó tanto a la muestra patrón como también a la muestra con las dosificaciones de 4%, 6% y 8% de cloruro de sodio y oxido de calcio. Este ensayo se desarrolló en tres partes las cuales se mencionan a continuación:

#### **2.5.10.1. Equipos y herramientas**

- Equipo CBR (3 moldes cilíndricos con placa de base y collar de extensión, 3 discos espaciadores, 3 placas de expansión, 3 sobrecargas cada una de 4.5 kg de peso y 3 trípodes
- Pisón Proctor modificado de 4.54 kg.
- Balanza con precisión de 1 gr.
- 3 diales de expansión.
- Estufa con control de temperatura.

- Probeta de 1000 ml.
- Recipiente de 6 Kg de capacidad.
- Espátula.
- Taras idénticas.

#### **2.5.10.2. Procedimiento**

Este procedimiento consta de 3 fases:

##### **2.5.10.2.1. Ensayo de compactación CBR (determinación de la densidad y húmeda del suelo).**

- Se preparó la muestra con el contenido óptimo de humedad determinado en ensayo de compactación Proctor modificado tanto en la muestra patrón como en los porcentajes de 4%, 6% y 8% de los aditivos óxido de calcio y cloruro de sodio.
- Luego se compactó las muestras con 5 capas en cada uno de los 3 moldes CBR, el primero con 10 golpes, el segundo con 25 golpes y el tercero con 56 por capa.
- Se determinó la densidad húmeda y el contenido de humedad de las muestras en cada molde.
- Posteriormente se determinó la densidad seca de las muestras de cada molde.

#### **2.5.10.2.2. Ensayo de hinchamiento (determinación de las propiedades expansivas del material)**

- Se invirtió las muestras de tal manera que la superficie libre quedó en la parte superior cuando se ensambla nuevamente los moldes en sus placas de base.

- Se colocó sobre cada muestra el papel filtro, la placa de expansión y la sobrecarga.

Luego se colocó los tres moldes debidamente equipados en un tanque de agua durante días (96 horas), se registró las lecturas de expansión al inicio y al y pasado las 96 horas.

#### **2.5.10.2.3. Ensayo de carga – penetración (determinación de la resistencia a la penetración)**

- Después de los cuatro días se sacaron los moldes del tanque de agua y de cada uno de ellos se sacó la sobrecarga y la placa de expansión, dejando drenar durante 15 minutos.

- Se colocó la sobrecarga en cada molde, luego se la llevó a la prensa hidráulica, se procedió al ensayo de penetración aplicando un pisón a una velocidad de 0.05 pulg/min, se registró las lecturas de carga de cada muestra.

# CAPITULO III



### **III. DISCUSION DE RESULTADOS**

#### **3.1. RESULTADOS DE LABORATORIO**

Después de haber concluido con los ensayos de laboratorio así como con el procesamiento de datos en el presente capítulo se mostrarán los resultados obtenidos en dichos ensayos.

##### **3.1.1. Contenido de humedad de la muestra**

El resultado promedio obtenido en el contenido de humedad es de 13.92% en la muestra de suelo.

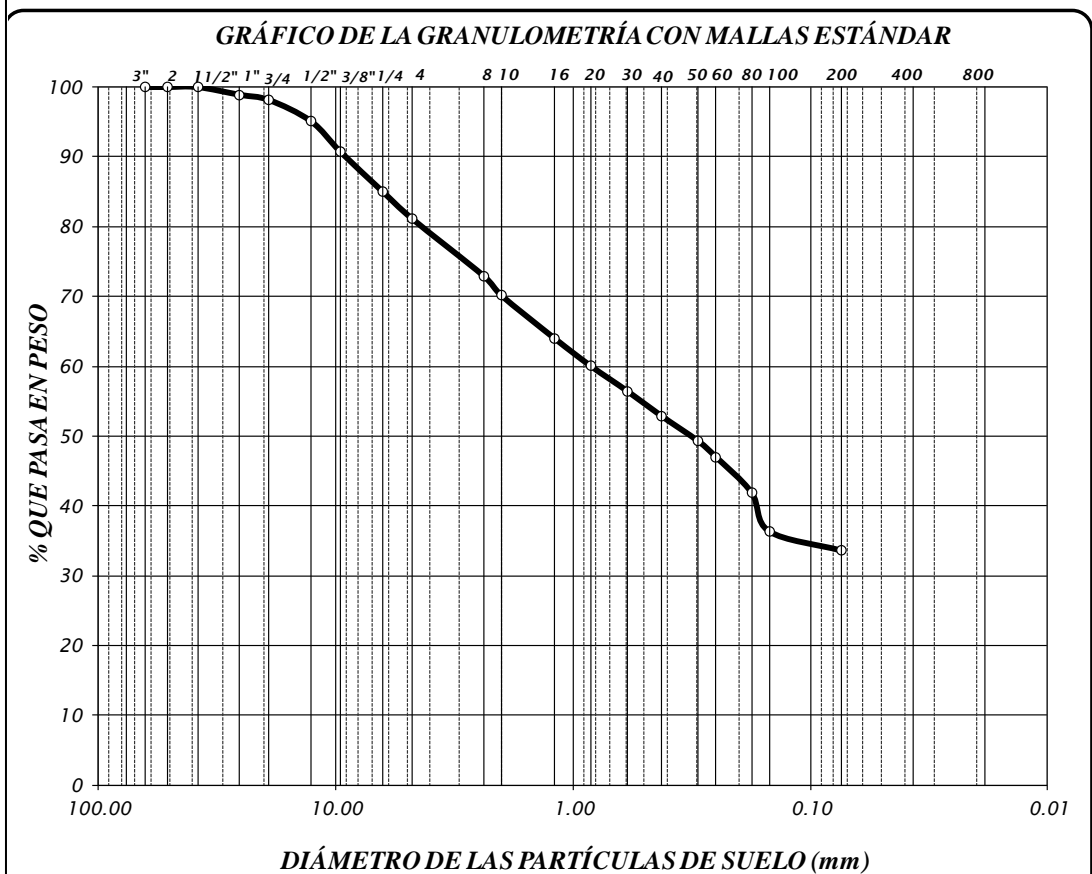
##### **3.1.2. Análisis granulométrico**

A continuación se muestra los porcentajes pasantes por cada tamiz obtenidos mediante el análisis granulométrico por lavado.

**PROYECTO** : **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019**

**TOTAL MUESTRA SECA** = 4159.00 gr      **TOTAL MUESTRA SECA LAVADA** = 1453.00 gr

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO 1"
3"	76.200					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500	0.0	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	16.0	1.10	1.10	98.90	
3/4"	19.050	11.0	0.76	1.86	98.14	SUELO ARENO ARCILLOSO
1/2"	12.700	44.0	3.03	4.89	95.11	
3/8"	9.525	64.0	4.40	9.29	90.71	
1/4"	6.350	82.0	5.64	14.93	85.07	
No 4	4.760	57.0	3.92	18.86	81.14	
No 8	2.380	119.0	8.19	27.05	72.95	Limite Líquido = 40.00
No 10	2.000	41.0	2.82	29.87	70.13	Limite Plástico = 27.10
No 16	1.190	90.0	6.19	36.06	63.94	Índice Plástico = 12.90
No 20	0.840	57.0	3.92	39.99	60.01	Coficiente de Uniformidad = NP
No 30	0.590	52.0	3.58	43.57	56.43	Coficiente de Curvatura = NP
No 40	0.426	51.0	3.51	47.08	52.92	<b>CLASIFICACIÓN</b>
No 50	0.297	53.0	3.65	50.72	49.28	SUCS : SC
No 60	0.250	33.0	2.27	52.99	47.01	AASHTO : A-2-6 (3)
No 80	0.177	74.0	5.09	58.09	41.91	<b>OBSERVACIONES</b>
No 100	0.149	81.0	5.57	63.66	36.34	% de grava = 18.86%
No 200	0.074	40.0	2.75	66.41	33.59	% de arena = 47.56%
CAZOLETA	0.000	488.0	33.59	100.00	0.00	% de limo y arcilla = 33.59%
TOTAL		1453.0	100.00			% de humedad = 13.90%
						COLOR BLANCO GRISACEO



### 3.1.3. Ensayo de límites de Atterberg

Se realizó este ensayo para la muestra patrón y adicionando los aditivos de Nacl y oxido de calcio.

#### 3.1.3.1. Límites De Atterberg Del Suelo Natural

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423				
Nº DE GOLPES	16	20	26	36
Suelo Húmedo + Tarro	31.621	32.032	35.252	32.955
Suelo seco + Tarro	24.249	24.791	27.393	25.895
Peso de Tarro	7.035	7.286	7.161	7.128
Peso del Agua	7.372	7.241	7.859	7.060
Peso de Suelo Seco	17.214	17.505	20.232	18.767
HUMEDAD %	42.826	41.365	38.844	37.619

LÍMITE LIQUIDO	
:	40.0

LÍMITE PLÁSTICO	
:	27.1

ÍNDICE PLÁSTICO	
:	12.9

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424			
MUESTRA	01	02	03
Suelo Húmedo + Tarro	2.610	2.760	2.720
Suelo seco + Tarro	2.426	2.293	2.398
Peso de Tarro	1.223	1.193	1.025
Peso del Agua	0.184	0.467	0.322
Peso de Suelo Seco	1.203	1.100	1.373
HUMEDAD %	15.295	42.455	23.452

Ing. Jorge Mezzan Briceño  
Jefe del Centro Especializado de Geotecnia,  
Pavimentos y Ensayo de Materiales

Figura 3.2– Captura de pantalla límites de atterberg suelo natural

#### 3.1.3.2. límites de Atterberg con aditivo de cal al 4%

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423				
Nº DE GOLPES	13	22	34	50
Suelo Húmedo + Tarro	33.804	34.483	35.763	26.931
Suelo seco + Tarro	25.523	26.838	27.060	21.806
Peso de Tarro	7.037	7.308	5.924	7.172
Peso del Agua	8.281	7.645	8.703	5.125
Peso de Suelo Seco	18.486	19.530	21.136	14.634
HUMEDAD %	44.796	39.145	41.176	35.021

LÍMITE LIQUIDO	
:	40.2

LÍMITE PLÁSTICO	
:	31.5

ÍNDICE PLÁSTICO	
:	8.7

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424			
MUESTRA	01	02	03
Suelo Húmedo + Tarro	2.520	3.240	3.075
Suelo seco + Tarro	2.216	2.755	2.616
Peso de Tarro	1.223	1.223	1.190
Peso del Agua	0.304	0.485	0.459
Peso de Suelo Seco	0.993	1.532	1.426
HUMEDAD %	30.614	31.658	32.188

Ing. Jorge Mezzan Briceño  
Jefe del Centro Especializado de Geotecnia,  
Pavimentos y Ensayo de Materiales

Figura 3.3 – Captura de pantalla límites de atterberg con aditivo de cal al 4%

### 3.1.3.3. límites de Atterberg con aditivo de cal al 6%

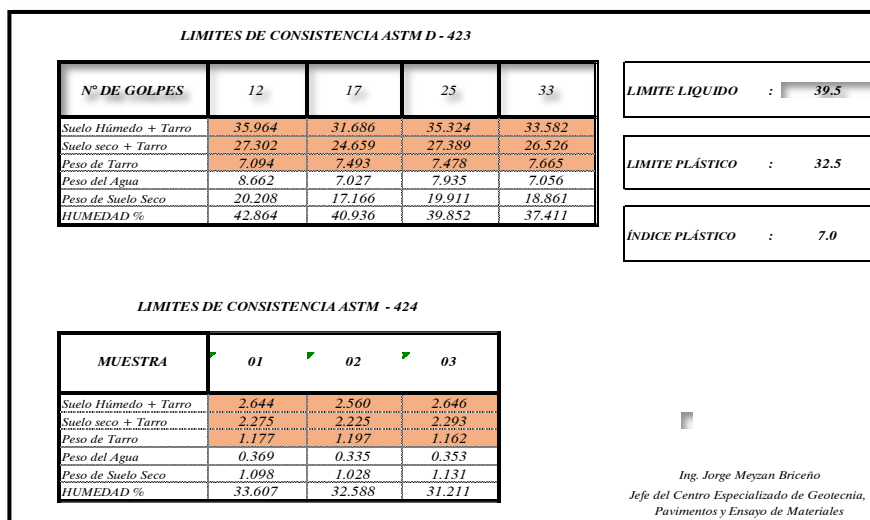


Figura 3.4 – Captura de pantalla límites de atterberg con aditivo de cal al 6%

### 3.1.3.4. límites de Atterberg con aditivo de cal al 8%

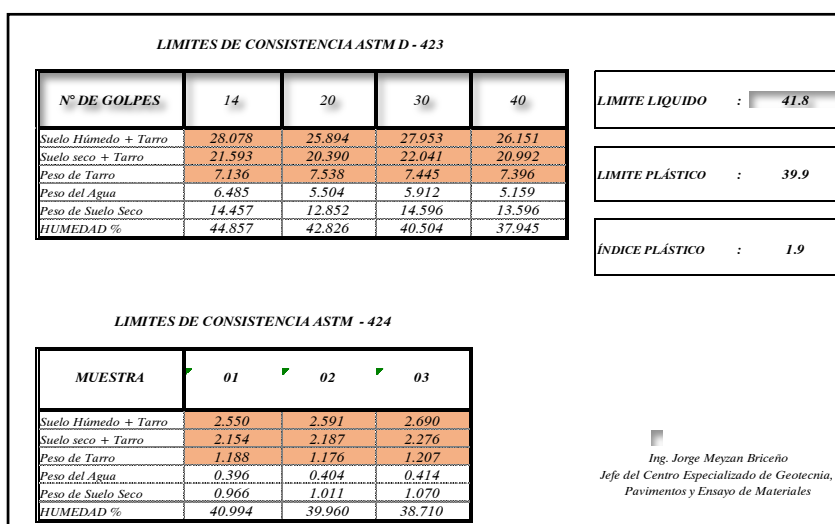


Figura 3.5 – Captura de pantalla límites de atterberg con aditivo de cal al 8%

### 3.1.3.5. límites de Atterberg con aditivo de NaCl al

4%

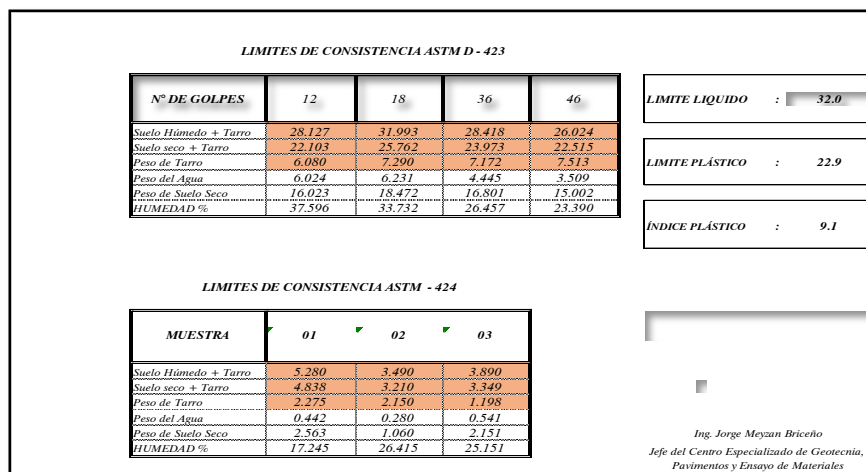


Figura 3.6 – Captura de pantalla límites de atterberg con aditivo de NaCl al 4%

### 3.1.3.6. límites de Atterberg con aditivo de NaCl al

6%

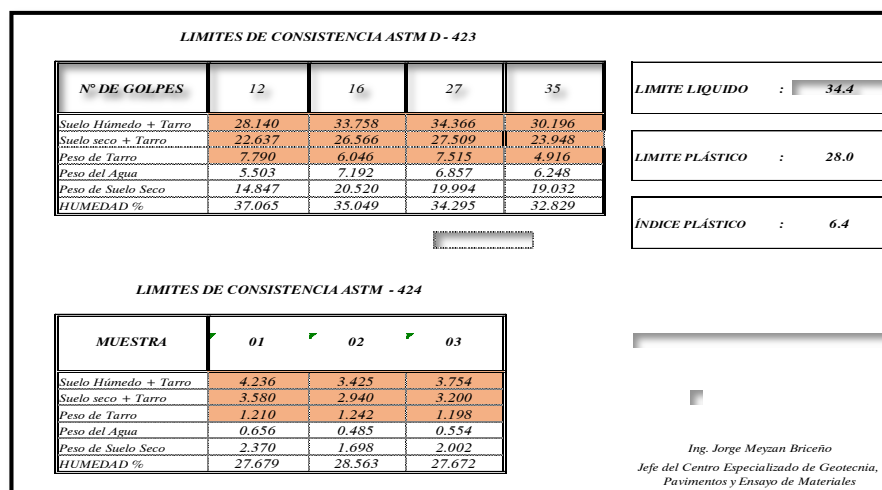


Figura 3.7 – Captura de pantalla límites de atterberg con aditivo de cal al 6%

### 3.1.3.7. límites de Atterberg con aditivo de NaCl al

8%

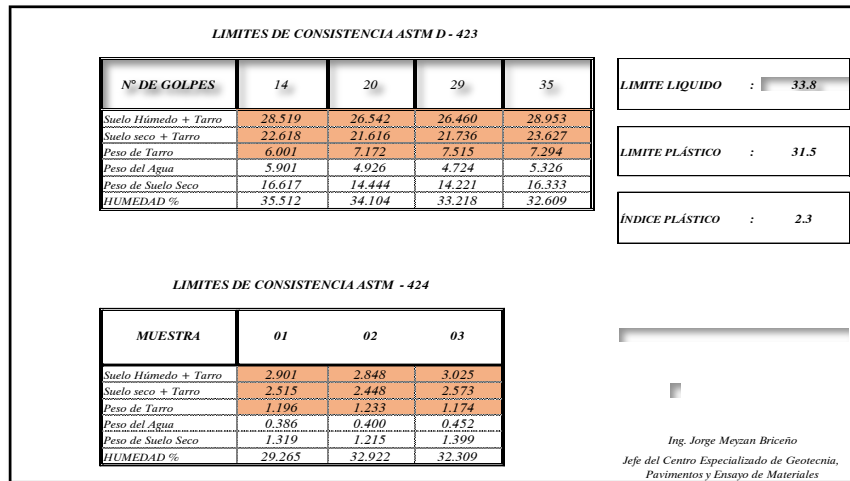


Figura 3.8 – Captura de pantalla límites de atterberg con aditivo de cal al 8%

### 3.1.4. Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos)

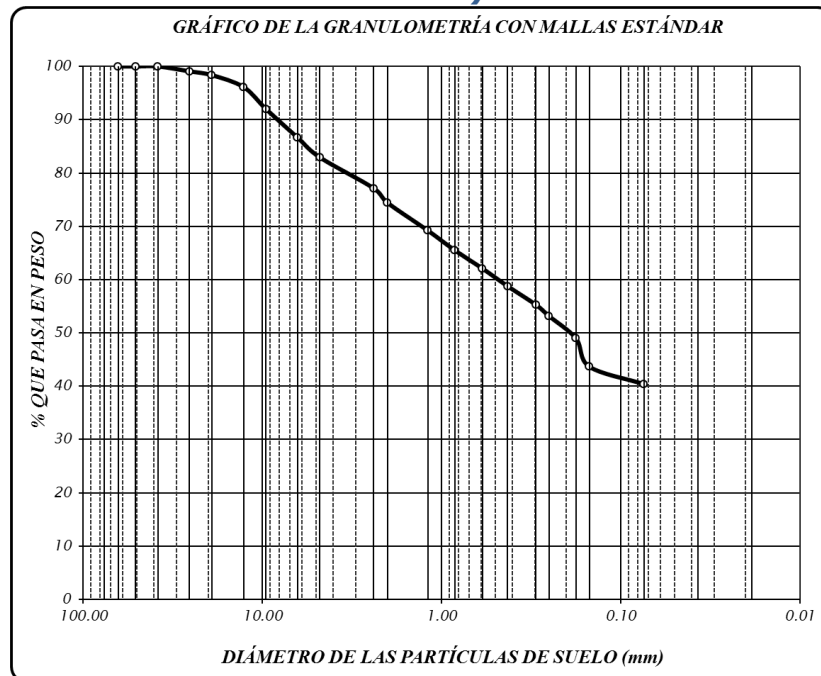


Tabla 3.1 – Clasificación SUCS

### 3.1.5. Ensayo de Compactación Proctor Modificado

Se muestra los cuadros y resultados tanto para la muestra patrón como para cada porcentaje de los dos aditivos.

#### 3.1.5.1. Resultado Suelo Natural

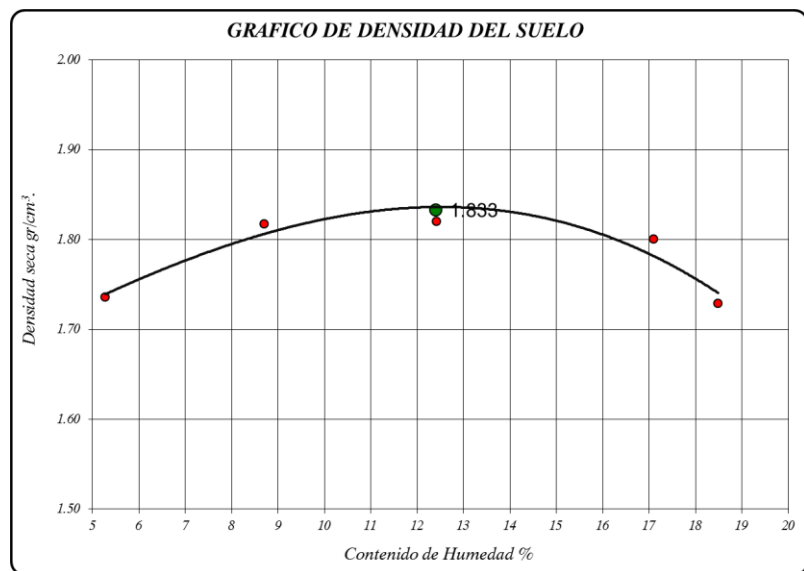


Gráfico 3.1 –densidad de suelo natural

Densidad Máxima Seca:  $1.83 \text{ gr/cm}^3$

Humedad Optima: 12.40 %

### 3.1.5.2. Resultado Con El Suelo Estabilizado Con Oxido de Calcio al 4%

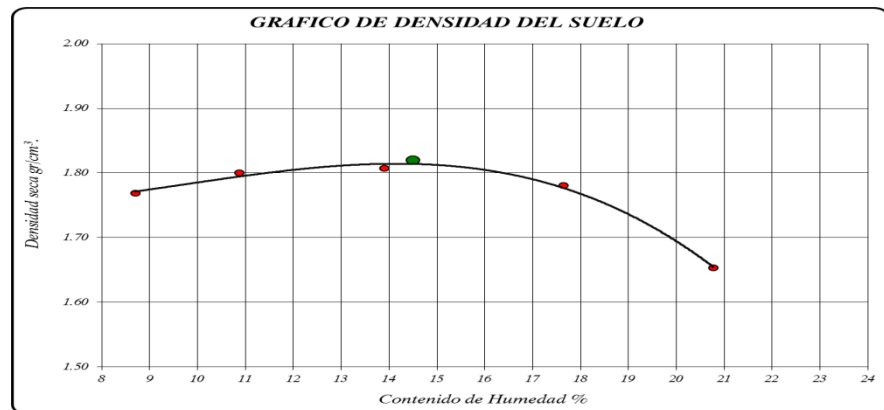


Gráfico 3.2 -Densidad De Suelo Estabilizado Con Cal Al 4%

Densidad Máxima Seca: 1.82 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad Optima: 14.50 %

### 3.1.5.3. Resultado Suelo Estabilizado Con Oxido de Calcio al 6%

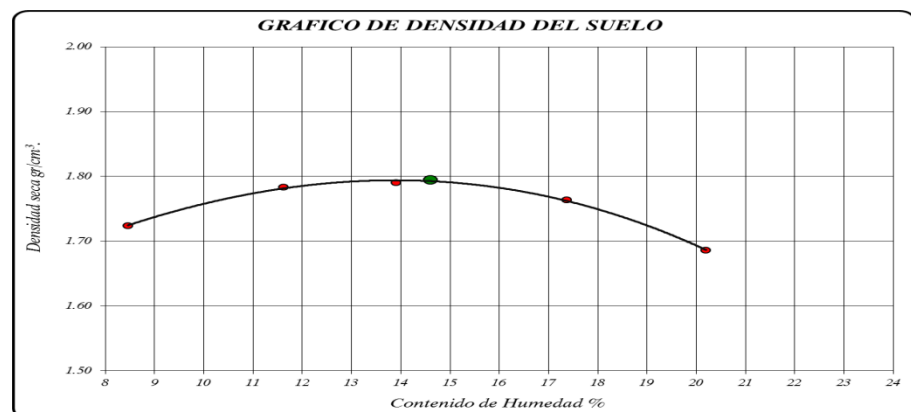


Gráfico 3.3 -Densidad De Suelo Estabilizado Con Cal Al 6%

Densidad Máxima Seca: 1.795 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad Optima: 14.60 %



