



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016”**

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Yelsin Edilberto Palomino Saldaña

**Asesor:**

Dr. Ing. Rosa LLique Mondragón

Cajamarca – Perú  
2016

## **APROBACIÓN DE LA TESIS**

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Palomino Saldaña, Yelsin Edilberto**, denominada:

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016”**

---

Dr. Ing. Rosa Haydee LLique Mondragón

**ASESOR**

---

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga

**JURADO**

**PRESIDENTE**

---

Ing. Irene del Rosario Ravines Azañero

**JURADO**

---

Ing. Iván Hedilbrando Mejía Díaz

**JURADO**

## DEDICATORIA

Mi tesis se la dedico a mi familia, mi principal motor para ser una mejor persona a través de sus consejos enseñanzas y amor. A mi hermano menor que de una u otra manera fue un gran apoyo emocional durante el tiempo en que realizaba esta tesis. A Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerza para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Para ellos es esta dedicatoria, a quienes se los debo por su apoyo incondicional. Mil palabras no bastarán para agradecerles su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

## AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a Dios por estar conmigo cada paso que doy por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradezco a mis padres y familiares porque me brindaron su apoyo tanto moral y económicamente para seguir estudiando y lograr el objetivo trazado para un mejor futuro y ser orgullo para ellos.

De igual manera agradecer a la Ingeniera Dr. Rosa Llique Mondragón, asesora de mi tesis, quien con su experiencia profesional guio la elaboración de esta tesis.

De igual manera a mis queridos docentes pues ellos fueron quienes me brindaron sus conocimientos para elaborar el presente trabajo.

En general quisiera agradecer a toda y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis, que no necesito nombrar porque tanto ellas como yo sabemos que de corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>ix</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
1.1. Realidad problemática .....	12
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Justificación .....	13
1.4. Limitaciones .....	13
1.5. Objetivos .....	13
1.5.1. Objetivo General .....	13
1.5.2. Objetivos Específicos.....	13
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
2.1. Antecedentes .....	14
2.2. Bases Teórica .....	15
2.2.1 Suelo .....	15
2.2.2 Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos) .....	15
2.2.2.1 Clasificación para suelos gruesos.....	16
2.2.2.2 Clasificación para suelos finos.....	16
2.2.3 Generalidades de las estabilizaciones.....	19
2.2.3.1 Métodos de estabilización de suelos .....	20
2.2.3.1.1 Estabilización Mecánica.....	20
2.2.3.1.2 Estabilización Química.....	20
2.2.4 Cloruro De Sodio (NaCl) .....	21
2.2.4.1 Estabilización con cloruro de sodio (NaCl) .....	22
2.2.4.2 Formas de aplicar el cloruro de sodio a los suelos.....	22
2.2.5 Ensayos de Laboratorio .....	24
2.2.5.1 Contenido de Humedad .....	24
2.2.5.2 Análisis granulométrico mediante tamizado por Lavado .....	25
2.2.5.3 Límites de Atterberg .....	25
2.2.5.4 Ensayo de peso específico material fino.....	27
2.2.5.6 Ensayo de compactación proctor modificado .....	27
2.2.5.7 California Bearing Ratio (CBR) .....	28
2.3. Definición de términos básicos .....	29
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS</b> .....	<b>31</b>
3.1. Formulación de la hipótesis .....	31
3.2. Operacionalización de variables .....	31

<b>CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	32
4.2. Material.....	32
4.2.1. Unidad de estudio. ....	32
4.2.2. Población.....	32
4.2.3. Muestra. ....	32
4.3. Métodos.....	32
4.3.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos.....	32
<