### 3.1.5.4. Resultado Suelo Estabilizado Con Oxido de Calcio al 8%

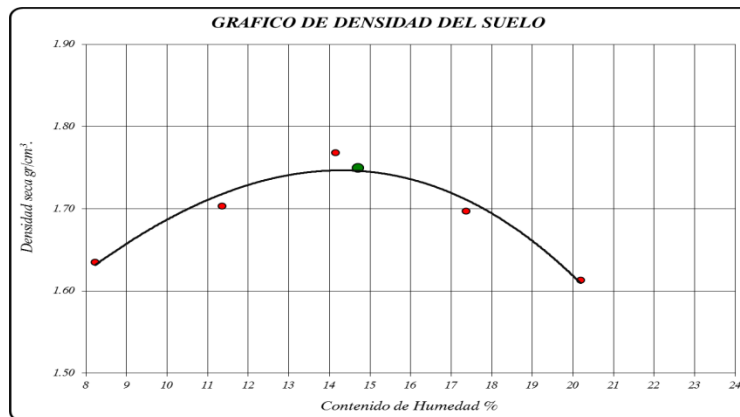


Gráfico 3.4 –Densidad De Suelo Estabilizado Con Cal Al 8%

Densidad Máxima Seca: 1.75 gr/cm<sup>3</sup>

Humedad Optima: 14.7 %

### 3.1.5.5. Resultado Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio al 4%

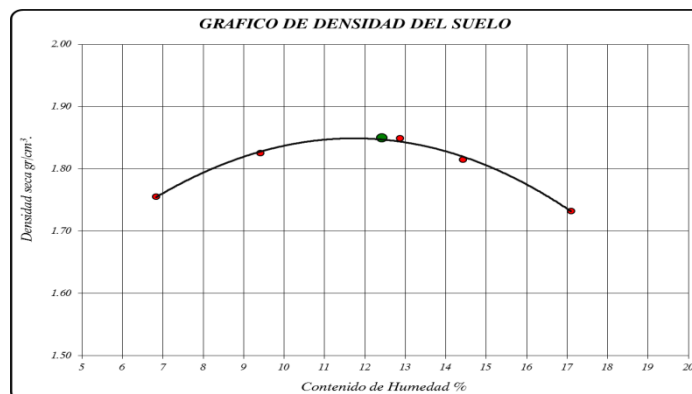


Gráfico 3.5 –Densidad De Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio Al 4%

Densidad Máxima Seca: 1.85gr/cm<sup>3</sup>

Humedad Optima: 12.42 %

### 3.1.5.6. Resultado Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio al 6%

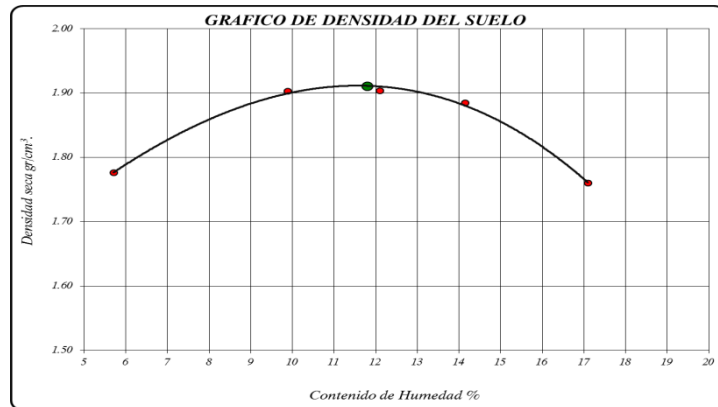


Gráfico 3.6 –Densidad De Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio Al 6%

Densidad Máxima Seca: 1.91 gr/cm<sup>3</sup>

Humedad Optima: 11.80 %

### 3.1.5.7. Resultado Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio al 8%

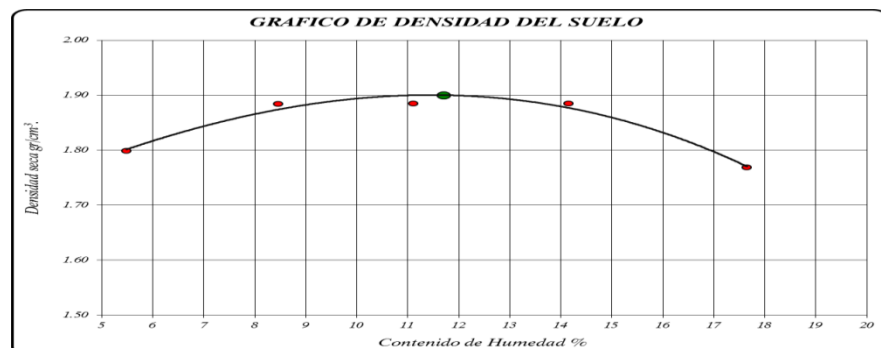


Gráfico 3.7 –Densidad De Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio Al 8%

Densidad Máxima Seca: 1.845 gr/cm<sup>3</sup>

Humedad Optima: 12.40 %

### 3.1.6. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)

Se muestra los cuadros y resultados tanto para la muestra patrón como para cada porcentaje de los dos aditivos.

#### 3.1.6.1. Resultado Suelo Natural

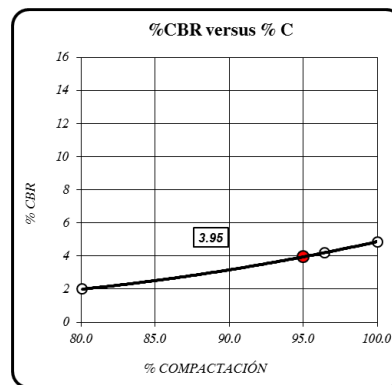


Gráfico 3.8 –Densidad De Suelo Natural

CBR: 3.95 %

#### 3.1.6.2. Resultado Con El Suelo Estabilizado Con Oxido de Calcio al 4%

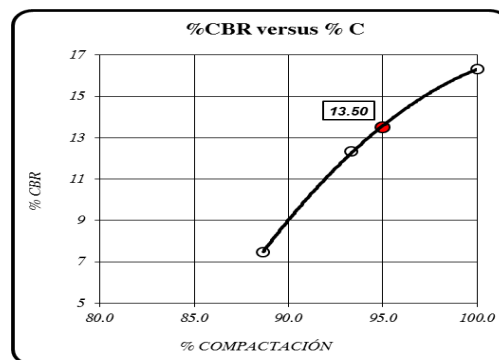


Gráfico 3.9 – Densidad De Suelo Estabilizado Con Cal Al 4%

CBR: 13.5 %

**3.1.6.3. Resultado Suelo Estabilizado Con Oxido de Calcio al 6%**

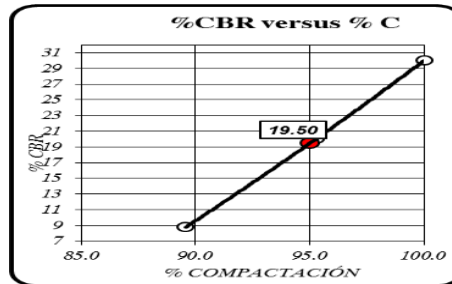


Gráfico 3.10 –Densidad De Suelo Estabilizado Con Cal Al 6%  
CBR: 19.5 %

**3.1.6.4. Resultado Suelo Estabilizado Con Oxido de Calcio al 8%**

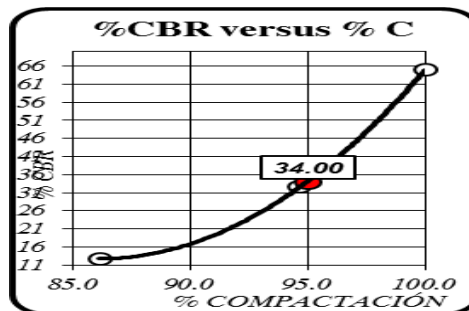


Gráfico 3.11–Densidad De Suelo Estabilizado Con Cal Al 8%  
CBR: 34.00 %

**3.1.6.5. Resultado Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio al 4%**

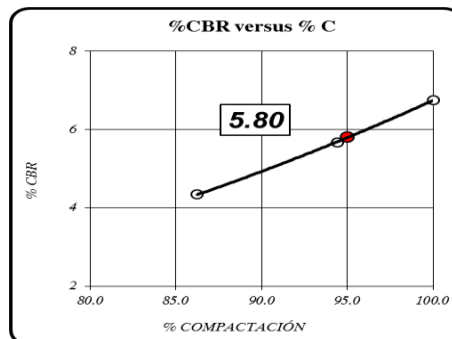


Gráfico 3.12–Densidad De Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio Al 4%  
CBR: 5.8 %

### 3.1.6.6. Resultado Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio al 6%

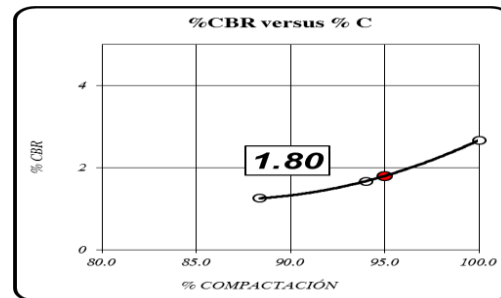


Gráfico 3.13–Densidad De Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio Al 6%

CBR: 1.8%

## 3.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizados los ensayos correspondientes se realizará la comparación de los resultados permitiendo analizar el comportamiento con los dos estabilizadores (óxido de calcio y cloruro de sodio) y los diversos porcentajes (4% – 6% – 8%). Se mencionarán las propiedades que tuvieron relevancia en la presente investigación.

### 3.2.1. Interpretación de datos de los Límites Atterberg

#### 3.1.6.7. Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad

DESCRIPCION	MUESTRA PATRÓN	MUESTRA 4% NACL	MUESTRA 6% NACL	MUESTRA 8% NACL
Límite líquido	40	32	34.4	33.8
Límite plástico	27.1	22.9	28.0	31.5
Índice de plasticidad	12.9	9.1	6.4	2.3

Tabla 3.2– Comparación Límites De Attenberg Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio

DESCRIPCION	MUESTRA PATRÓN	MUESTRA 4% OXIDO DE CALCIO	MUESTRA 6% OXIDO DE CALCIO	MUESTRA 8% OXIDO DE CALCIO
Límite líquido	40	40	39.5	41.8
Límite plástico	27.1	31.5	32.5	39.9
índice de plasticidad	de 12.9	8.7	7.0	1.9

Tabla 3.3– Comparación Límites De Attenberg Suelo Estabilizado Con Cloruro De Sodio

Se determinó la variación de índice de plasticidad el cual fue disminuyendo al incorporar mayor porcentaje de cloruro de sodio. Teniendo así un índice de plasticidad para la muestra de suelos patrón de 12.9 % sin incorporar cloruro de sodio, 9.1% incorporando 4% de cloruro de sodio, 6.4% incorporando 6% de cloruro de sodio y 2.3% incorporando 8% de cloruro de sodio

Se determinó la variación de índice de plasticidad el cual fue disminuyendo al incorporar mayor porcentaje de óxido de calcio.

8.7% incorporando 4% de óxido de calcio, 7% incorporando 6% de óxido de calcio y 1.9% incorporando 8% de óxido de calcio.

Se observó que el suelo estabilizado con oxido de calcio tiene valores más bajos en los Límites Atterberg que el suelo estabilizado con Cloruro de sodio. Por lo tanto, el

suelo estabilizado con Cal se comporta de mejor manera que el suelo estabilizado con Cloruro de sodio.

El Índice de Plasticidad muestra que el suelo no cumple con los porcentajes de 4% y 6% en ambas estabilizaciones, mientras que con 8% el suelo estabilizado con Cal y Cloruro de Sodio cumple con lo establecido por el manual de carreteras del Perú, el cuál dice que el Índice de plasticidad tiene que ser menor a 7.

Cuadro 4.6  
Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Figura 3.9 – Captura de pantalla Clasificación de suelos según índice de plasticidad

### 3.2.2. Interpretación De Datos Del Ensayo De Proctor Modificado

#### 3.2.2.1. Densidad Seca Máxima

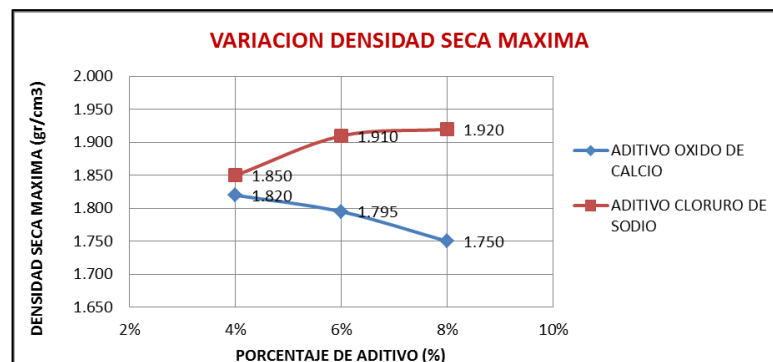


Gráfico 3.14– Variación De Densidad Seca Máxima

### 3.2.2.2. Contenido de Humedad Optimo

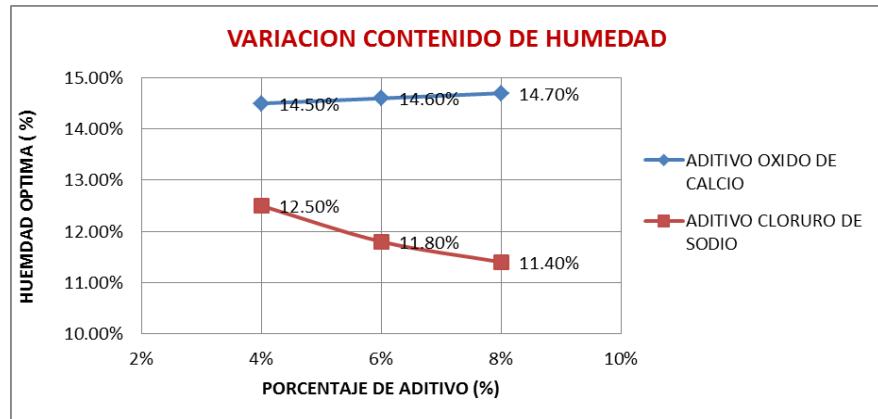


Gráfico 3.15- Variación De Densidad Seca Máxima

### 3.2.2.3. Interpretación

NOMBRE MUESTRA	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO						
	SUELO NATURAL	ADITIVO OXIDO DE CALCIO			ADITIVO CLORURO DE SODIO		
		4%	6%	8%	4%	6%	8%
HUMEDAD OPTIMA	12.40%	14.50%	14.60%	14.70%	12.42%	11.80%	11.40%
DENSIDAD SECA MAXIMA	1.833	1.820	1.795	1.750	1.850	1.910	1.920

Tabla 3.4- Resultados Ensayo De Compactación

Se puede observar que las densidades del suelo estabilizado con Cloruro de Sodio van de manera ascendente mientras más sea el porcentaje que se añade a la estabilización, las densidades del suelo estabilizado con Cal van de manera descendente mientras mayor sea el porcentaje que se utilice para la estabilización.

Los contenidos de humedad máximos del suelo estabilizado con Cloruro de Sodio van de manera



descendente mientras más sea el porcentaje que se añada a la estabilización, y el contenido de humedad del suelo estabilizado con Cal van de manera ascendente mientras mayor sea el porcentaje que se utilice para la estabilización

La relación de la densidad y el contenido de humedad de la muestra indica que mientras más se utilice el Cloruro de Sodio en la estabilización se aumenta su densidad y requiere menor agua para su compactación y mientras más se utilice la Cal en la estabilización se disminuye su densidad y requiere mayor agua para su compactación.

### 3.2.3. Interpretación de datos del ensayo de CBR

#### 3.2.3.1. Porcentaje Optimo

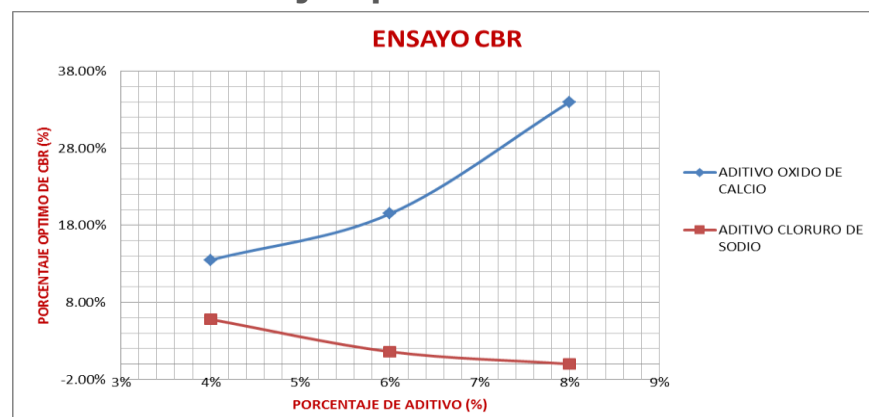


Gráfico 3.16- Variación De CBR según cada estabilización

### 3.2.3.2. Esponjamiento

ESPONJAMIENTO	TIEMPO ACUMULADO		56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES			
	Hs	DIAS	ESPONJAMIENTO			ESPONJAMIENTO			ESPONJAMIENTO			
			LECTURA (mm)	mm	%	LECTURA (mm)	mm	%	LECTURA (mm)	mm	%	
SUELO NATURAL	96	4	0.550	0.550	0.43	0.660	0.660	0.52	0.740	0.740	0.58	
CLORURO DE SODIO	4%	96	4	0.37	0.370	0.29	0.49	0.490	0.39	0.59	0.590	0.46
	6%	96	4	0.39	0.390	0.31	0.52	0.520	0.41	0.66	0.660	0.52
		96	4				0.4	0.400	0.31	0.46	0.460	0.36
OXIDO DE CALCIO	4%	96	4	0.34	0.340	0.27	0.4	0.400	0.31	0.46	0.460	0.36
	6%	96	4	0.28	0.280	0.22	0.35	0.350	0.28	0.4	0.400	0.31
		96	4				0.3	0.300	0.24	0.34	0.340	0.27
	8%	96	4	0.23	0.230	0.18	0.3	0.300	0.24	0.34	0.340	0.27

Tabla 3.5– Resultados De Ensayo De Esponjamiento

### 3.2.3.3. Interpretación

NOMBRE MUESTRA	ENSAYO DE CBR						
	SUELO NATURAL	ADITIVO OXIDO DE CALCIO			ADITIVO CLORURO DE SODIO		
		4%	6%	8%	4%	6%	8%
CBR	3.95%	13.50%	19.50%	34.00%	5.80%	1.60%	0.00%

Tabla 3.6– Resultados De Ensayo De CBR

Cuadro 4.10  
Categorías de Subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S <sub>0</sub> : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10 – Captura de pantalla categorías de subrasante.

Nuestro suelo inalterado según el manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos en la sección de suelos y pavimentos en el cuadro 4.10 Categoría de Subrasante, es considerada como subrasante pobre por el bajo porcentaje de CBR que se obtuvo.

Por otro lado nuestro suelo estabilizado con Oxido de Calcio con los porcentajes de 4%, 6% y 8% es considerado desde una subrasante buena a excelente según el aumento de porcentaje de aditivo oxido de calcio respectivamente.

Para el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio con el porcentaje de 4% llego a aumentar su porcentaje de CBR pero no llega a calificar como una subrasante regular a buena, con su resultado sigue calificando como un suelo pobre y para los porcentajes de 6% a 8% de cloruro de sodio el porcentaje de CBR empezó a disminuir por lo que la estabilización de suelo con cloruro de sodio no mejora el porcentaje de CBR.

# CAPITULO IV

#### IV. CONCLUSIONES

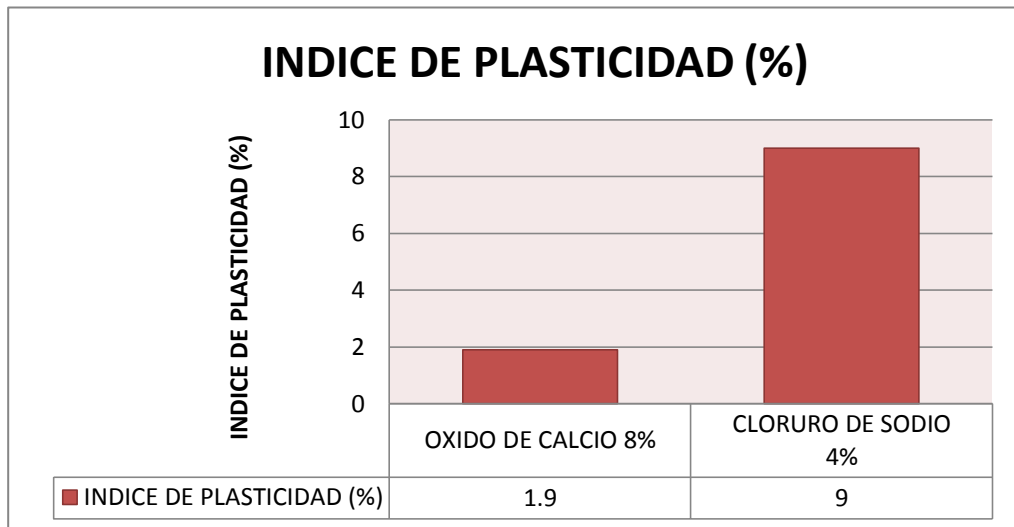


Gráfico 3.17- Comparación de índice de plasticidad

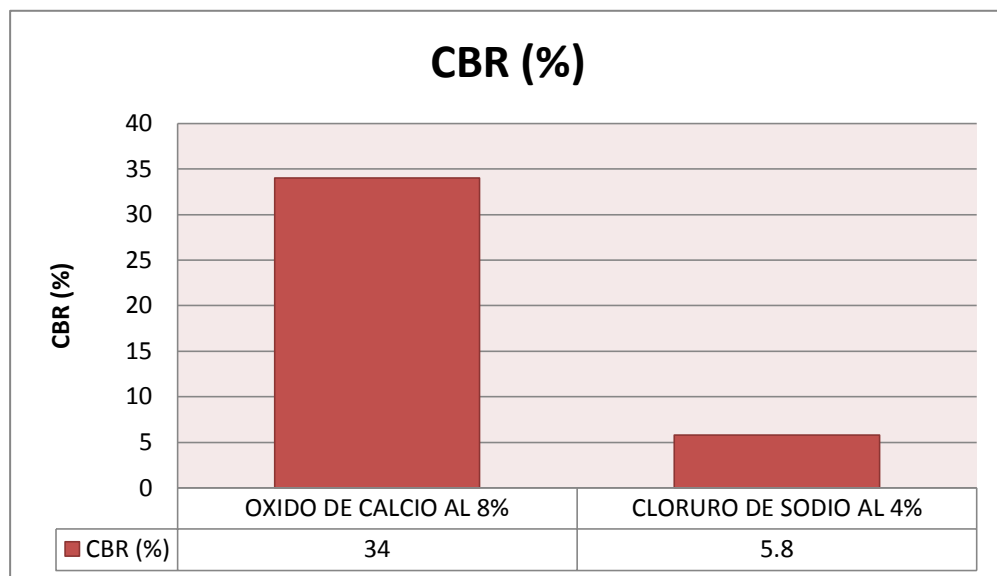


Gráfico 3.18- Comparación de CBR

- La hipótesis general es verdadera
- Se determinó que el suelo estabilizado con Oxido de Calcio da un mejor comportamiento al 8% y es el único porcentaje que cumple o se aproxima a los valores mínimos por lo que se considera que es el porcentaje óptimo.
- Se determinó que el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio da un mejor comportamiento al 4% el cual da un mejor comportamiento que el resto de porcentajes y se consideraría que es el porcentaje óptimo, pero su aplicación no se puede llevar para una subrasante porque no cumple los parámetros del índice de plasticidad y del CBR.
- El aditivo estabilizante con oxido de calcio al 8% demostró tener mejor comportamiento que el porcentaje óptimo de Cloruro de Sodio, en todo su análisis el óxido de calcio demostró cumplir casi con todos los parámetros.

# CAPITULO V

## **V. SUGERENCIAS**

1. Investigar el comportamiento de un suelo arcilloso adicionando porcentajes menores a 4% de cloruro de Sodio.
2. Investigar el comportamiento de un suelo arcilloso adicionando porcentajes menores al 4% y mayores al 8% de óxido de calcio.
2. Investigar el comportamiento en el ensayo triaxial de probetas con adición de cloruro de Sodio para establecer el ángulo de fricción interna y la cohesión producida por el cloruro de sodio con la muestra de suelo.



# CAPITULO VI

### **XIII. BIBLIOGRAFIA**

- Acebo, A. G., & Correa, S. L. (2009). Control en agregados y hormigón fresco para diseño de hormigón masivo, experiencia en obra con varias consistencias y resistencias. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Altamirano, G. & Díaz, A.(2015), Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Potosí, Nicaragua.
- Bonifacio, W & Sánchez, J. (2015). Estabilización Química En Carreteras No Pavimentadas Usando Cloruro De Magnesio, Cloruro De Calcio Y Cemento En La Región Lambayeque, Universidad de Señor de Sipan, Lambayeque, Perú.
- Braja M. Das (2013). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Segunda Edición. México D.F.: Thomson Editores S.A.
- Caruajulca E.(2018), "Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo cruce el porongo – aeropuerto – Cajamarca", Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

- Choque Sánchez, H. M. (2014). Evaluación de Aditivos Químicos en la Eficiencia de la Conservación de Superficies de Rodadura en Carreteras no Pavimentadas. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Lima, Perú.
- Gutiérrez, C.(2010), "Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio", Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Hueso Maldonado, H. M. & Orellana Martinez, A. C. (2009). Guia Básica Para Estabilización De Suelos Con Cal En Caminos De Baja Intensidad Vehicular En El Salvador, Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- Jara R, (2014), Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Manual de carreteras EG2013 (2013), Manual de carreteras - especificaciones técnicas generales para la construcción EG2013.Lima: MTC.
- Manual de estabilización de suelo tratado con cal estabilización y modificación con cal (2004), Nacional Lime Association, 326, 5-26, 42.

- Mohedas Díaz, M. & Moreno Veja, A. (2014). Apertura y Mantenimiento de Vías Forestales. España: Ediciones Nobel S.A.
- Musso, M., Rostan, Á., & Behak, L. (2003). Subrasantes expansivas en Rutas Nacionales: ¿límite o realidad?, ponencia presentada en el 4º congreso de Ingeniería Vial, Asociación Uruguaya de Caminos, Montevideo, 4-6 de Nov 2003.
- Palomino, Y. (2016), Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice california bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca 2016.
- Pico, C.(2016), "Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benítez cantón san pedro de Pelileo, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño de pavimentos de la misma", Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Rojas Foinquinos, J. & Alva Hurtado, J. (2005). Arcillas y Lutitas Expansivas En El Norte Y Nororiente Peruano. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

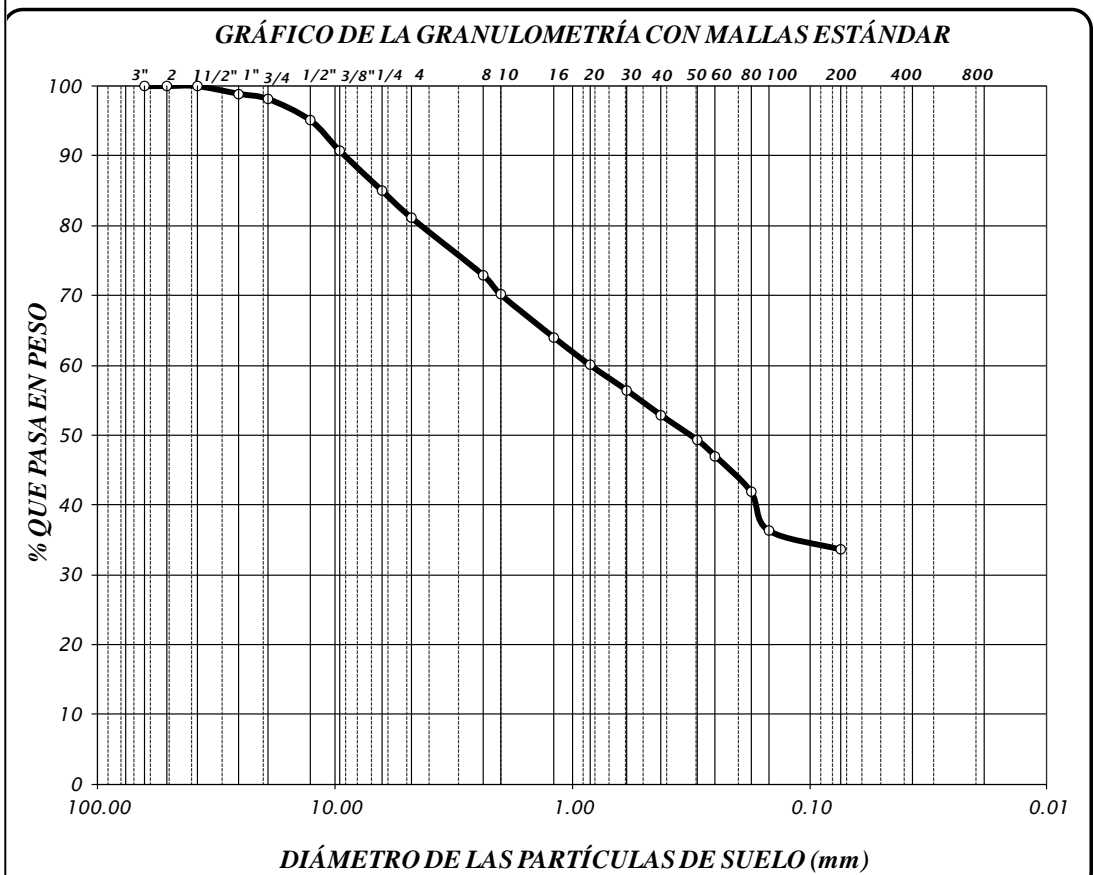
# **ANEXO A**

## **TABLAS DE ENSAYOS DE SUELOS**

**PROYECTO** : ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

TOTAL MUESTRA SECA = 4159.00 gr      TOTAL MUESTRA SECA LAVADA = 1453.00 gr

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO 1"
3"	76.200					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500	0.0	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	16.0	1.10	1.10	98.90	
3/4"	19.050	11.0	0.76	1.86	98.14	
1/2"	12.700	44.0	3.03	4.89	95.11	SUELO ARENO ARCILLOSO
3/8"	9.525	64.0	4.40	9.29	90.71	
1/4"	6.350	82.0	5.64	14.93	85.07	Límite Líquido = 40.00
No 4	4.760	57.0	3.92	18.86	81.14	Límite Plástico = 27.10
No 8	2.380	119.0	8.19	27.05	72.95	Índice Plástico = 12.90
No 10	2.000	41.0	2.82	29.87	70.13	Coficiente de Uniformidad = NP
No 16	1.190	90.0	6.19	36.06	63.94	Coficiente de Curvatura = NP
No 20	0.840	57.0	3.92	39.99	60.01	CLASIFICACIÓN
No 30	0.590	52.0	3.58	43.57	56.43	
No 40	0.426	51.0	3.51	47.08	52.92	SUCS : SC
No 50	0.297	53.0	3.65	50.72	49.28	AASHTO : A-2-6 (3)
No 60	0.250	33.0	2.27	52.99	47.01	OBSERVACIONES
No 80	0.177	74.0	5.09	58.09	41.91	
No 100	0.149	81.0	5.57	63.66	36.34	
No 200	0.074	40.0	2.75	66.41	33.59	
CAZOLETA	0.000	488.0	33.59	100.00	0.00	COLOR BLANCO GRISACEO
TOTAL		1453.0	100.00			



**TESIS** : "Análisis Comparativo Entre Los Aditivos Oxido De Calcio Y Cloruro De Sodio Como Estabilizante De La Subrasante De Suelos Arcillosos – Huánuco 2019".  
**UBICACIÓN** : UMARI  
**ENSAYO** : LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE MUESTRA CON SUELO NATURAL

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423**

N° DE GOLPES	16	20	26	36
Suelo Húmedo + Taro	31.621	32.032	35.252	32.955
Suelo seco + Taro	24.249	24.791	27.393	25.895
Peso de Taro	7.035	7.286	7.161	7.128
Peso del Agua	7.372	7.241	7.859	7.060
Peso de Suelo Seco	17.214	17.505	20.232	18.767
HUMEDAD %	42.826	41.365	38.844	37.619

**LIMITE LIQUIDO** : 40.0

**LIMITE PLÁSTICO** : 27.1

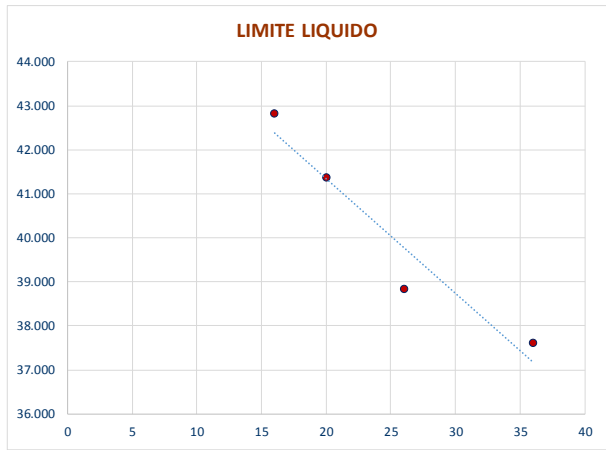
**ÍNDICE PLÁSTICO** : 12.9

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424**

MUESTRA	01	02	03
Suelo Húmedo + Taro	2.610	2.760	2.720
Suelo seco + Taro	2.426	2.293	2.398
Peso de Taro	1.223	1.193	1.025
Peso del Agua	0.184	0.467	0.322
Peso de Suelo Seco	1.203	1.100	1.373
HUMEDAD %	15.295	42.455	23.452

*Ing. Jorge Meyzan Briceno*  
 Jefe del Centro Especializado de Geotecnia,  
 Pavimentos y Ensayo de Materiales

**LIMITE LIQUIDO**



CONTENIDO DE HUMEDAD

NUMERO DE GOLPES

**TESIS** : "Análisis Comparativo Entre Los Aditivos Oxido De Calcio Y Cloruro De Sodio Como Estabilizante De La Subrasante De Suelos Arcillosos – Huánuco 2019".  
**UBICACIÓN** : UMARI  
**ENSAYO** : LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE MUESTRA CON 4% CAL

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423**

Nº DE GOLPES	13	22	34	50
Suelo Húmedo + Tarro	33.804	34.483	35.763	26.931
Suelo seco + Tarro	25.523	26.838	27.060	21.806
Peso de Tarro	7.037	7.308	5.924	7.172
Peso del Agua	8.281	7.645	8.703	5.125
Peso de Suelo Seco	18.486	19.530	21.136	14.634
HUMEDAD %	44.796	39.145	41.176	35.021

LIMITE LIQUIDO : 40.2

LIMITE PLÁSTICO : 31.5

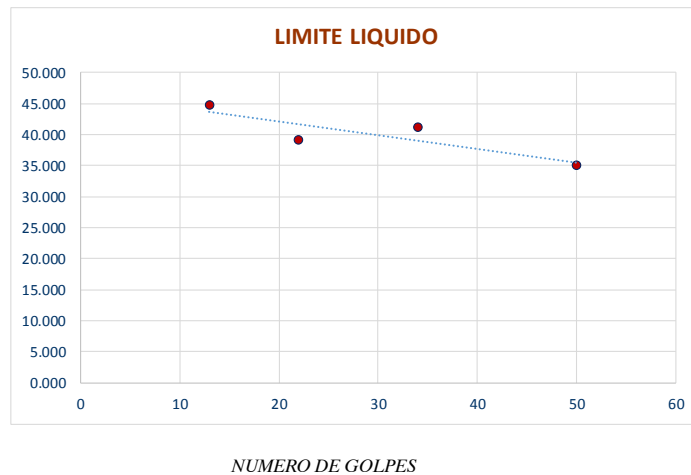
INDICE PLÁSTICO : 8.7

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424**

MUESTRA	01	02	03
Suelo Húmedo + Tarro	2.520	3.240	3.075
Suelo seco + Tarro	2.216	2.755	2.616
Peso de Tarro	1.223	1.223	1.190
Peso del Agua	0.304	0.485	0.459
Peso de Suelo Seco	0.993	1.532	1.426
HUMEDAD %	30.614	31.658	32.188

Ing. Jorge Meyzan Briceño  
 Jefe del Centro Especializado de Geotecnia,  
 Pavimentos y Ensayo de Materiales

CONTE  
DE HUMEDAD





**TESIS** : "Análisis Comparativo Entre Los Aditivos Oxido De Calcio Y Cloruro De Sodio Como Estabilizante De La Subrasante De Suelos Arcillosos – Huánuco 2019".  
**UBICACIÓN** : Umari  
**ENSAYO** : LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE MUESTRA CON 6% CAL

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423**

Nº DE GOLPES	12	17	25	33
Suelo Húmedo + Tarro	35.964	31.686	35.324	33.582
Suelo seco + Tarro	27.302	24.659	27.389	26.526
Peso de Tarro	7.094	7.493	7.478	7.665
Peso del Agua	8.662	7.027	7.935	7.056
Peso de Suelo Seco	20.208	17.166	19.911	18.861
HUMEDAD %	42.864	40.936	39.852	37.411

**LIMITE LIQUIDO** : 39.5

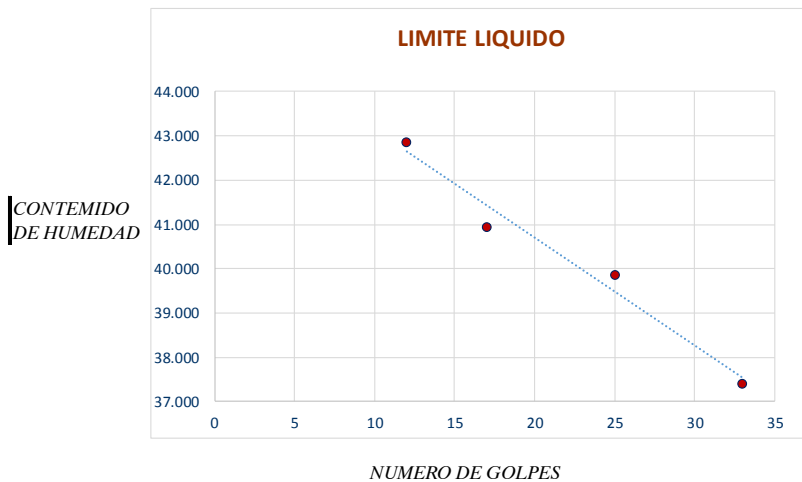
**LIMITE PLÁSTICO** : 32.5

**ÍNDICE PLÁSTICO** : 7.0

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424**

MUESTRA	01	02	03
Suelo Húmedo + Tarro	2.644	2.560	2.646
Suelo seco + Tarro	2.275	2.225	2.293
Peso de Tarro	1.177	1.197	1.162
Peso del Agua	0.369	0.335	0.353
Peso de Suelo Seco	1.098	1.028	1.131
HUMEDAD %	33.607	32.588	31.211

Ing. Jorge Meyzan Briceño  
 Jefe del Centro Especializado de Geotecnia,  
 Pavimentos y Ensayo de Materiales



**TESIS** : "Análisis Comparativo Entre Los Aditivos Oxido De Calcio Y Cloruro De Sodio Como Estabilizante De La Subrasante De Suelos Arcillosos – Huánuco 2019".  
**UBICACIÓN** : UMARI  
**ENSAYO** : LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE MUESTRA CON 8% CAL

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423**

Nº DE GOLPES	14	20	30	40
Suelo Húmedo + Taro	28.078	25.894	27.953	26.151
Suelo seco + Taro	21.593	20.390	22.041	20.992
Peso de Taro	7.136	7.538	7.445	7.396
Peso del Agua	6.485	5.504	5.912	5.159
Peso de Suelo Seco	14.457	12.852	14.596	13.596
HUMEDAD %	44.857	42.826	40.504	37.945

**LIMITE LIQUIDO** : 41.8

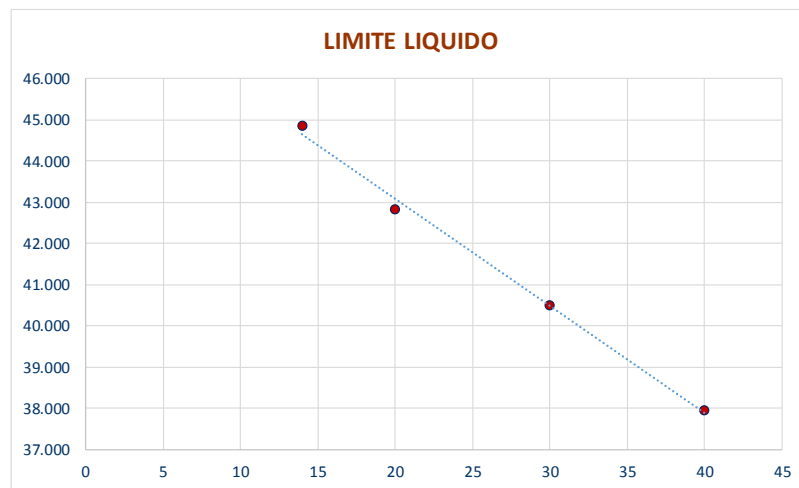
**LIMITE PLÁSTICO** : 39.9


**ÍNDICE PLÁSTICO** : 1.9

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424**

MUESTRA	01	02	03
Suelo Húmedo + Taro	2.550	2.591	2.690
Suelo seco + Taro	2.154	2.187	2.276
Peso de Taro	1.188	1.176	1.207
Peso del Agua	0.396	0.404	0.414
Peso de Suelo Seco	0.966	1.011	1.070
HUMEDAD %	40.994	39.960	38.710

Ing. Jorge Meyzan Briceño  
 Jefe del Centro Especializado de Geotecnia,  
 Pavimentos y Ensayo de Materiales



**TESIS** : "Análisis Comparativo Entre Los Aditivos Oxido De Calcio Y Cloruro De Sodio Como Estabilizante De La Subrasante De Suelos Arcillosos – Huánuco 2019".  
**UBICACIÓN** :  UMARI  
**ENSAYO** : LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE MUESTRA CON 4% SAL

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423**

Nº DE GOLPES	12	18	36	46
Suelo Húmedo + Tarro	28.127	31.993	28.418	26.024
Suelo seco + Tarro	22.103	25.762	23.973	22.515
Peso de Tarro	6.080	7.290	7.172	7.513
Peso del Agua	6.024	6.231	4.445	3.509
Peso de Suelo Seco	16.023	18.472	16.801	15.002
HUMEDAD %	37.596	33.732	26.457	23.390

LIMITE LIQUIDO : 32.0

LIMITE PLÁSTICO : 22.9

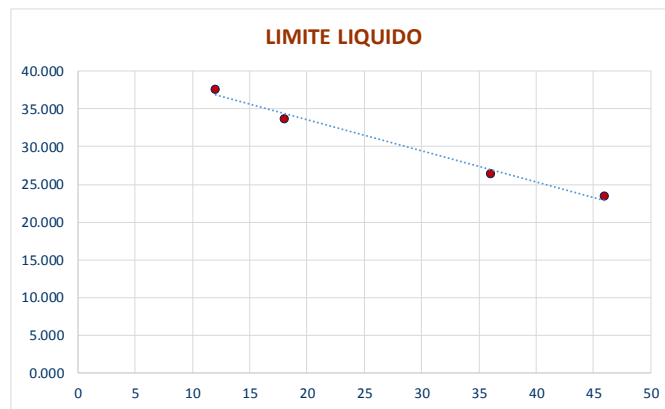
ÍNDICE PLÁSTICO : 9.1

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424**

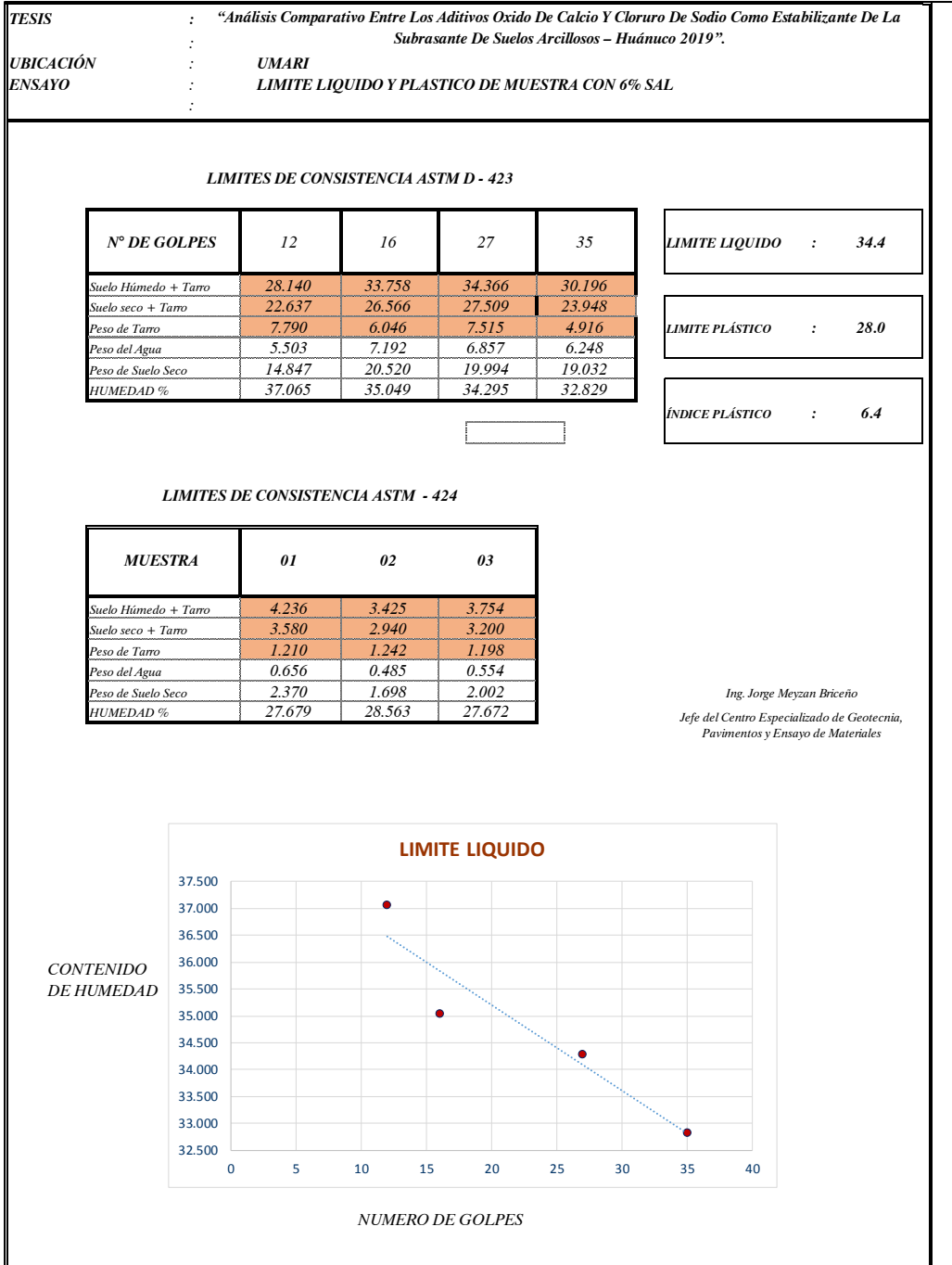
MUESTRA	01	02	03
Suelo Húmedo + Tarro	5.280	3.490	3.890
Suelo seco + Tarro	4.838	3.210	3.349
Peso de Tarro	2.275	2.150	1.198
Peso del Agua	0.442	0.280	0.541
Peso de Suelo Seco	2.563	1.060	2.151
HUMEDAD %	17.245	26.415	25.151

Ing. Jorge Meyzan Biceño  
 Jefe del Centro Especializado de Geotecnia,  
 Pavimentos y Ensayo de Materiales

CONTENIDO DE HUMEDAD



NUMERO DE GOLPES



TESIS : "Análisis Comparativo Entre Los Aditivos Oxido De Calcio Y Cloruro De Sodio Como Estabilizante De La Subrasante De Suelos Arcillosos – Huánuco 2019".  
 UBICACIÓN : UMARI  
 ENSAYO : LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE MUESTRA CON 8% SAL

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

Nº DE GOLPES	14	20	29	35
Suelo Húmedo + Tarro	28.519	26.542	26.460	28.953
Suelo seco + Tarro	22.618	21.616	21.736	23.627
Peso de Tarro	6.001	7.172	7.515	7.294
Peso del Agua	5.901	4.926	4.724	5.326
Peso de Suelo Seco	16.617	14.444	14.221	16.333
HUMEDAD %	35.512	34.104	33.218	32.609

LIMITE LIQUIDO : 33.8

LIMITE PLÁSTICO : 31.5

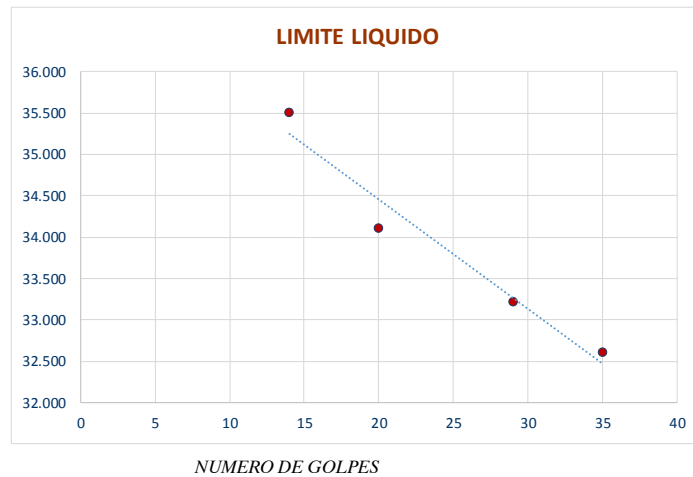
ÍNDICE PLÁSTICO : 2.3

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02	03
Suelo Húmedo + Tarro	2.901	2.848	3.025
Suelo seco + Tarro	2.515	2.448	2.573
Peso de Tarro	1.196	1.233	1.174
Peso del Agua	0.386	0.400	0.452
Peso de Suelo Seco	1.319	1.215	1.399
HUMEDAD %	29.265	32.922	32.309

Ing. Jorge Meyzan Briceño  
 Jefe del Centro Especializado de Geotecnia,  
 Pavimentos y Ensayo de Materiales

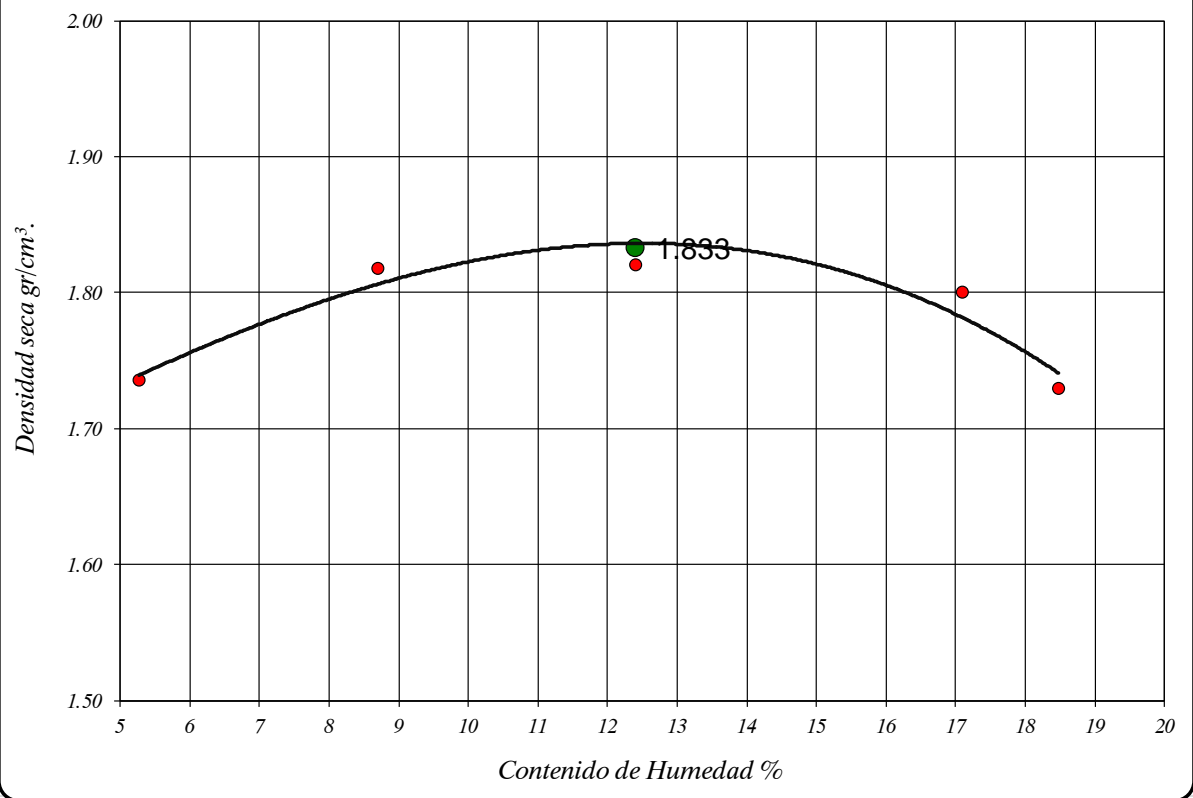
CONTENIDO DE HUMEDAD



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO : MTC E 115-2000; ASTM D 1557											
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y MÁXIMA DENSIDAD SECA COMPACTADA											
<b>PROYECTO</b>	:	<b>ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS - HUÁNUCO 2019</b>									
<b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN</b>	:	<b>METODO A</b>									
<b>UBICACIÓN</b>	:	UMARI - PACHITEA									
<b>SUELO NATURAL</b>											
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	5880.0		6020.0		6086.0		6145.0		6089	
PESO DEL MOLDE	gr.	4156		4156		4156		4156		4156	
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	1,724.00		1,864.00		1,930.00		1,989.00		1,933.00	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup> .	943.300		943.300		943.300		943.300		943.300	
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup> .	1.83		1.98		2.05		2.11		2.05	
Nº DE TARA		2	6	3	1	64	21	4	52	59	70
DETERMINACIÓN		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	gr.	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	475.000	475.000	460.000	460.000	444.800	444.800	427.000	427.000	422.000	422.000
PESO DE LA TARA	gr.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PESO DEL AGUA	gr.	25.000	25.000	40.000	40.000	55.200	55.200	73.000	73.000	78.000	78.000
PESO MUESTRA SECA	gr.	474.000	474.000	460.000	460.000	444.800	444.800	427.000	427.000	422.000	422.000
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.27	5.27	8.70	8.70	12.41	12.41	17.10	17.10	18.48	18.48
HUMEDAD PROMEDIO	%	5.27		8.70		12.41		17.10		18.48	
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup> .	1.736		1.818		1.820		1.801		1.730	

**GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO**



Densidad seca gr/cm<sup>3</sup>.

Contenido de Humedad %

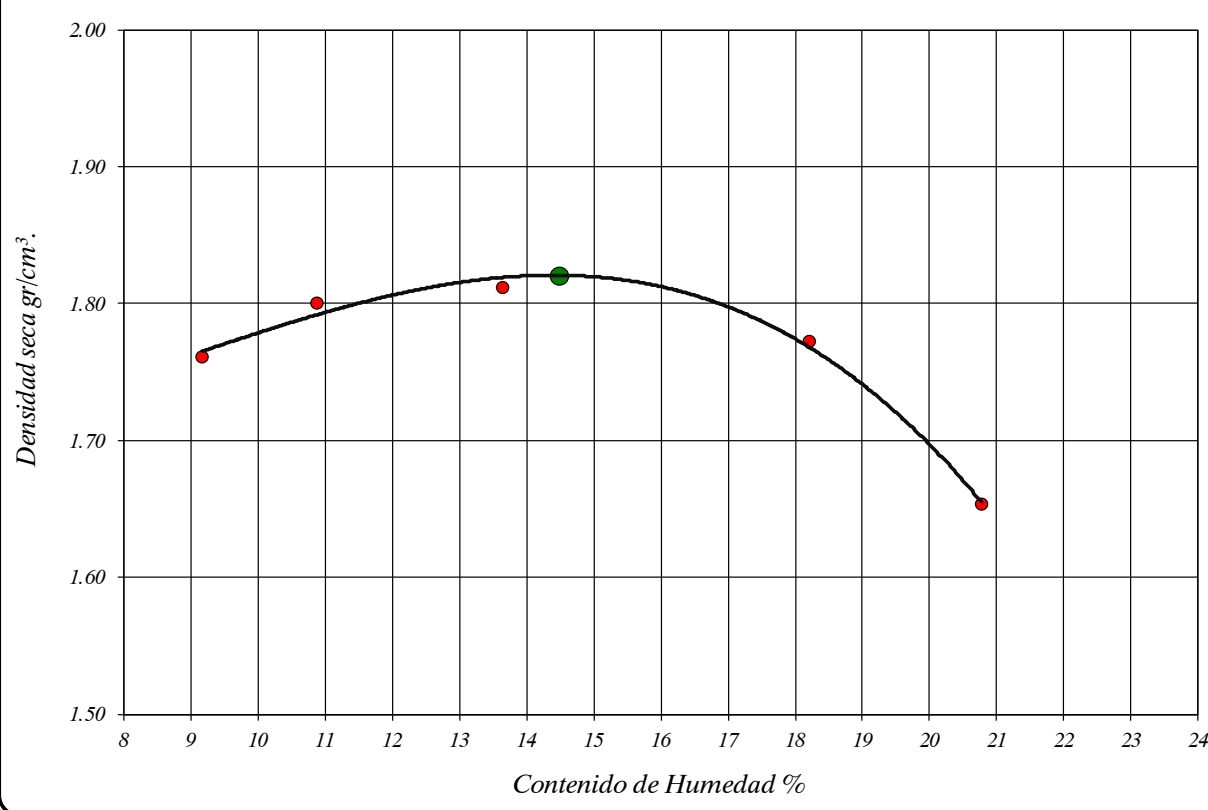
1.833

<b>Máxima Densidad Seca</b>	:	1.833 gr/cm <sup>3</sup> .
<b>Humedad Optima</b>	:	12.40 %

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO : MTC E 115-2000; ASTM D 1557											
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y MÁXIMA DENSIDAD SECA COMPACTADA											
<b>PROYECTO</b>	<b>ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019</b>										
<b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN :</b>	<b>METODO A</b>										
<b>UBICACIÓN</b>	UMARI - PACHITEA										
<b>OXIDO DE CALCIO AL 4%</b>											
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr	5970.0		6039.0		6098.0		6132		6040	
PESO DEL MOLDE	gr	4156		4156		4156		4156		4156	
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr	1,814.00		1,883.00		1,942.00		1,976.00		1,884.00	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	943.300		943.300		943.300		943.300		943.300	
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	1.92		2.00		2.06		2.09		2.00	
Nº DE TARA		2	6	3	1	64	21	4	52	59	70
DETERMINACIÓN		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	gr	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr	458.000	458.000	451.000	451.000	440.000	440.000	423.000	423.000	414.000	414.000
PESO DE LA TARA	gr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PESO DEL AGUA	gr	42.000	42.000	49.000	49.000	60.000	60.000	77.000	77.000	86.000	86.000
PESO MUESTRA SECA	gr	458.000	458.000	451.000	451.000	440.000	440.000	423.000	423.000	414.000	414.000
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	9.17	9.17	10.86	10.86	13.64	13.64	18.20	18.20	20.77	20.77
HUMEDAD PROMEDIO	%	9.17		10.86		13.64		18.20		20.77	
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.762		1.801		1.812		1.772		1.654	

**GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO**



*Densidad seca gr/cm<sup>3</sup>*

*Contenido de Humedad %*

<b>Máxima Densidad Seca</b>	: 1.820 gr/cm <sup>3</sup> .
<b>Humedad Óptima</b>	: 14.50 %

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO : MTC E 115-2000; ASTM D 1557**

**CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y MÁXIMA DENSIDAD SECA COMPACTADA**

**PROYECTO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

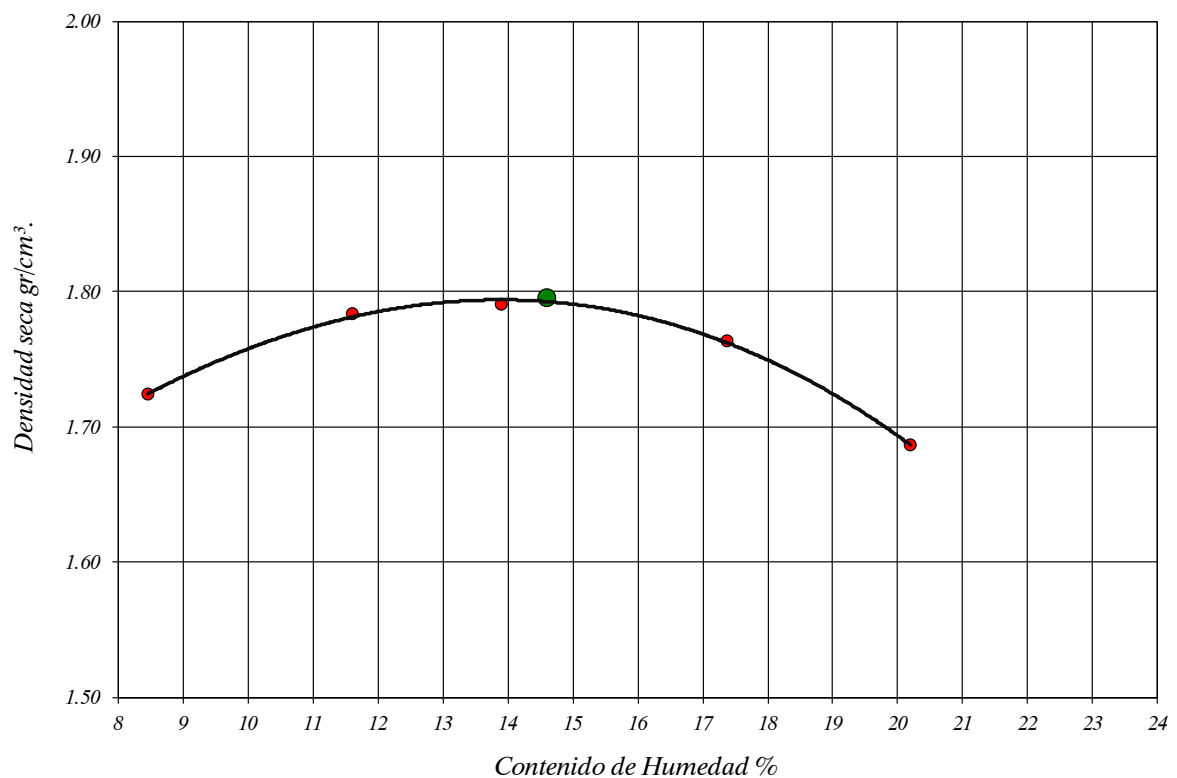
**MÉTODO DE COMPACTACIÓN :** METODO A

**UBICACIÓN :** UMARI - PACHITEA

**OXIDO DE CALCIO AL 6%**

PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	5920.0		6034.0		6080.0		6109		6068	
PESO DEL MOLDE	gr.	4156		4156		4156		4156		4156	
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	1,764.00		1,878.00		1,924.00		1,953.00		1,912.00	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup> .	943.300		943.300		943.300		943.300		943.300	
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup> .	1.87		1.99		2.04		2.07		2.03	
Nº DE TARA		2	6	3	1	64	21	4	52	59	70
DETERMINACIÓN		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	gr.	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	461.000	461.000	448.000	448.000	439.000	439.000	426.000	426.000	416.000	416.000
PESO DE LA TARA	gr.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PESO DEL AGUA	gr.	39.000	39.000	52.000	52.000	61.000	61.000	74.000	74.000	84.000	84.000
PESO MUESTRA SECA	gr.	461.000	461.000	448.000	448.000	439.000	439.000	426.000	426.000	416.000	416.000
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	8.46	8.46	11.61	11.61	13.90	13.90	17.37	17.37	20.19	20.19
HUMEDAD PROMEDIO	%	8.46		11.61		13.90		17.37		20.19	
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup> .	1.724		1.784		1.791		1.764		1.686	

**GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO**



**Máxima Densidad Seca :** 1.795 gr/cm<sup>3</sup>.

**Humedad Optima :** 14.60 %



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO : MTC E 115-2000; ASTM D 1557**

**CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y MÁXIMA DENSIDAD SECA COMPACTADA**

**PROYECTO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

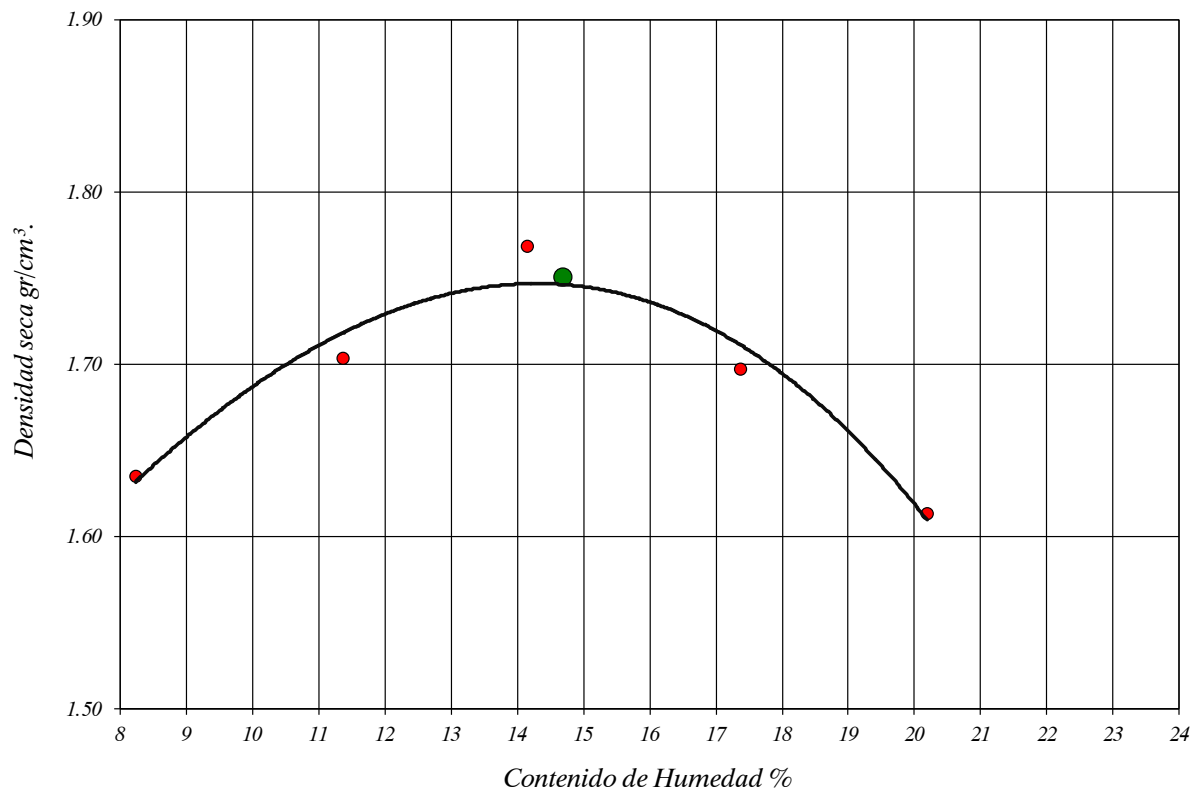
**MÉTODO DE COMPACTACIÓN :** METODO A

**UBICACIÓN :** UMARI - PACHITEA

**OXIDO DE CALCIO AL 8%**

<b>PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE</b>	gr.	5825.0	5945.0	6040.0	6035	5985					
<b>PESO DEL MOLDE</b>	gr.	4156	4156	4136	4156	4156					
<b>PESO MUESTRA HÚMEDA</b>	gr.	1,669.00	1,789.00	1,904.00	1,879.00	1,829.00					
<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	cm <sup>3</sup> .	943.300	943.300	943.300	943.300	943.300					
<b>DENSIDAD HÚMEDA</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	1.77	1.90	2.02	1.99	1.94					
<b>N° DE TARA</b>		2	6	3	1	64	21	4	52	59	70
<b>DETERMINACIÓN</b>		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
<b>PESO MUEST. HÚMEDA + TARA</b>	gr.	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
<b>PESO MUESTRA SECA + TARA</b>	gr.	462.000	462.000	449.000	449.000	438.000	438.000	426.000	426.000	416.000	416.000
<b>PESO DE LA TARA</b>	gr.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>PESO DEL AGUA</b>	gr.	38.000	38.000	51.000	51.000	62.000	62.000	74.000	74.000	84.000	84.000
<b>PESO MUESTRA SECA</b>	gr.	462.000	462.000	449.000	449.000	438.000	438.000	426.000	426.000	416.000	416.000
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	%	8.23	8.23	11.36	11.36	14.16	14.16	17.37	17.37	20.19	20.19
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	%	8.23		11.36		14.16		17.37		20.19	
<b>DENSIDAD SECA</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	1.635		1.703		1.768		1.697		1.613	

**GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO**



**Máxima Densidad Seca :** 1.750 gr/cm<sup>3</sup>.

**Humedad Óptima :** 14.70 %

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO : MTC E 115-2000; ASTM D 1557**

**CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y MÁXIMA DENSIDAD SECA COMPACTADA**

**PROYECTO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

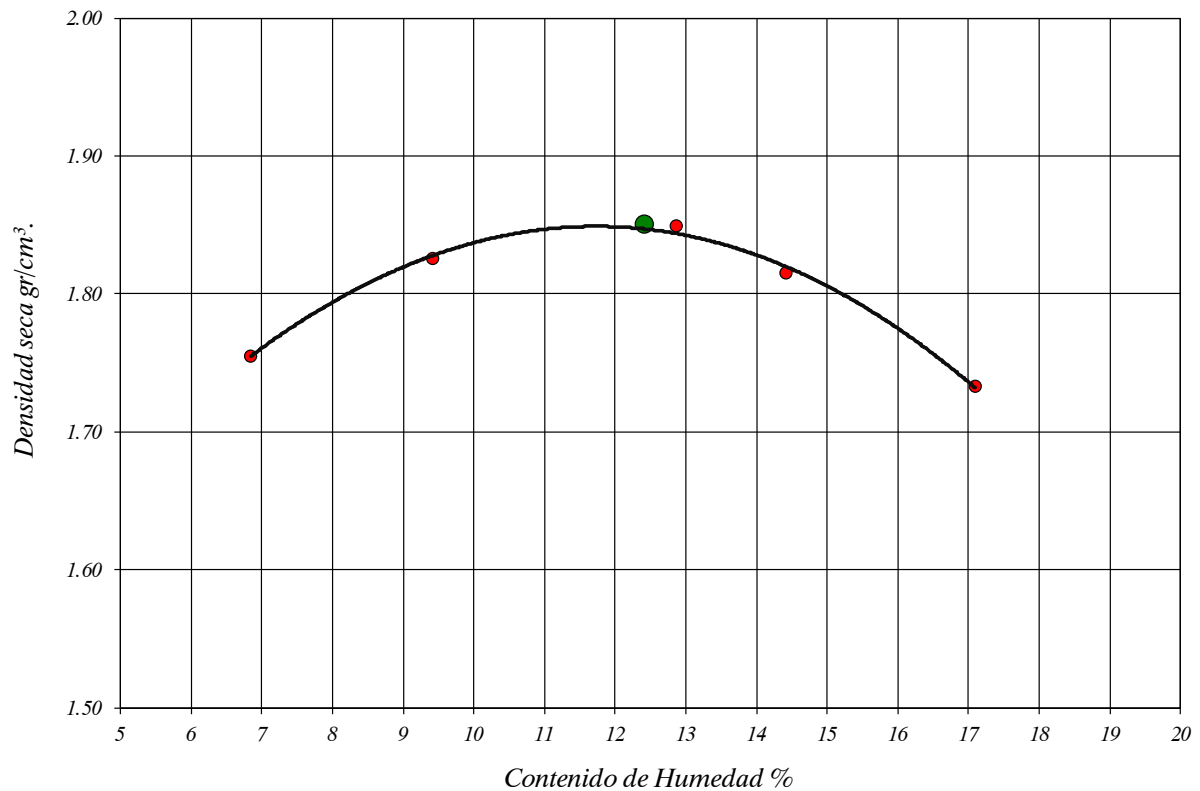
**MÉTODO DE COMPACTACIÓN :** METODO A

**UBICACIÓN :** UMARI - PACHITEA

**CLORURO DE SODIO AL 4%**

PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	5925.0		6040.0		6125.0		6115.0		6070.0	
PESO DEL MOLDE	gr.	4156		4156		4156		4156		4156	
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	1,769.00		1,884.00		1,969.00		1,959.00		1,914.00	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup> .	943.300		943.300		943.300		943.300		943.300	
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup> .	1.88		2.00		2.09		2.08		2.03	
Nº DE TARA		2	6	3	1	64	21	4	52	59	70
DETERMINACIÓN		SUPERIOR		INFERIOR		SUPERIOR		INFERIOR		SUPERIOR	
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	gr.	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	468.000	468.000	457.000	457.000	443.000	443.000	437.000	437.000	427.000	427.000
PESO DE LA TARA	gr.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PESO DEL AGUA	gr.	32.000	32.000	43.000	43.000	57.000	57.000	63.000	63.000	73.000	73.000
PESO MUESTRA SECA	gr.	468.000	468.000	457.000	457.000	443.000	443.000	437.000	437.000	427.000	427.000
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	6.84	6.84	9.41	9.41	12.87	12.87	14.42	14.42	17.10	17.10
HUMEDAD PROMEDIO	%	6.84		9.41		12.87		14.42		17.10	
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup> .	1.755		1.825		1.849		1.815		1.733	

**GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO**



**Máxima Densidad Seca :** 1.850 gr/cm<sup>3</sup>.

**Humedad Óptima :** 12.42 %

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO : MTC E 115-2000; ASTM D 1557**

**CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y MÁXIMA DENSIDAD SECA COMPACTADA**

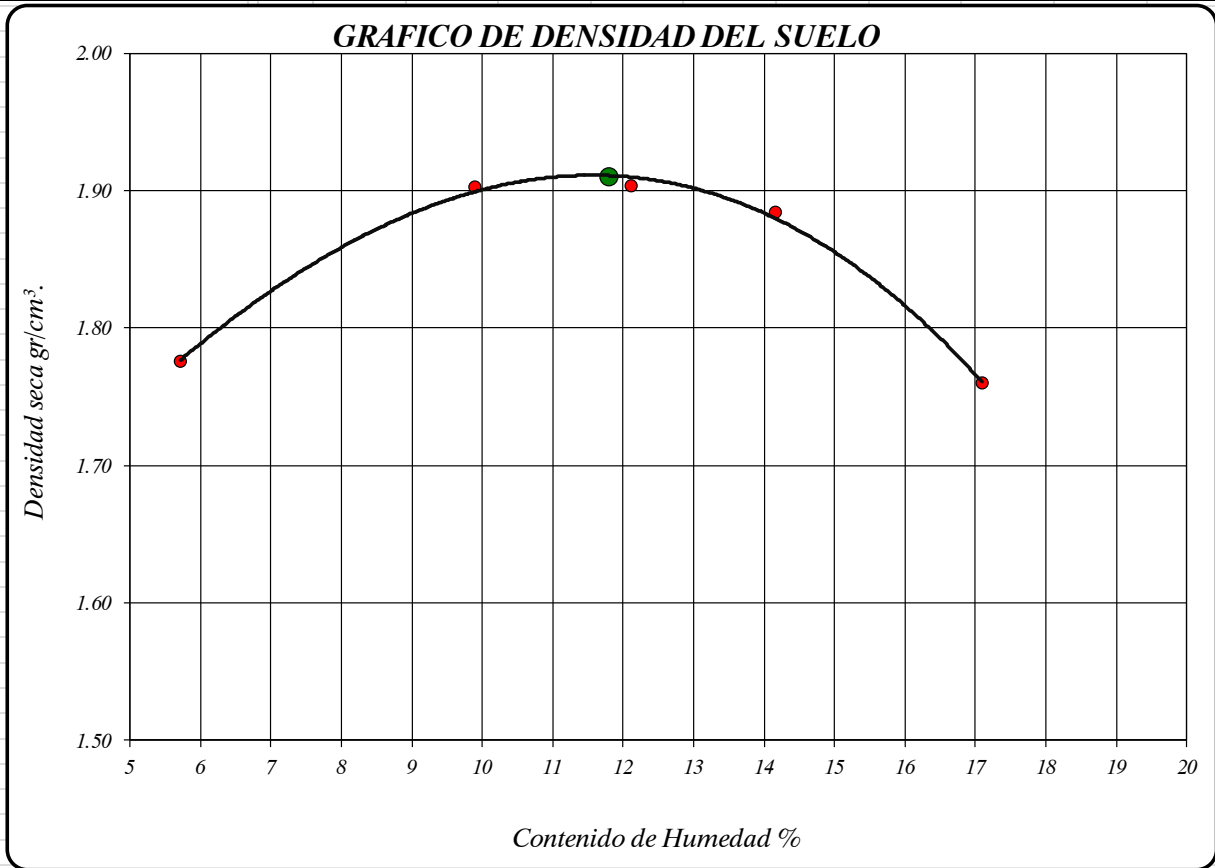
**PROYECTO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

**MÉTODO DE COMPACTACIÓN :** METODO A

**UBICACIÓN :** UMARI - PACHITEA

**CLORURO DE SODIO AL 6%**

PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	5927.0	6128.0	6169.0	6185.0	6100.0					
PESO DEL MOLDE	gr.	4156	4156	4156	4156	4156					
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	1,771.00	1,972.00	2,013.00	2,029.00	1,944.00					
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup> .	943.300	943.300	943.300	943.300	943.300					
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup> .	1.88	2.09	2.13	2.15	2.06					
Nº DE TARA		2	6	3	1	64	21	4	52	59	70
DETERMINACIÓN		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	gr.	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	473.000	473.000	455.000	455.000	446.000	446.000	438.000	438.000	427.000	427.000
PESO DE LA TARA	gr.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PESO DEL AGUA	gr.	27.000	27.000	45.000	45.000	54.000	54.000	62.000	62.000	73.000	73.000
PESO MUESTRA SECA	gr.	473.000	473.000	455.000	455.000	446.000	446.000	438.000	438.000	427.000	427.000
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.71	5.71	9.89	9.89	12.11	12.11	14.16	14.16	17.10	17.10
HUMEDAD PROMEDIO	%	5.71		9.89		12.11		14.16		17.10	
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup> .	1.776		1.902		1.904		1.884		1.760	



**Máxima Densidad Seca :** 1.910 gr/cm<sup>3</sup>.

**Humedad Optima :** 11.80 %

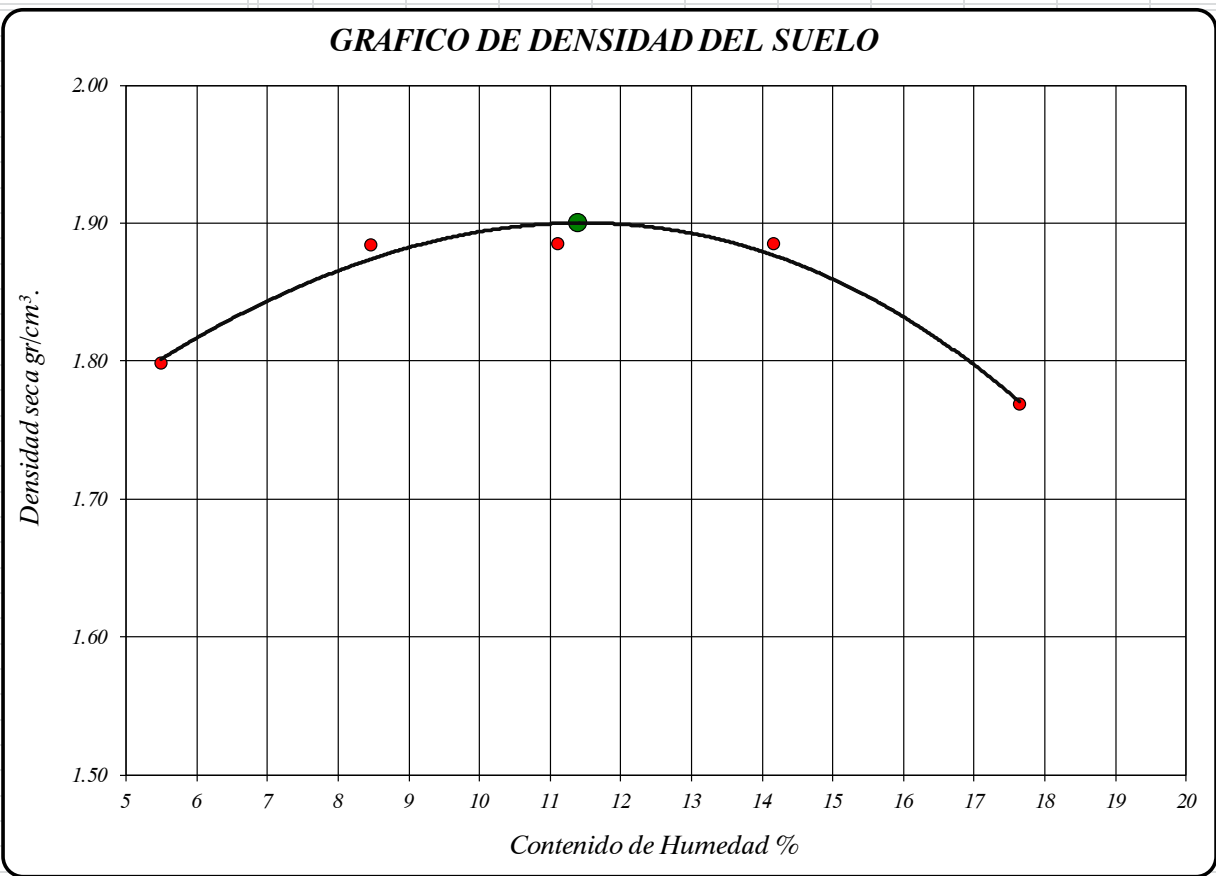
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO : MTC E 115-2000; ASTM D 1557**  
**CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y MÁXIMA DENSIDAD SECA COMPACTADA**

**PROYECTO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

**MÉTODO DE COMPACTACIÓN :** METODO A

**UBICACIÓN :** UMARI - PACHITEA  
**CLORURO DE SODIO AL 8%**

PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	5946.0	6084.0	6132.0	6186.0	6119					
PESO DEL MOLDE	gr.	4156	4156	4156	4156	4156					
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	1,790.00	1,928.00	1,976.00	2,030.00	1,963.00					
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup> .	943.300	943.300	943.300	943.300	943.300					
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup> .	1.90	2.04	2.09	2.15	2.08					
Nº DE TARA		2	6	3	1	64	21	4	52	59	70
DETERMINACIÓN		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	gr.	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	474.000	474.000	461.000	461.000	450.000	450.000	438.000	438.000	425.000	425.000
PESO DE LA TARA	gr.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PESO DEL AGUA	gr.	26.000	26.000	39.000	39.000	50.000	50.000	62.000	62.000	75.000	75.000
PESO MUESTRA SECA	gr.	474.000	474.000	461.000	461.000	450.000	450.000	438.000	438.000	425.000	425.000
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.49	5.49	8.46	8.46	11.11	11.11	14.16	14.16	17.65	17.65
HUMEDAD PROMEDIO	%	5.49		8.46		11.11		14.16		17.65	
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup> .	1.799		1.884		1.885		1.885		1.769	



**Máxima Densidad Seca :** 1.900 gr/cm<sup>3</sup>.  
**Humedad Optima :** 11.40 %

**ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193**

<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019		
<b>UBICACIÓN</b>	: UMARI - PACHITEA- HUANUCO		
<b>SOLICITA</b>	: Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez		<b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN</b> : MÉTODO A
	: Bach. Ing. Ruth Martin Mayo		<b>FECHA</b> : nov-19
<b>GRUPO</b>	: GRUPO CONTROL, GC-01		
<b>SUELO NATURAL</b>			

MUESTRA		01				02				03				
Nº DE MOLDE														
Nº DE CAPAS		05				05				05				
Nº DE GOLPESPOR CAPA		56				25				10				
CONDICIÓN		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		
Peso del molde + suelo humedo	A	gr.	11,943.00	12,175.00	11,780.00	12,292.00	11,028.00	11,656.00						
Peso del molde	B	gr.	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00						
Peso del suelo humedo	C=A-B	gr.	4,597.00	4,829.00	4,434.00	4,946.00	3,682.00	4,310.00						
Volumen del suelo	D	cm <sup>3</sup> .	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90						
Densidad humeda	E=C/D	gr/cc	2.16	2.27	2.09	2.33	1.73	2.03						
Humedad	L	%	12.49				12.49				12.49			
Densidad seca	M=E/(1+L/100)	gr/cc	1.924				1.856				1.541			
IDENTIFICACION DE TARA		1		2		3		4		5		6		
Nº DE TARA		6		7		8		9		10		11		
Peso tara + suelo humedo	F	gr.	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	
Peso tara + suelo seco	G	gr.	444.500	444.500	422.000	422.000	444.500	444.500	421.000	421.000	444.500	444.500	415.000	
Peso de la tara	H	gr.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Peso del agua	I= F-G	gr.	55.500	55.500	78.000	78.000	55.500	55.500	79.000	79.000	55.500	55.500	85.000	
Peso de los solidos	J= G-H	gr.	444.500	444.500	422.000	422.000	444.500	444.500	421.000	421.000	444.500	444.500	415.000	
humedad	K=I/J*100	%	12.486	12.486	18.483	18.483	12.486	12.486	18.765	18.765	12.486	12.486	20.482	
Promedio de humedad	L=(K1+K2/2)	%	12.49		18.48		12.49		18.76		12.49		20.48	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

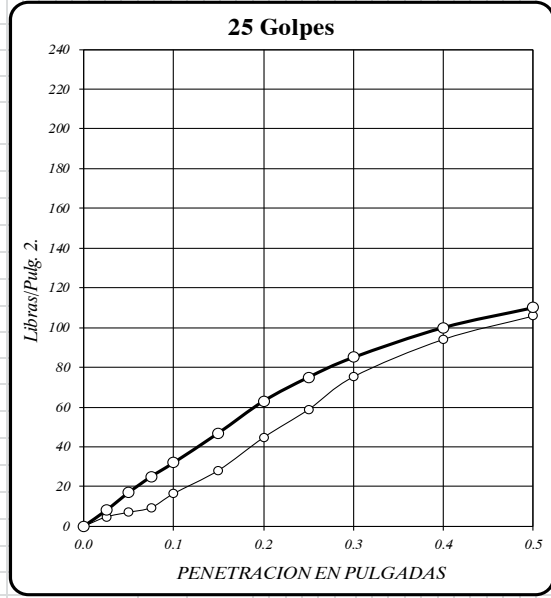
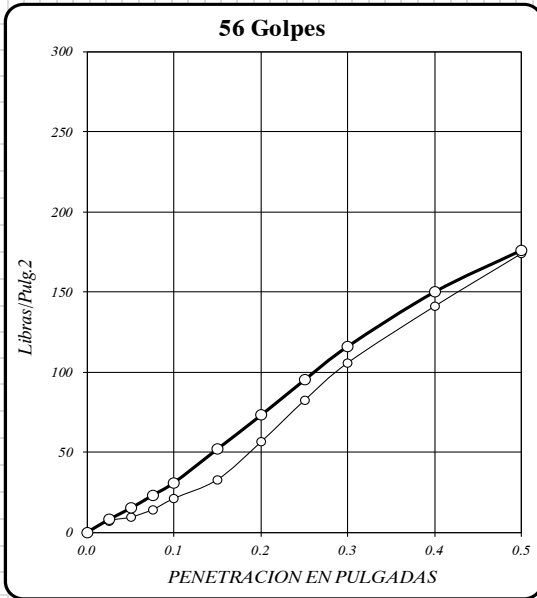
Nº de Molde		0				0				0				
Peso del molde + suelo humedo sin sumergir	M	gr.	11,943.00				11,780.00				11,028.00			
Peso del molde + suelo humedo sumergido	N	gr.	12,175.00				12,292.00				11,656.00			
Peso del agua absorbida	O=N-M	gr.	232.00				512.00				628.00			
Porcentaje del agua absorbida	P=(O/C)*100	%	5.05				11.55				17.06			

**P E N E T R A C I Ó N**

PENETRACION EN PULGADAS	MUESTRA Nº 01					MUESTRA Nº 02					MUESTRA Nº 03				
	LECTURA DIAL	CORRECCION			LECTURA DIAL	CORRECCION			LECTURA DIAL	CORRECCION					
		Libras	Lb/Pulg.2.			Libras	Lb/Pulg.2.			Libras	Lb/Pulg.2.				
0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0			
0.025	3	21.2	7.1	8.0	2	14.1	4.7	8.0	1	7.8	2.6	4.0			
0.050	4	28.2	9.4	15.0	3	21.2	7.1	17.0	2	14.1	4.7	8.0			
0.075	6	42.3	14.1	23.0	4	28.2	9.4	25.0	3	21.2	7.1	12.0			
0.100	9	63.5	21.2	31.0	7	49.4	16.5	32.0	4	28.2	9.4	16.0			
0.150	14	98.8	32.9	52.0	12	84.6	28.2	47.0	5	35.3	11.8	23.0			
0.200	24	169.3	56.4	73.0	19	134.0	44.7	63.0	7	45.9	15.3	30.0			
0.250	35	246.9	82.3	95.0	25	176.4	58.8	75.0	10	70.5	23.5	35.0			
0.300	45	317.4	105.8	116.0	32	225.7	75.2	85.0	13	91.7	30.6	40.0			
0.400	60	423.2	141.1	150.0	40	282.2	94.1	100.0	19	134.0	44.7	50.0			
0.500	74	522.0	174.0	176.0	45	317.4	105.8	110.0	24	167.9	56.0	58.0			

**ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193**

**PROYECTO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019  
**TRAMO :** ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019  
**UBICACIÓN :** UMARI - PACHITEA- HUANUCO  
**SOLICITA :** Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez Bach. Ing. Ruth Martin M.  
**MÉTODO DE COMPACTACIÓN :** MÉTODO A  
**CALICATA :** FECHA :  
**GRUPO :** GRUPO CONTROL, GC-01



DENSIDAD SECA = 1.924 gr/cm<sup>3</sup>.

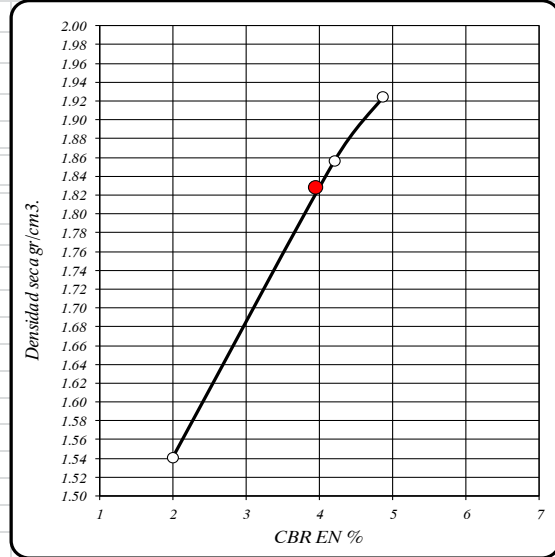
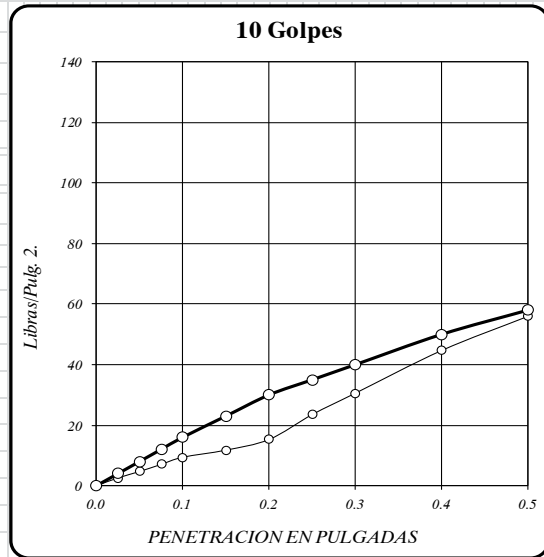
CBR a 0.1" = 3.10 %

CBR a 0.2" = 4.87 %

DENSIDAD SECA = 1.856 gr/cm<sup>3</sup>.

CBR a 0.1" = 3.20 %

CBR a 0.2" = 4.20 %



DENSIDAD SECA = 1.541 gr/cm<sup>3</sup>.

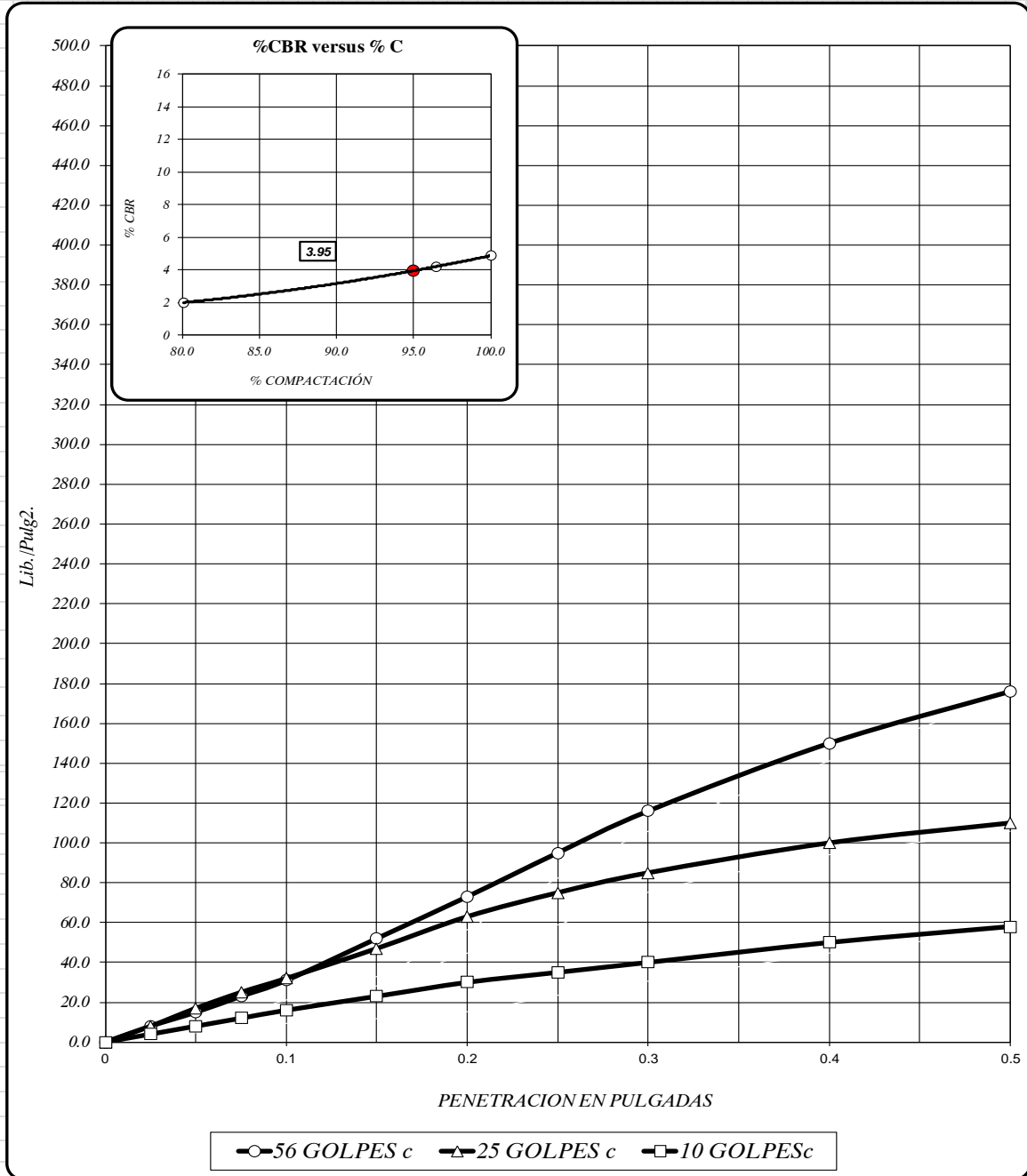
CBR a 0.1" = 1.60 %

CBR a 0.2" = 2.00 %

RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR 0.1"	DENSIDAD
CBR CON 56 GOLPES =	4.87 %	1.924 gr/cm <sup>3</sup> .
CBR CON 25 GOLPES =	4.20 %	1.856 gr/cm <sup>3</sup> .
CBR CO 10 GOLPES =	2.00 %	1.541 gr/cm <sup>3</sup> .
CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX =	4.87 %	
CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX =	3.95 %	

**ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193**

**PROYECTO** : ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO  
**TRAMO** : ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019  
**UBICACIÓN** : UMARI - PACHITEA- HUANUCO  
**SOLICITA** : Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez Bach. Ing. Ruth Martin Mayo **MÉTODO DE COMPACTACIÓN** : MÉTODO A  
**CALICATA** : **FECHA** :  
**GRUPO** : GRUPO CONTROL, GC-01



56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES		CBR DE DISEÑO	
DENSIDAD SECA = 1.924 gr/cm <sup>3</sup> .		DENSIDAD SECA = 1.856 gr/cm <sup>3</sup> .		DENSIDAD SECA = 1.541 gr/cm <sup>3</sup> .		CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX. = 4.87 %	
CBR a 0.1" = 3.10 %		CBR a 0.1" = 3.20 %		CBR a 0.1" = 1.60 %		CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX. = 3.95 %	
CBR a 0.2" = 4.87 %		CBR a 0.2" = 4.20 %		CBR a 0.2" = 2.00 %			

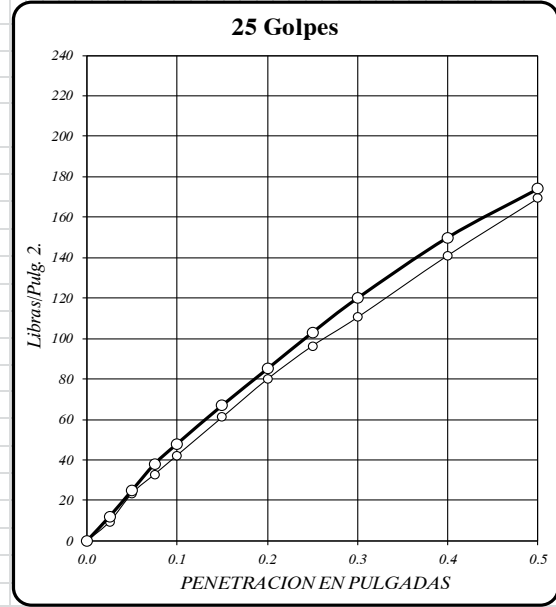
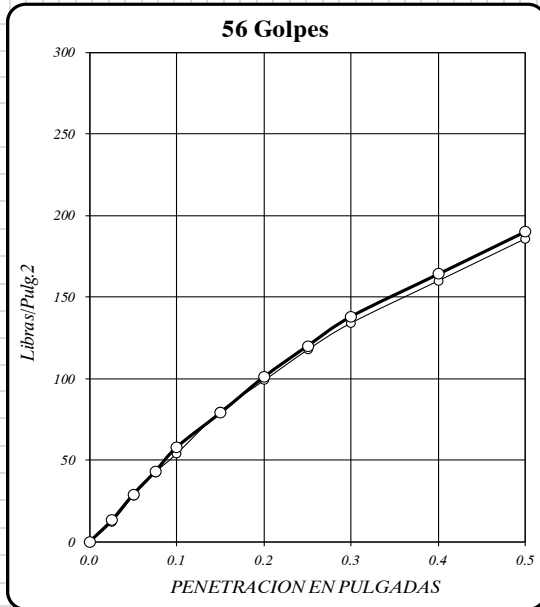
<b>ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193</b>													
<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019												
<b>UBICACIÓN</b>	: UMARI - PACHITEA- HUANUCO												
<b>SOLICITA</b>	: Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez						<b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN :</b> MÉTODO A						
	: Bach. Ing. Ruth Martín Mayo						<b>FECHA</b> : nov-19						
<b>GRUPO</b>	: GRUPO EXPERIMENTAL, GE-01												
CLORURO DE SODIO 4%													
<b>MUESTRA</b>	01				02				03				
<b>Nº DE MOLDE</b>													
<b>Nº DE CAPAS</b>	05				05				05				
<b>Nº DE GOLPESPOR CAPA</b>	56				25				10				
<b>CONDICIÓN</b>	SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			
<b>Peso del molde + suelo humedo A</b>	gr.	11,669.00	11,881.00	11,428.00	11,713.00	11,075.00	11,545.00						
<b>Peso del molde B</b>	gr.	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00						
<b>Peso del suelo humedo C=A-B</b>	gr.	4,323.00	4,535.00	4,082.00	4,367.00	3,729.00	4,199.00						
<b>Volumen del suelo D</b>	cm <sup>3</sup> .	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90						
<b>Densidad humeda E=C/D</b>	gr/cc	2.04	2.14	1.92	2.06	1.76	1.98						
<b>Humedad L</b>	%	12.87				12.87				12.87			
<b>Densidad seca M=E/(1+L/100)</b>	gr/cc	1.803				1.703				1.556			
<b>IDENTIFICACION DE TARA</b>													
<b>Nº DE TARA</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	18	16	118	109	121	122	116	117	119	120	116	114	
<b>Peso tara + suelo humedo F</b>	gr.	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	
<b>Peso tara + suelo seco G</b>	gr.	443.000	443.000	432.000	432.000	443.000	443.000	426.000	426.000	443.000	443.000	414.000	
<b>Peso de la tara H</b>	gr.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
<b>Peso del agua I= F-G</b>	gr.	57.000	57.000	68.000	68.000	57.000	57.000	74.000	74.000	57.000	57.000	86.000	
<b>Peso de los solidos J= G-H</b>	gr.	443.000	443.000	432.000	432.000	443.000	443.000	426.000	426.000	443.000	443.000	414.000	
<b>humedad K=I/J*100</b>	%	12.867	12.867	15.741	15.741	12.867	12.867	17.371	17.371	12.867	12.867	20.773	
<b>Promedio de humedad L=(K1+K2/2)</b>	%	12.87		15.74		12.87		17.37		12.87		20.77	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>													
<b>Nº de Molde</b>	0				0				0				
<b>Peso del molde + suelo humedo sin sumergir M</b>	gr.	11,669.00				11,428.00				11,075.00			
<b>Peso del molde + suelo humedo sumergido N</b>	gr.	11,881.00				11,713.00				11,545.00			
<b>Peso del agua absorbida O=N-M</b>	gr.	212.00				285.00				470.00			
<b>Porcentaje del agua absorbida P=(O/C)*100</b>	%	4.90				6.98				12.60			
<b>P E N E T R A C I Ó N</b>													
<b>PENETRACION EN PULGADAS</b>	<b>LECTURA DIAL</b>	<b>MUESTRA Nº 01</b>			<b>MUESTRA Nº 02</b>			<b>MUESTRA Nº 03</b>					
		<b>CORRECCION</b>			<b>CORRECCION</b>			<b>CORRECCION</b>					
		Libras	Lb/Pulg.2.		Libras	Lb/Pulg.2.		Libras	Lb/Pulg.2.				
0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	
0.025	5	35.3	11.8	13.0	4	28.2	9.4	12.0	3	21.2	7.1	8.0	
0.050	12	84.6	28.2	29.0	10	70.5	23.5	25.0	7	49.4	16.5	18.0	
0.075	18	127.0	42.3	43.0	14	98.8	32.9	38.0	10	70.5	23.5	27.0	
0.100	23	162.2	54.1	58.0	18	127.0	42.3	48.0	14	98.8	32.9	34.0	
0.150	34	239.8	79.9	79.0	26	183.4	61.1	67.0	20	141.1	47.0	49.0	
0.200	42	296.3	98.8	101.0	34	239.8	79.9	85.0	27	190.5	63.5	65.0	
0.250	50	352.7	117.6	120.0	41	289.2	96.4	103.0	34	239.8	79.9	82.0	
0.300	57	402.1	134.0	138.0	47	331.5	110.5	120.0	40	282.2	94.1	96.0	
0.400	68	479.7	159.9	164.0	60	423.2	141.1	150.0	52	366.8	122.3	124.0	
0.500	79	557.3	185.8	190.0	72	507.9	169.3	174.0	61	430.3	143.4	144.0	



**ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193**

**PROYECTO :**  
**TRAMO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

**UBICACIÓN :** Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez Bach. Ing. Ruth Martin Mayo  
**SOLICITA :** FECHA  
**CALICATA :** GRUPO EXPERIMENTAL, GE-01 FECHA :



DENSIDAD SECA = 1.803 gr/cm3.

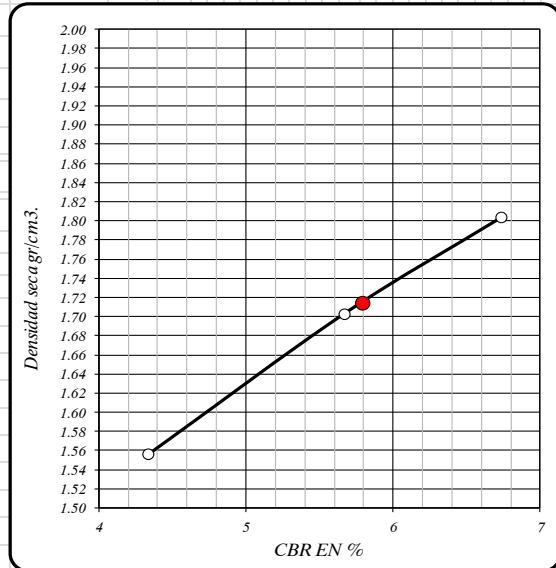
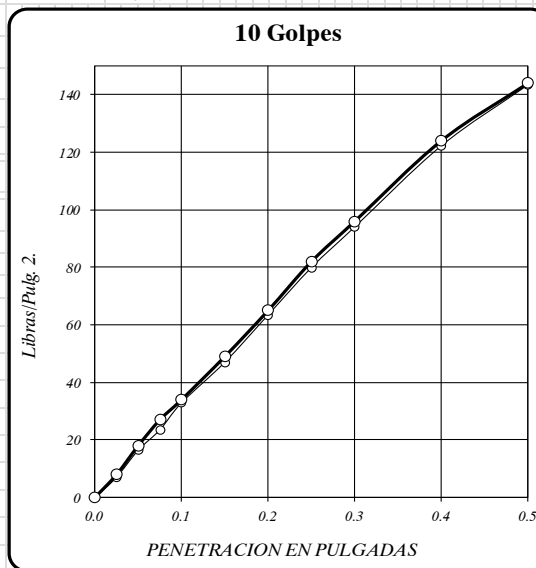
CBR a 0.1" = 5.80 %

CBR a 0.2" = 6.73 %

DENSIDAD SECA = 1.703 gr/cm3.

CBR a 0.1" = 4.80 %

CBR a 0.2" = 5.67 %



DENSIDAD SECA = 1.556 gr/cm3.

CBR a 0.1" = 3.40 %

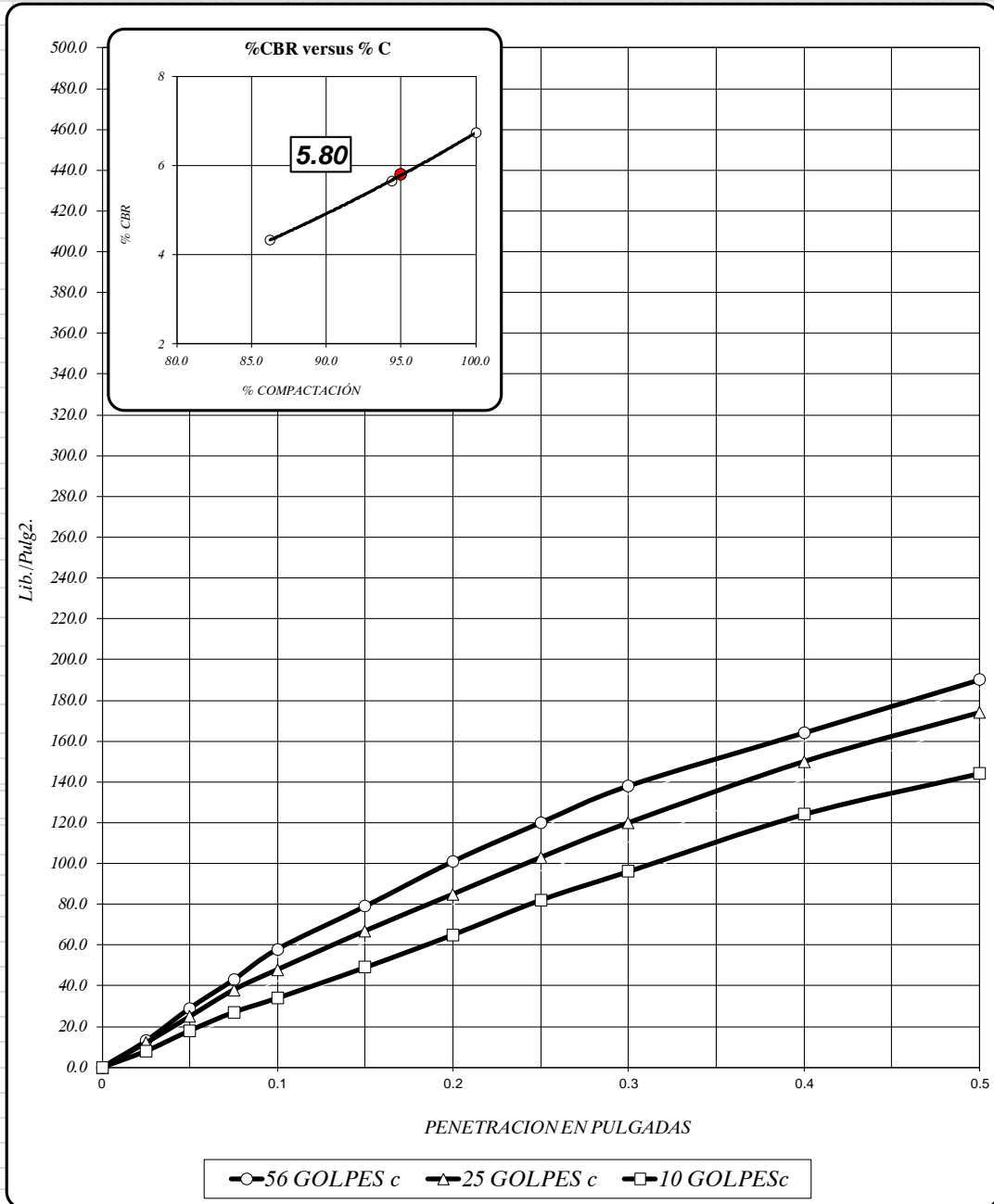
CBR a 0.2" = 4.33 %

RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR 0.1"	DENSIDAD
CBR CON 56 GOLPES =	6.73 %	1.803 gr/cm3.
CBR CON 25 GOLPES =	5.67 %	1.703 gr/cm3.
CBR CON 10 GOLPES =	4.33 %	1.556 gr/cm3.
CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX. =	6.73 %	
CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX. =	<b>5.80 %</b>	

**ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193**

**PROYECTO :**  
**TRAMO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

**UBICACIÓN :** Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez Bach. Ing. Ruth Martin Mayo  
**SOLICITA :** FECHA  
**CALICATA :** GRUPO EXPERIMENTAL, GE-01 FECHA :



56 GOLPES	25 GOLPES	10 GOLPES	CBR DE DISEÑO	
DENSIDAD SECA = 1.803 gr/cm <sup>3</sup> .	DENSIDAD SECA = 1.703 gr/cm <sup>3</sup> .	DENSIDAD SECA = 1.556 gr/cm <sup>3</sup> .	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX. =	6.73 %
CBR a 0.1" = 5.80 %	CBR a 0.1" = 4.80 %	CBR a 0.1" = 3.40 %	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX. =	<b>5.80 %</b>
CBR a 0.2" = 6.73 %	CBR a 0.2" = 5.67 %	CBR a 0.2" = 4.33 %		

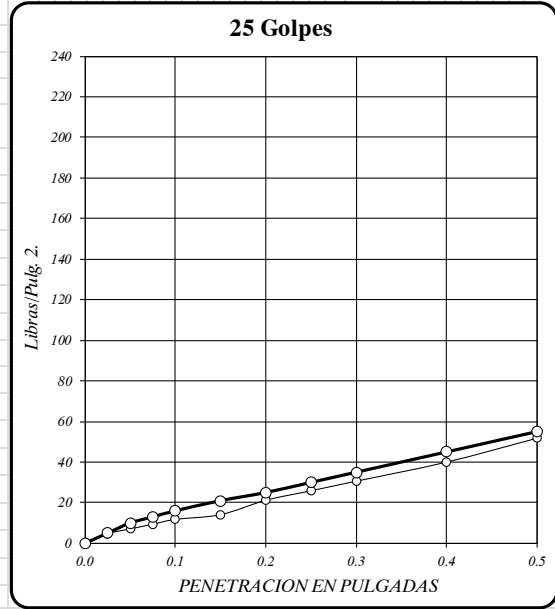
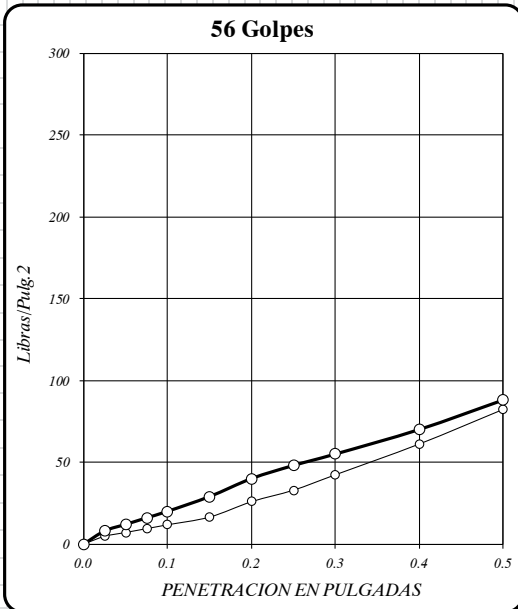
<b>ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193</b>													
<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019												
<b>UBICACIÓN</b>	: UMARI - PACHITEA- HUANUCO												
<b>SOLICITA</b>	: Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez : Bach. Ing. Ruth Martin Mayo						<b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN</b> : MÉTODO A						
<b>GRUPO</b>	: GRUPO EXPERIMENTAL, GE-02												
<b>CLORURO DE SODIO 6%</b>													
<b>MUESTRA</b>	01				02				03				
<b>Nº DE MOLDE</b>													
<b>Nº DE CAPAS</b>	05				05				05				
<b>Nº DE GOLPESPOR CAPA</b>	56				25				10				
<b>CONDICIÓN</b>	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		
<b>Peso del molde + suelo humedo A</b>	gr.	12,104.00	12,312.00	11,819.00	12,123.00	11,551.00	12,312.00						
<b>Peso del molde B</b>	gr.	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00						
<b>Peso del suelo humedo C=A-B</b>	gr.	4,758.00	4,966.00	4,473.00	4,777.00	4,205.00	4,966.00						
<b>Volumen del suelo D</b>	cm <sup>3</sup> .	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90						
<b>Densidad humeda E=C/D</b>	gr/cc	2.24	2.34	2.11	2.25	1.98	2.34						
<b>Humedad L</b>	%	11.86		11.86		11.86							
<b>Densidad seca M=E/(1+L/100)</b>	gr/cc	2.003		1.883		1.770							
<b>IDENTIFICACION DE TARA</b>													
<b>Nº DE TARA</b>	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12												
<b>Peso tara + suelo humedo F</b>	gr.	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	
<b>Peso tara + suelo seco G</b>	gr.	447.000	447.000	413.000	413.000	447.000	447.000	421.000	421.000	447.000	447.000	423.000	
<b>Peso de la tara H</b>	gr.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
<b>Peso del agua I= F-G</b>	gr.	53.000	53.000	87.000	87.000	53.000	53.000	79.000	79.000	53.000	53.000	77.000	
<b>Peso de los solidos J= G-H</b>	gr.	447.000	447.000	413.000	413.000	447.000	447.000	421.000	421.000	447.000	447.000	423.000	
<b>humedad K=I/J*100</b>	%	11.857	11.857	21.065	21.065	11.857	11.857	18.765	18.765	11.857	11.857	18.203	
<b>Promedio de humedad L=(K1+K2/2)</b>	%	11.86		21.07		11.86		18.76		11.86		18.20	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>													
<b>Nº de Molde</b>	0				0				0				
<b>Peso del molde + suelo humedo sin sumergir M</b>	gr.	12,104.00				11,819.00				11,551.00			
<b>Peso del molde + suelo humedo sumergido N</b>	gr.	12,312.00				12,123.00				12,312.00			
<b>Peso del agua absorbida O=N-M</b>	gr.	208.00				304.00				761.00			
<b>Porcentaje del agua absorbida P=(O/C)*100</b>	%	4.37				6.80				18.10			
<b>P E N E T R A C I Ó N</b>													
<b>PENETRACION EN PULGADAS</b>	<b>MUESTRA Nº 01</b>				<b>MUESTRA Nº 02</b>				<b>MUESTRA Nº 03</b>				
	<b>LECTURA DIAL</b>	<b>CORRECCION</b>			<b>LECTURA DIAL</b>	<b>CORRECCION</b>			<b>LECTURA DIAL</b>	<b>CORRECCION</b>			
		Libras	Lb/Pulg.2.		Libras	Lb/Pulg.2.		Libras	Lb/Pulg.2.		Libras	Lb/Pulg.2.	
0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	
0.025	2	14.1	4.7	8.0	2	14.1	4.7	5.0	1	7.1	2.4	2.4	
0.050	3	21.2	7.1	12.0	3	21.2	7.1	10.0	2	14.1	4.7	4.7	
0.075	4	28.2	9.4	16.0	4	28.2	9.4	13.0	3	21.2	7.1	7.1	
0.100	5	35.3	11.8	20.0	5	35.3	11.8	16.0	4	28.2	9.4	9.4	
0.150	7	49.4	16.5	29.0	6	42.3	14.1	21.0	6	42.3	14.1	14.1	
0.200	11	77.6	25.9	40.0	9	63.5	21.2	25.0	8	56.4	18.8	18.8	
0.250	14	98.8	32.9	48.0	11	77.6	25.9	30.0	10	70.5	23.5	23.5	
0.300	18	127.0	42.3	55.0	13	91.7	30.6	35.0	12	84.6	28.2	28.2	
0.400	26	183.4	61.1	70.0	17	119.9	40.0	45.0	14	98.8	32.9	32.9	
0.500	35	246.9	82.3	88.0	22	155.2	51.7	55.0	15	105.8	35.3	35.3	

**ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193**

**PROYECTO :**  
**TRAMO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

**UBICACIÓN :** Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez  
 Bach. Ing. Ruth Martin Mayo

**SOLICITA :** **FECHA :**  
**CALICATA :** GRUPO EXPERIMENTAL, GE-02 **FECHA :**



DENSIDAD SECA = 2.003 gr/cm3.

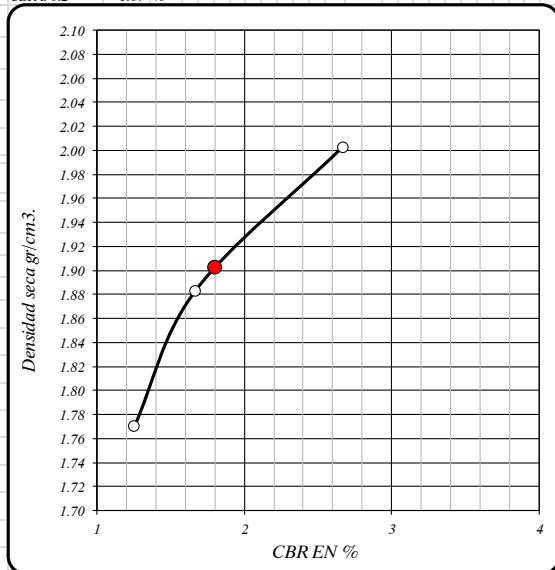
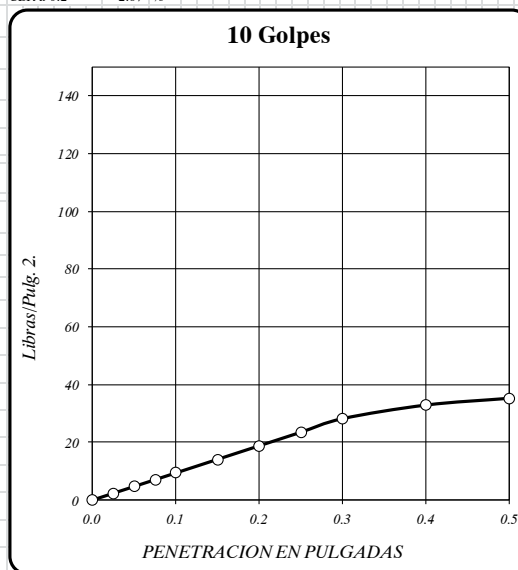
CBR a 0.1" = 2.00 %

CBR a 0.2" = 2.67 %

DENSIDAD SECA = 1.883 gr/cm3.

CBR a 0.1" = 1.60 %

CBR a 0.2" = 1.67 %



DENSIDAD SECA = 1.770 gr/cm3.

CBR a 0.1" = 0.94 %

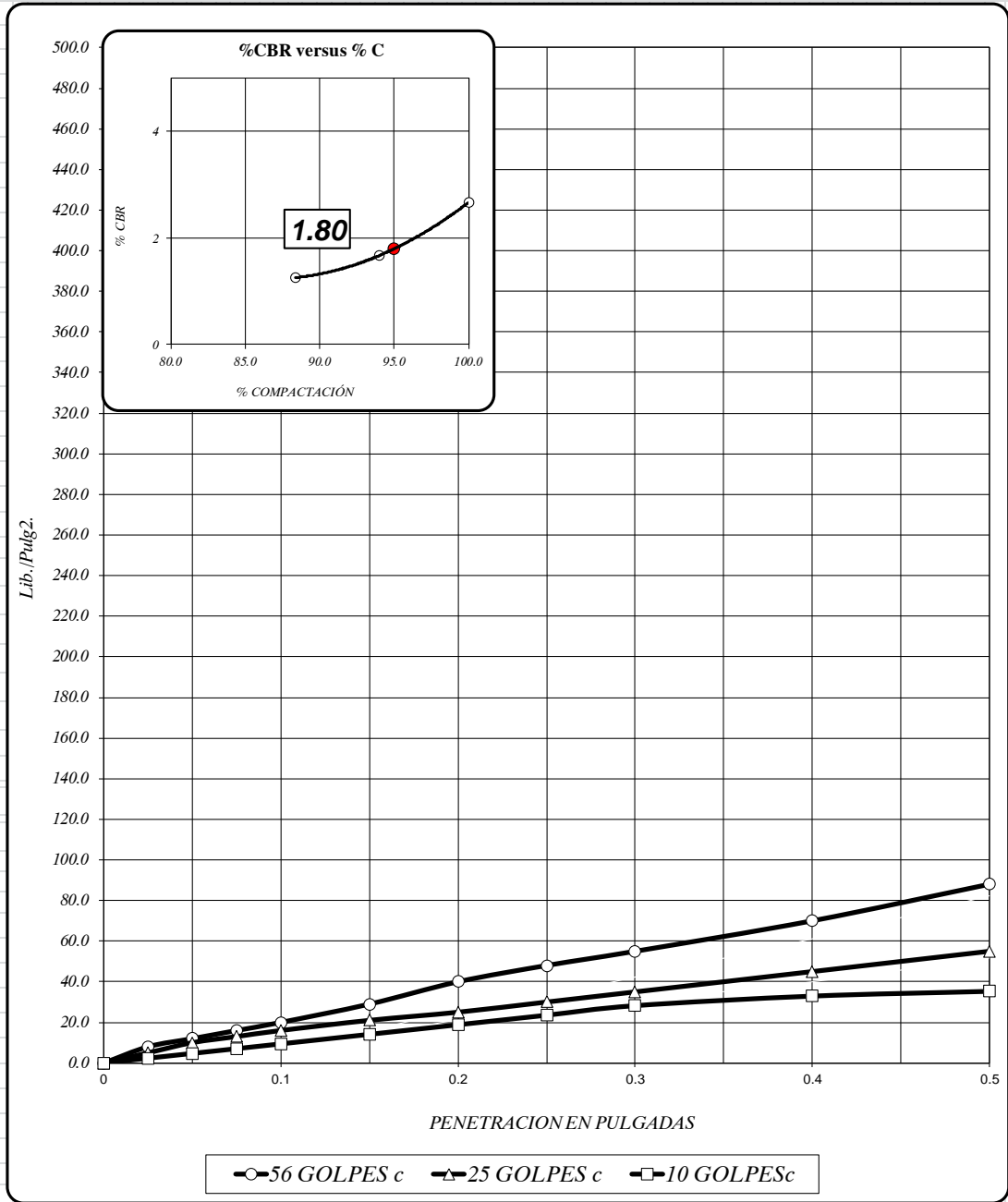
CBR a 0.2" = 1.25 %

RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR 0.1"	DENSIDAD
CBR CON 56 GOLPES =	2.67 %	2.003 gr/cm3.
CBR CON 25 GOLPES =	1.67 %	1.883 gr/cm3.
CBR CO 10 GOLPES =	1.25 %	1.770 gr/cm3.
CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX. =	2.67 %	
CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX. =	<b>1.80 %</b>	

**ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193**

**PROYECTO :**  
**TRAMO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

**UBICACIÓN :** Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez, Bach. Ing. Ruth Martín Mayo  
**SOLICITA :** FECHA  
**CALICATA :** GRUPO EXPERIMENTAL, GE-02 FECHA :



56 GOLPES	25 GOLPES	10 GOLPES	CBR DE DISEÑO
DENSIDAD SECA = 2.003 gr/cm <sup>3</sup> .	DENSIDAD SECA = 1.883 gr/cm <sup>3</sup> .	DENSIDAD SECA = 1.770 gr/cm <sup>3</sup> .	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX = 2.67 %
CBR a 0.1" = 2.00 %	CBR a 0.1" = 1.60 %	CBR a 0.1" = 0.94 %	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX = <b>1.80</b> %
CBR a 0.2" = 2.67 %	CBR a 0.2" = 1.67 %	CBR a 0.2" = 1.25 %	

**ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193**

<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019												
<b>UBICACIÓN</b>	: UMARI - PACHITEA- HUANUCO												
<b>SOLICITA</b>	: Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez						<b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN</b> : MÉTODO A						
	: Bach. Ing. Ruth Martín Mayo						<b>FECHA</b> : nov-19						
<b>GRUPO</b>	: GRUPO EXPERIMENTAL, GE-04												
													CAL 4%

MUESTRA		01				02				03				
Nº DE MOLDE														
Nº DE CAPAS		05				05				05				
Nº DE GOLPESPOR CAPA		56				25				10				
CONDICIÓN		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		
Peso del molde + suelo humedo	A	gr.	11,901.00	12,058.00	11,596.00	11,904.00	11,384.00	11,765.00						
Peso del molde	B	gr.	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00						
Peso del suelo humedo	C=A-B	gr.	4,555.00	4,712.00	4,250.00	4,558.00	4,038.00	4,419.00						
Volumen del suelo	D	cm <sup>3</sup> .	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90						
Densidad humeda	E=C/D	gr/cc	2.14	2.22	2.00	2.15	1.90	2.08						
Humedad	L	%	14.55				14.55				14.55			
Densidad seca	M=E/(1+L/100)	gr/cc	1.872				1.747				1.660			
IDENTIFICACION DE TARA			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nº DE TARA			18	16	118	109	121	122	116	117	119	120	116	114
Peso tara + suelo humedo	F	gr.	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
Peso tara + suelo seco	G	gr.	436.500	436.500	436.000	436.000	436.500	436.500	415.000	415.000	436.500	436.500	404.000	404.000
Peso de la tara	H	gr.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Peso del agua	I= F-G	gr.	63.500	63.500	64.000	64.000	63.500	63.500	85.000	85.000	63.500	63.500	96.000	96.000
Peso de los solidos	J= G-H	gr.	436.500	436.500	436.000	436.000	436.500	436.500	415.000	415.000	436.500	436.500	404.000	404.000
humedad	K=I/J*100	%	14.548	14.548	14.679	14.679	14.548	14.548	20.482	20.482	14.548	14.548	23.762	23.762
Promedio de humedad	L=(K1+K2/2)	%	14.55				14.68				14.55			
											20.48			
											14.55			
											23.76			

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

Nº de Molde		0				0				0				
Peso del molde + suelo humedo sin sumergir	M	gr.	11,901.00				11,596.00				11,384.00			
Peso del molde + suelo humedo sumergido	N	gr.	12,058.00				11,904.00				11,765.00			
Peso del agua absorbida	O=N-M	gr.	157.00				308.00				381.00			
Porcentaje del agua absorbida	P=(O/C)*100	%	3.45				7.25				9.44			

**P E N E T R A C I Ó N**

PENETRACION EN PULGADAS	MUESTRA Nº 01				MUESTRA Nº 02				MUESTRA Nº 03			
	LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION				
		Libras	Lb/Pulg.2.		Libras	Lb/Pulg.2.		Libras	Lb/Pulg.2.			
0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
0.025	10	70.5	23.5	28.0	8	56.4	18.8	26.0	7	49.4	16.5	19.0
0.050	25	176.4	58.8	62.0	16	112.9	37.6	58.0	14	98.8	32.9	36.0
0.075	40	282.2	94.1	96.0	31	218.7	72.9	88.0	22	155.2	51.7	54.0
0.100	50	352.7	117.6	126.0	44	310.4	103.5	117.0	28	197.5	65.8	68.0
0.150	75	529.1	176.4	184.0	62	437.3	145.8	157.0	38	268.1	89.4	93.0
0.200	101	712.5	237.5	245.0	76	536.1	178.7	185.0	46	324.5	108.2	112.0
0.250	125	881.8	293.9	300.0	86	606.6	202.2	210.0	54	380.9	127.0	130.0
0.300	140	987.6	329.2	337.0	93	656.0	218.7	228.0	61	430.3	143.4	146.0
0.400	160	1128.6	376.2	380.0	108	761.8	253.9	264.0	74	522.0	174.0	177.0
0.500	165	1163.9	388.0	392.0	123	867.6	289.2	300.0	84	592.5	197.5	199.0

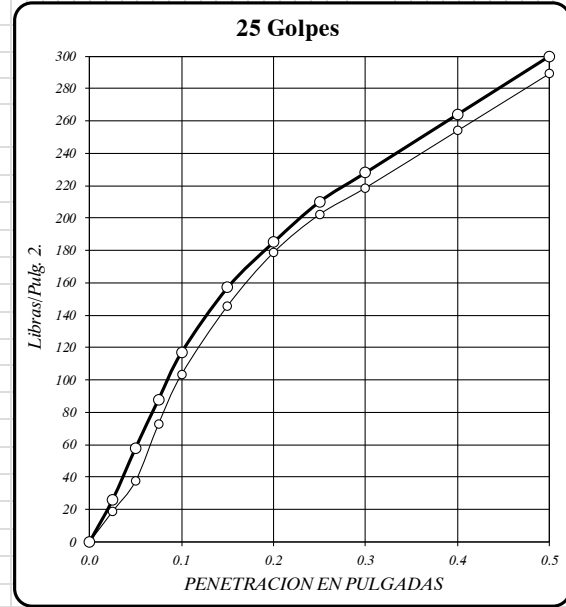
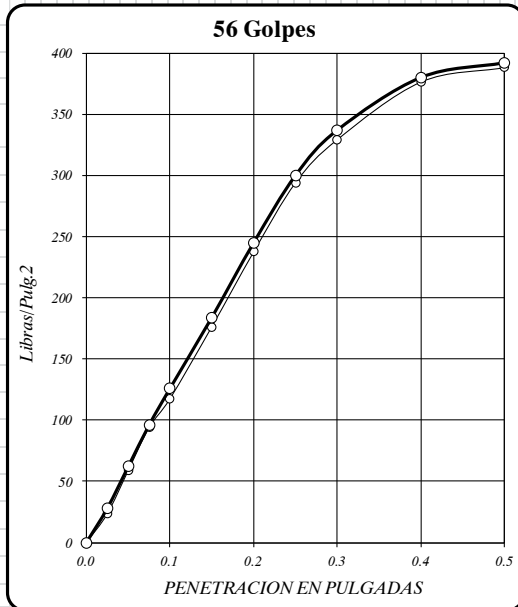
**ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193**

**PROYECTO :**  
**TRAMO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

**UBICACIÓN :** Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez Bach. Ing. Ruth Martin Mayo

**SOLICITA :** FECHA

**CALICATA :** GRUPO EXPERIMENTAL, GE-04 FECHA :



DENSIDAD SECA = 1.872 gr/cm<sup>3</sup>.

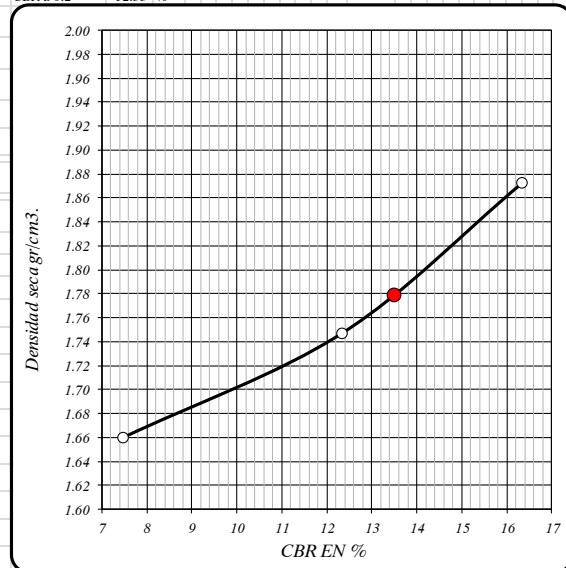
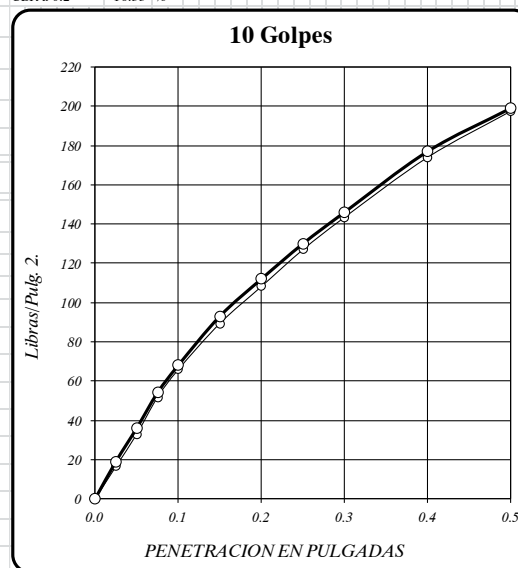
CBR a 0.1" = 12.60 %

CBR a 0.2" = 16.33 %

DENSIDAD SECA = 1.747 gr/cm<sup>3</sup>.

CBR a 0.1" = 11.70 %

CBR a 0.2" = 12.33 %



DENSIDAD SECA = 1.660 gr/cm<sup>3</sup>.

CBR a 0.1" = 6.80 %

CBR a 0.2" = 7.47 %

RESULTADOS DEL ENSAYO:

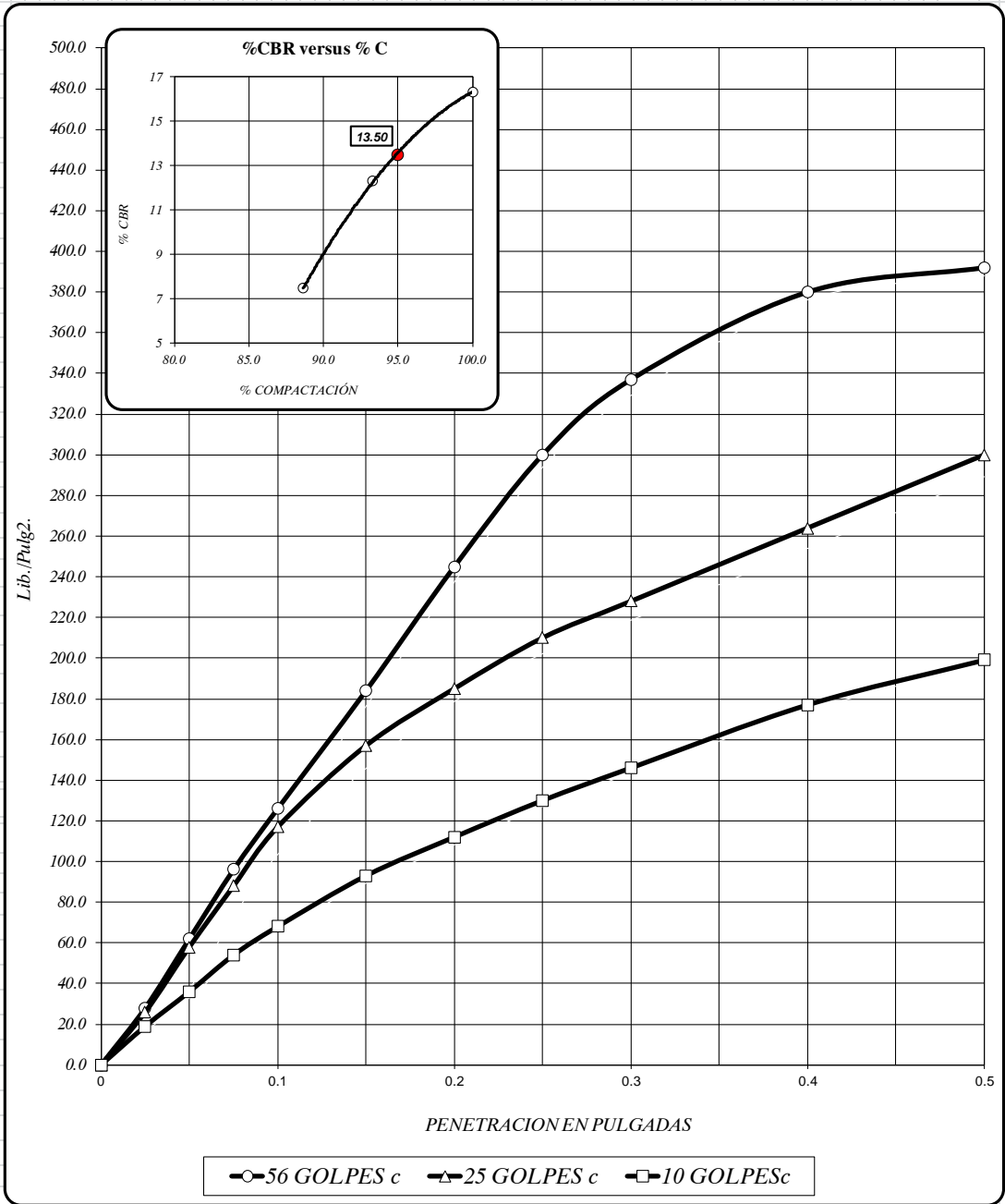
	CBR 0.1"	DENSIDAD
CBR CON 56 GOLFES =	16.33 %	1.872 gr/cm <sup>3</sup> .
CBR CON 25 GOLFES =	12.33 %	1.747 gr/cm <sup>3</sup> .
CBR CO 10 GOLFES =	7.47 %	1.660 gr/cm <sup>3</sup> .
CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX =	16.33 %	
CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX =	<b>13.50</b> %	

**ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193**

**PROYECTO :**  
**TRAMO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

**UBICACIÓN :** Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez Bach. Ing. Ruth Martin Mayo  
**SOLICITA :**  
**CALICATA :** GRUPO EXPERIMENTAL, GE-04

**FECHA :**  
**FECHA :**



56 GOLPES	25 GOLPES	10 GOLPES	CBR DE DISEÑO	
DENSIDAD SECA = 1.872 gr/cm <sup>3</sup> .	DENSIDAD SECA = 1.747 gr/cm <sup>3</sup> .	DENSIDAD SECA = 1.660 gr/cm <sup>3</sup> .	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX. =	16.33 %
CBR a 0.1" = 12.60 %	CBR a 0.1" = 11.70 %	CBR a 0.1" = 6.80 %	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX. =	<b>13.50 %</b>
CBR a 0.2" = 16.33 %	CBR a 0.2" = 12.33 %	CBR a 0.2" = 7.47 %		



ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193													
TESIS	: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019												
UBICACIÓN	: UMARI - PACHITEA- HUANUCO												
SOLICITA	: Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez						MÉTODO DE COMPACTACIÓN : MÉTODO A						
	: Bach. Ing. Ruth Martin Mayo						FECHA : nov-19						
GRUPO	: GRUPO EXPERIMENTAL, GE-05												
CAL 6%													
MUESTRA	01			02			03						
Nº DE MOLDE													
Nº DE CAPAS	05			05			05						
Nº DE GOLPE POR CAPA	56			25			10						
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			
Peso del molde + suelo humedo A	gr.	11,686.00	12,102.00	11,481.00	11,885.00	11,233.00	11,632.00						
Peso del molde B	gr.	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00						
Peso del suelo humedo C=A-B	gr.	4,340.00	4,756.00	4,135.00	4,539.00	3,887.00	4,286.00						
Volumen del suelo D	cm <sup>3</sup> .	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90						
Densidad humeda E=C/D	gr/cc	2.04	2.24	1.95	2.14	1.83	2.02						
Humedad L	%	14.68			14.68			14.68					
Densidad seca M=E/(1+L/100)	gr/cc	1.782			1.698			1.596					
IDENTIFICACION DE TARA													
Nº DE TARA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo F	gr.	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
Peso tara + suelo seco G	gr.	436.000	436.000	427.000	427.000	436.000	436.000	415.000	415.000	436.000	436.000	405.000	405.000
Peso de la tara H	gr.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Peso del agua I= F-G	gr.	64.000	64.000	73.000	73.000	64.000	64.000	85.000	85.000	64.000	64.000	95.000	95.000
Peso de los solidos J= G-H	gr.	436.000	436.000	427.000	427.000	436.000	436.000	415.000	415.000	436.000	436.000	405.000	405.000
humedad K=I/J*100	%	14.679	14.679	17.096	17.096	14.679	14.679	20.482	20.482	14.679	14.679	23.457	23.457
Promedio de humedad L=(K1+K2)/2	%	14.68		17.10		14.68		20.48		14.68		23.46	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>													
Nº de Molde	0			0			0						
Peso del molde + suelo humedo sin sumergir M	gr.	11,686.00			11,481.00			11,233.00					
Peso del molde + suelo humedo sumergido N	gr.	12,102.00			11,885.00			11,632.00					
Peso del agua absorbida O=N-M	gr.	416.00			404.00			399.00					
Porcentaje del agua absorbida P=(O/C)*100	%	9.59			9.77			10.26					
<b>P E N E T R A C I Ó N</b>													
PENETRACION EN PULGADAS	MUESTRA Nº 01				MUESTRA Nº 02				MUESTRA Nº 03				
	LECTURA	CORRECCION			LECTURA	CORRECCION			LECTURA	CORRECCION			
		DIAL	Libras	Lb/Pulg.2.		DIAL	Libras	Lb/Pulg.2.		DIAL	Libras	Lb/Pulg.2.	
0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	
0.025	14	98.8	32.9	54.0	12	84.6	28.2	42.0	9	63.5	21.2	21.2	
0.050	40	282.2	94.1	118.0	30	211.6	70.5	91.0	18	127.0	42.3	42.3	
0.075	69	486.7	162.2	192.0	51	359.8	119.9	150.0	28	197.5	65.8	65.8	
0.100	100	705.4	235.1	264.0	79	557.3	185.8	197.0	36	253.9	84.6	83.0	
0.150	140	987.6	329.2	370.0	102	719.5	239.8	255.0	46	324.5	108.2	109.0	
0.200	182	1283.8	427.9	450.0	123	867.6	289.2	300.0	56	395.0	131.7	131.7	
0.250	199	1403.7	467.9	500.0	142	1001.7	333.9	343.0	64	451.5	150.5	150.5	
0.300	214	1509.6	503.2	540.0	151	1065.2	355.1	368.0	70	493.8	164.6	168.0	
0.400	248	1749.4	583.1	598.0	160	1128.6	376.2	394.0	84	592.5	197.5	202.0	
0.500	275	1939.9	646.6	658.0	174	1227.4	409.1	416.0	97	684.2	228.1	228.1	

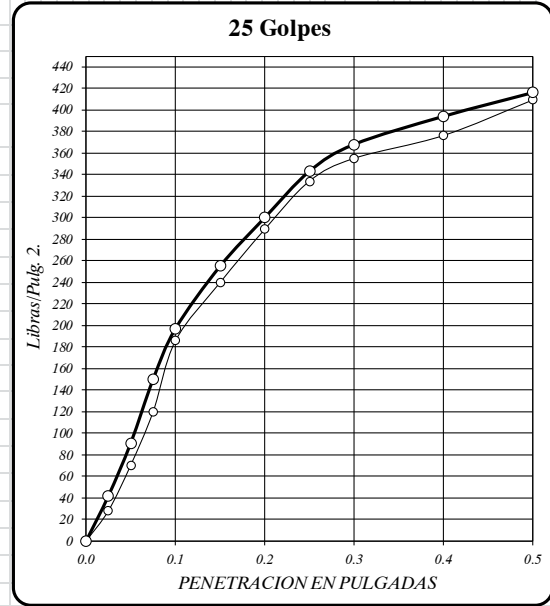
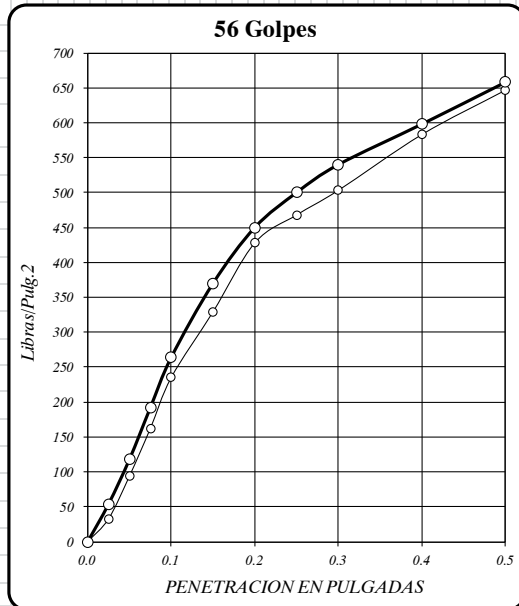
**ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193**

**PROYECTO :**  
**TRAMO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

**UBICACIÓN :** Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez Bach. Ing. Ruth Martín Mayo

**SOLICITA :** FECHA

**CALICATA :** GRUPO EXPERIMENTAL, GE-05 FECHA :



DENSIDAD SECA = 1.782 gr/cm<sup>3</sup>.

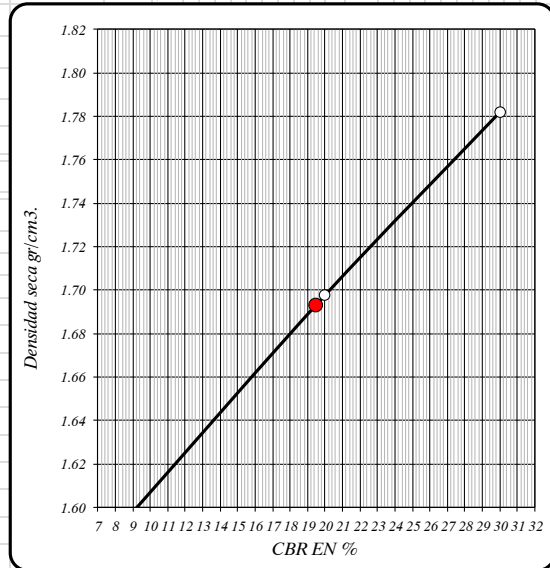
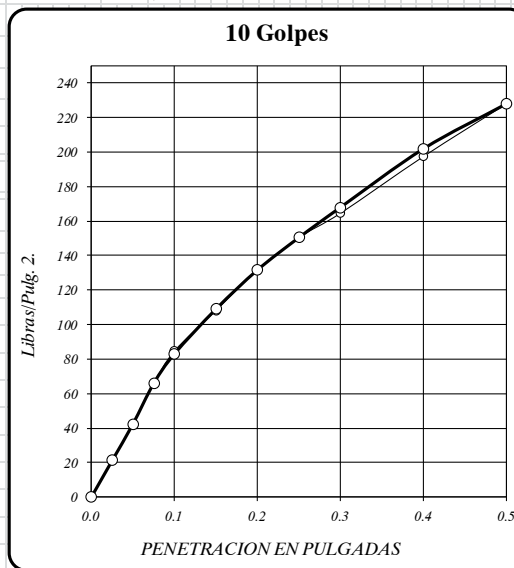
CBR a 0.1" = 26.40 %

CBR a 0.2" = 30.00 %

DENSIDAD SECA = 1.698 gr/cm<sup>3</sup>.

CBR a 0.1" = 19.70 %

CBR a 0.2" = 20.00 %



DENSIDAD SECA = 1.596 gr/cm<sup>3</sup>.

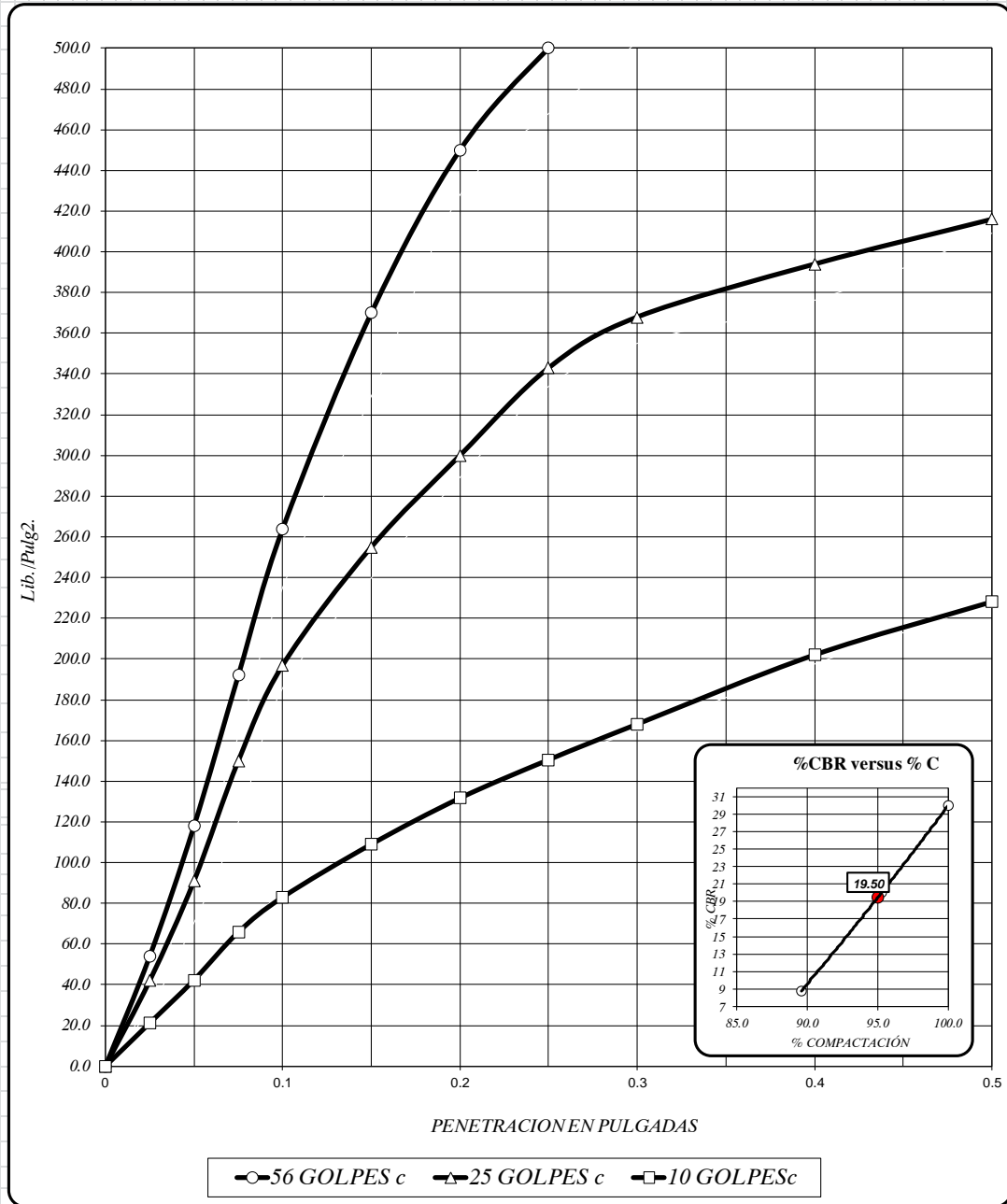
CBR a 0.1" = 8.46 %

CBR a 0.2" = 8.78 %

RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR 0.1"	DENSIDAD
CBR CON 56 GOLPES =	30.00 %	1.782 gr/cm <sup>3</sup> .
CBR CON 25 GOLPES =	20.00 %	1.698 gr/cm <sup>3</sup> .
CBR CO 10 GOLPES =	8.78 %	1.596 gr/cm <sup>3</sup> .
CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX. =	30.00 %	
CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX. =	<b>19.50 %</b>	

**ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193**

**PROYECTO :**  
**TRAMO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019  
**UBICACIÓN :** Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez; Bach. Ing. Ruth Martín Mayo  
**SOLICITA :** FECHA  
**CALICATA :** GRUPO EXPERIMENTAL, GE-05 FECHA :



56 GOLFES	25 GOLFES	10 GOLFES	CBR DE DISEÑO	
DENSIDAD SECA = 1.782 gr/cm <sup>3</sup>	DENSIDAD SECA = 1.698 gr/cm <sup>3</sup>	DENSIDAD SECA = 1.596 gr/cm <sup>3</sup>	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX. =	30.00 %
CBR a 0.1" = 26.40 %	CBR a 0.1" = 19.70 %	CBR a 0.1" = 8.46 %	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX. =	<b>19.50 %</b>
CBR a 0.2" = 30.00 %	CBR a 0.2" = 20.00 %	CBR a 0.2" = 8.78 %		

<b>ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193</b>												
<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019											
<b>UBICACIÓN</b>	: UMARI - PACHITEA- HUANUCO											
<b>SOLICITA</b>	: Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez : Bach. Ing. Ruth Martín Mayo						<b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN</b> : MÉTODO A					
<b>GRUPO</b>	: GRUPO EXPERIMENTAL, GE-05											
CAL 6%												
<b>MUESTRA</b>	01			02			03					
<b>Nº DE MOLDE</b>												
<b>Nº DE CAPAS</b>	05			05			05					
<b>Nº DE GOLPES POR CAPA</b>	56			25			10					
<b>CONDICIÓN</b>	SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			SIN SUMERGIR			SUMERGIDO		
<b>Peso del molde + suelo humedo A</b>	gr.	11,852.00	12,144.00	11,611.00	11,953.00	11,229.00	11,655.00					
<b>Peso del molde B</b>	gr.	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00	7,346.00					
<b>Peso del suelo humedo C=A-B</b>	gr.	4,506.00	4,798.00	4,265.00	4,607.00	3,883.00	4,309.00					
<b>Volumen del suelo D</b>	cm <sup>3</sup> .	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90	2,123.90					
<b>Densidad humeda E=C/D</b>	gr/cc	2.12	2.26	2.01	2.17	1.83	2.03					
<b>Humedad L</b>	%	14.94			14.94			14.94				
<b>Densidad seca M=E/(1+L/100)</b>	gr/cc	1.846			1.747			1.591				
<b>IDENTIFICACION DE TARA</b>												
<b>Nº DE TARA</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	18	16	118	109	121	122	116	117	119	120	116	114
<b>Peso tara + suelo humedo F</b>	gr.	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
<b>Peso tara + suelo seco G</b>	gr.	435.000	435.000	428.000	428.000	435.000	435.000	413.000	413.000	435.000	435.000	396.000
<b>Peso de la tara H</b>	gr.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Peso del agua I=F-G</b>	gr.	65.000	65.000	72.000	72.000	65.000	65.000	87.000	87.000	65.000	65.000	104.000
<b>Peso de los solidos J=G-H</b>	gr.	435.000	435.000	428.000	428.000	435.000	435.000	413.000	413.000	435.000	435.000	396.000
<b>humedad K=I/J*100</b>	%	14.943	14.943	16.822	16.822	14.943	14.943	21.065	21.065	14.943	14.943	26.263
<b>Promedio de humedad L=(K1+K2/2)</b>	%	14.94		16.82		14.94		21.07		14.94		26.26
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>												
<b>Nº de Molde</b>	0			0			0					
<b>Peso del molde + suelo humedo sin sumergir M</b>	gr.	11,852.00			11,611.00			11,229.00				
<b>Peso del molde + suelo humedo sumergido N</b>	gr.	12,144.00			11,953.00			11,655.00				
<b>Peso del agua absorbida O=N-M</b>	gr.	292.00			342.00			426.00				
<b>Porcentaje del agua absorbida P=(O/C)*100</b>	%	6.48			8.02			10.97				
<b>P E N E T R A C I Ó N</b>												
<b>PENETRACION EN PULGADAS</b>	<b>MUESTRA Nº 01</b>				<b>MUESTRA Nº 02</b>				<b>MUESTRA Nº 03</b>			
	<b>LECTURA DIAL</b>	<b>CORRECCION</b>			<b>LECTURA DIAL</b>	<b>CORRECCION</b>			<b>LECTURA DIAL</b>	<b>CORRECCION</b>		
		<b>Libras</b>	<b>Lb/Pulg.2.</b>			<b>Libras</b>	<b>Lb/Pulg.2.</b>			<b>Libras</b>	<b>Lb/Pulg.2.</b>	
0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
0.025	50	352.7	117.6	150.0	35	246.9	82.3	106.0	18	127.0	42.3	42.3
0.050	160	1128.6	376.2	380.0	85	599.6	199.9	208.0	35	246.9	82.3	82.3
0.075	220	1551.9	517.3	530.0	115	811.2	270.4	274.0	45	317.4	105.8	109.0
0.100	263	1855.2	618.4	650.0	133	938.2	312.7	324.0	54	380.9	127.0	127.0
0.150	320	2257.3	752.4	792.0	174	1227.4	409.1	412.0	64	451.5	150.5	150.5
0.200	365	2574.7	858.2	880.0	204	1439.0	479.7	488.0	72	507.9	169.3	169.3
0.250	385	2715.8	905.3	930.0	218	1537.8	512.6	524.0	78	550.2	183.4	183.4
0.300	405	2856.9	952.3	968.0	231	1629.5	543.2	550.0	84	592.5	197.5	197.5
0.400	416	2934.5	978.2	988.0	246	1735.3	578.4	590.0	96	677.2	225.7	225.7
0.500	428	3019.1	1006.4	1010.0	255	1798.8	599.6	610.0	108	761.8	253.9	253.9

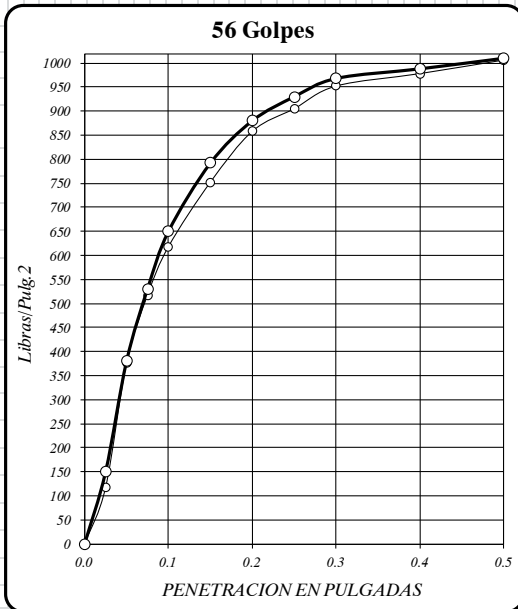
**ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193**

**PROYECTO :**  
**TRAMO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

**UBICACIÓN :** Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez, Bach. Ing. Ruth Martin Mayo

**SOLICITA :** FECHA

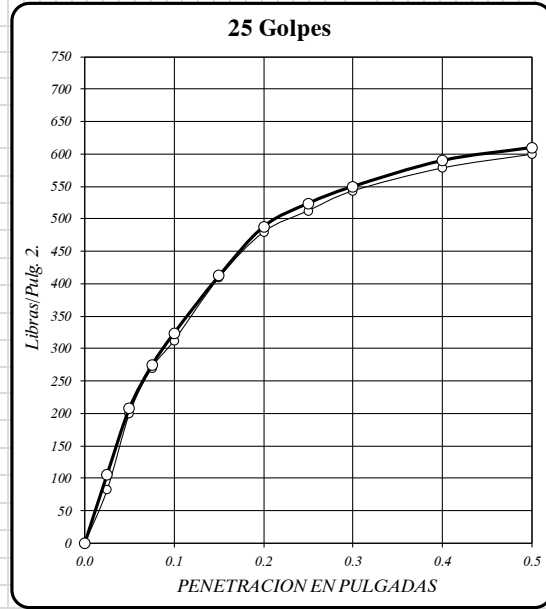
**CALICATA :** GRUPO EXPERIMENTAL, GE-05 FECHA :



DENSIDAD SECA = 1.846 gr/cm<sup>3</sup>.

CBR a 0.1" = 65.00 %

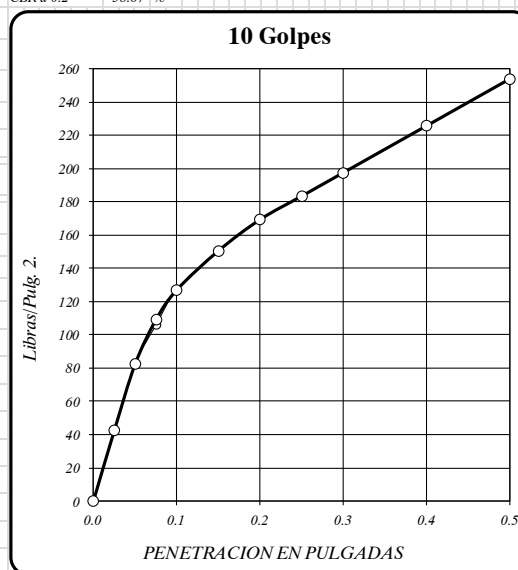
CBR a 0.2" = 58.67 %



DENSIDAD SECA = 1.747 gr/cm<sup>3</sup>.

CBR a 0.1" = 32.40 %

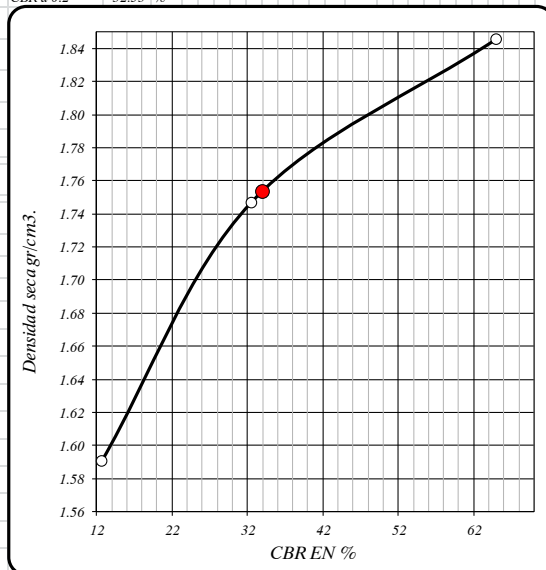
CBR a 0.2" = 32.53 %



DENSIDAD SECA = 1.591 gr/cm<sup>3</sup>.

CBR a 0.1" = 12.70 %

CBR a 0.2" = 11.29 %

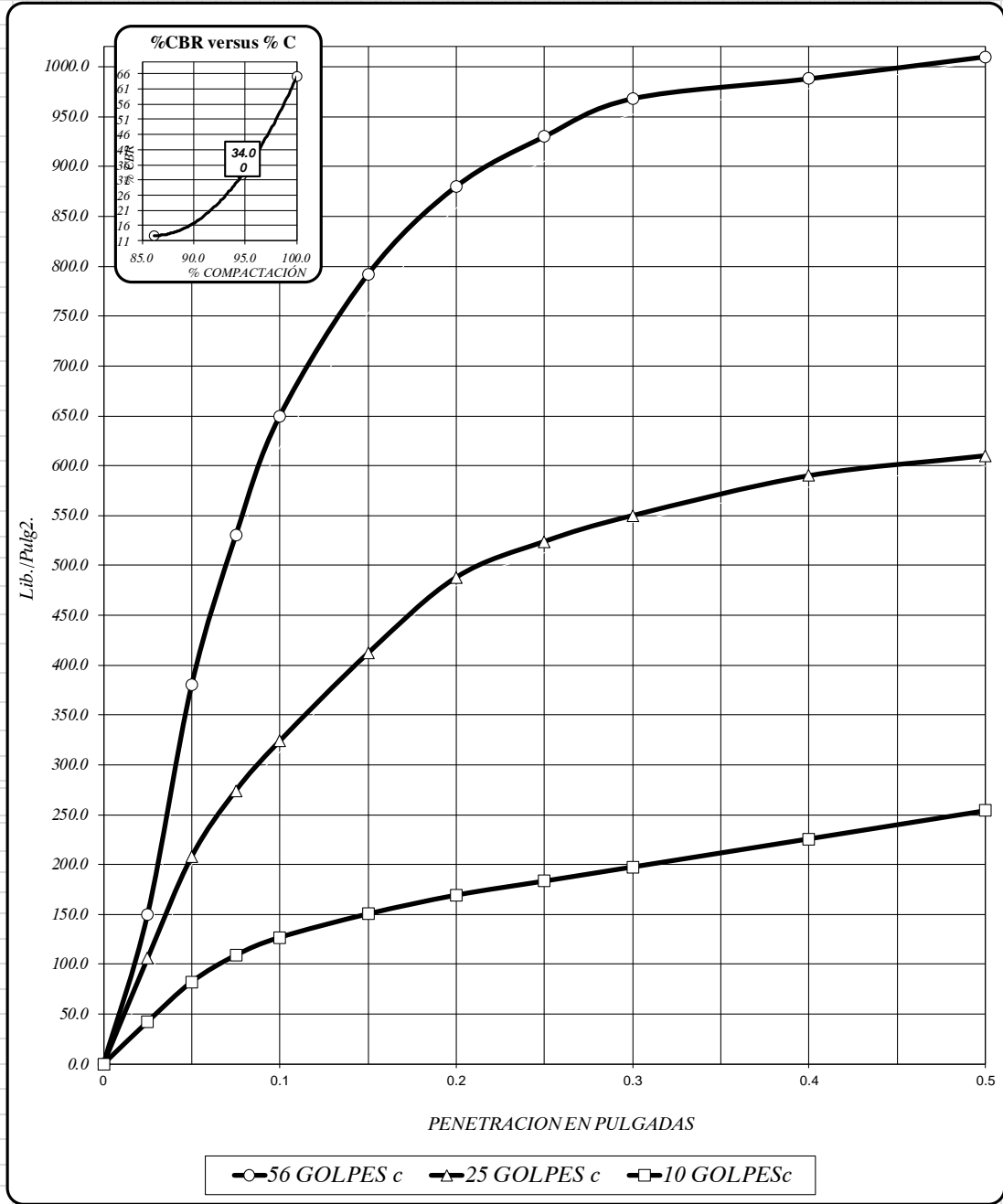


RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR 0.1"	DENSIDAD
CBR CON 56 GOLPES =	65.00 %	1.846 gr/cm <sup>3</sup> .
CBR CON 25 GOLPES =	32.53 %	1.747 gr/cm <sup>3</sup> .
CBR CO 10 GOLPES =	12.70 %	1.591 gr/cm <sup>3</sup> .
CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX. =	65.00 %	
CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX. =	<b>34.00 %</b>	

**ENSAYO DE CBR : MTC E 132-2000; ASTM D 1883; AASHTO T 193**

**PROYECTO :**  
**TRAMO :** ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUÁNUCO 2019

**UBICACIÓN :** Bach. Ing. Tatiana Morales Velásquez, Bach. Ing. Ruth Martin Mayo  
**SOLICITA :** FECHA  
**CALICATA :** GRUPO EXPERIMENTAL, GE-05 FECHA :



56 GOLPES	25 GOLPES	10 GOLPES	CBR DE DISEÑO	
DENSIDAD SECA = 1.846 gr/cm <sup>3</sup> .	DENSIDAD SECA = 1.747 gr/cm <sup>3</sup> .	DENSIDAD SECA = 1.591 gr/cm <sup>3</sup> .	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX. =	65.00 %
CBR a 0.1" = 65.00 %	CBR a 0.1" = 32.40 %	CBR a 0.1" = 12.70 %	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX. =	<b>34.00 %</b>
CBR a 0.2" = 58.67 %	CBR a 0.2" = 32.53 %	CBR a 0.2" = 11.29 %		

# **ANEXO B**

## **PANEL FOTOGRAFÍCO**





**Fotografías N°01 y N°02:** obtención de la muestra de suelo



**Fotografías N°02 y N° 03:** Pesado y lavado de la muestra para realizar el ensayo de granulometría

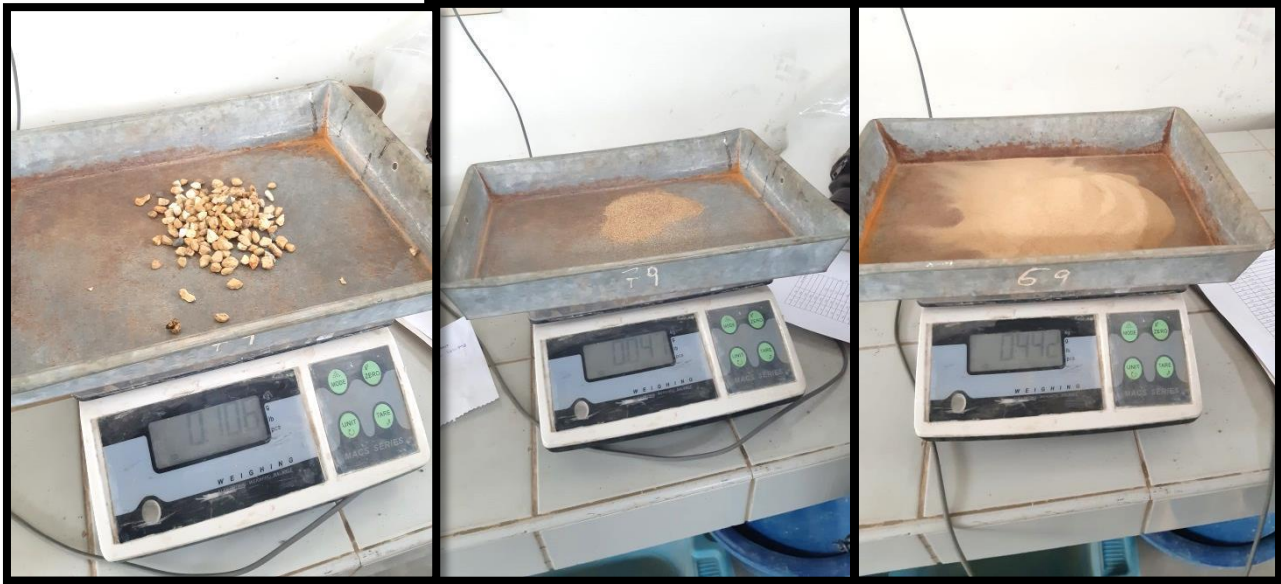




**Fotografías N°04, N°05 y N°06:** En el lado izquierdo secando el material en el horno a temperatura 110°C y en el lado derecho la muestra de suelo antes y después de secar.



**Fotografías N°07 y N°08:** En las fotografías se muestra el tamizado para el ensayo de granulometría



**Fotografías N°09, N°10 y N°11:** Se observa el pesado del material seco que pasa por la malla por diversas mallas





**Fotografías N°012 y N°13:** En las fotografías se muestra el aditivo cloruro de sodio y oxido de calcio respectivamente



**Fotografías N°14, N°15 y N°16:** Se observa el procedimiento del ensayo de límite líquido tanto para la muestra sin alterar como para los porcentajes estabilizados con aditivo Cloruro De Sodio y Oxido De Calcio.



**Fotografías N°017, N°18 y N°19 y N°20:** Se observa la selección de la muestra del límite líquido para ser llevada a secar al horno



**Fotografías N°20, N°21, N°22 y N°23:** Se observa la realización del ensayo de límite plástico que se realizó tanto para la muestra sin alterar como para los porcentajes estabilizados con aditivo Cloruro De Sodio y Oxido De Calcio, así como el secado en horno de las muestras.



**Fotografías N°24 y N°25:** En las fotografías se muestra la selección y pesado de la muestra, material que pasa la malla N°4





**Fotografías N°26, N°27, N°28 y N°29:** Se observa el momento en el cual se agregó el agua y aditivos para el ensayo de proctor.



**Fotografías N°30 y N°31:** En las fotografías se muestra el ensayo de proctor con la maquina compactadora



**Fotografías N°32, N° 33 y N°34:** En las fotografías se muestra el pesado de el molde mas la muestra humeda y la porcion de suelo para llevarlo al horno por 24 horas.



**Fotografías N°35, N°36, N°37 y N°38:** Se observa procedimiento de compactación para el ensayo de CBR y las muestras sumergidas.





**Fotografías N°39 y N°40:** En las fotografías se muestra el ensayo de penetración para determinar el CBR, tanto para la muestra natural como para la muestra con los aditivos.



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

En la ciudad universitaria de Cayhuayna a los diecinueve días del mes de diciembre del 2019, siendo a las veintiún horas de la noche, se dio cumplimiento a la Resolución de Decano N°766-2019-FICA y en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para lo cual en el Auditorio de la Facultad, los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de tesis titulado "ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUANUCO - 2019" para optar el Título de Ingeniero Civil de la Bachiller **Ruth MARTIN MAYO**.

Finalizado el acto de sustentación, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:


Los Miembros del Jurado declararon APROBADO con la nota de: DIECISIETE

Con el calificativo de: MUY BUENO

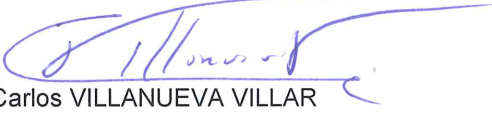
Dándose por concluido dicho acto a las: 22:15 del mismo día.

Con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES:.....

  
 Ing. Jorge ZEVALLÓS HUARANGA  
**PRESIDENTE**

  
 Mg. Luis Fernando NARRO JARA  
**SECRETARIO**

  
 Mg. Carlos VILLANUEVA VILLAR  
**VOCAL**





**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

En la ciudad universitaria de Cayhuayna a los diecinueve días del mes de diciembre del 2019, siendo a las veintiún horas de la noche, se dio cumplimiento a la Resolución de Decano N°766-2019-FICA y en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para lo cual en el Auditorio de la Facultad, los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de tesis titulado "ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS OXIDO DE CALCIO Y CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS – HUANUCO - 2019" para optar el Título de Ingeniero Civil de la Bachiller **Tatiana MORALES VELASQUEZ**.

Finalizado el acto de sustentación, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:

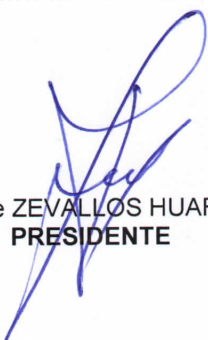
Los Miembros del Jurado declararon APROBADO con la nota de: DIECISIETE

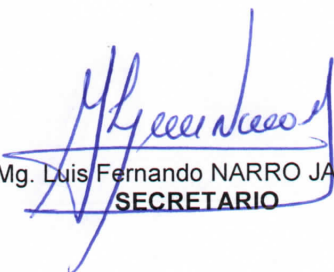
Con el calificativo de: MUY BUENO

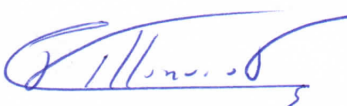
Dándose por concluido dicho acto a las: 22:15 del mismo día.

Con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES:.....

  
Ing. Jorge ZEVALLOS HUARANGA  
**PRESIDENTE**

  
Mg. Luis Fernando NARRO JARA  
**SECRETARIO**

  
Mg. Carlos VILLANUEVA VILLAR  
**VOCAL**

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES			
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN		RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
		OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017	1 de 2

## ANEXO 2

### AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICAS DE PREGRADO

#### 1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL (especificar los datos de los autores de la tesis)

Apellidos y Nombres: MARTIN MAYO, RUTH

DNI: 46669655 Correo electrónico: RMM1890@hotmail.com

Teléfonos: Casa \_\_\_\_\_ Celular 916235585 Oficina \_\_\_\_\_

Apellidos y Nombres: MORALES VELASQUEZ, TATIANA

DNI: 72868030 Correo electrónico: latimu22@gmail.com

Teléfonos: Casa 062-285875 Celular 955816992 Oficina \_\_\_\_\_

Apellidos y Nombres: \_\_\_\_\_

DNI: \_\_\_\_\_ Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Teléfonos: Casa \_\_\_\_\_ Celular \_\_\_\_\_ Oficina \_\_\_\_\_


#### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Pregrado	
Facultad de:	<u>INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA</u>
E. P. :	<u>INGENIERIA CIVIL</u>

Título Profesional obtenido:

INGENIERO CIVIL



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN</b>		<b>REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES</b>			
<b>VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN</b>		<b>RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL</b>	<b>VERSION</b>	<b>FECHA</b>	<b>PAGINA</b>
		OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017	2 de 2

Título de la tesis:

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ADITIVOS ÓXIDO DE CALCIO Y CLORURO  
DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS -HUANUCO 2019

Tipo de acceso que autoriza(n) el (los) autor(es):

Marcar "X"	Categoría de Acceso	Descripción del Acceso
	PÚBLICO	Es público y accesible al documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, más no al texto completo

Al elegir la opción "Público", a través de la presente autorizo o autorizamos de manera gratuita al Repositorio Institucional – UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web [repositorio.unheval.edu.pe](http://repositorio.unheval.edu.pe), por un plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita, pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla, siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

En caso haya(n) marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

---



---

Asimismo, pedimos indicar el período de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

- ( ) 1 año
- ( ) 2 años
- ( ) 3 años
- ( ) 4 años

Luego del período señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasará a ser de acceso público.

Fecha de firma:

Firma del autor y/o autores: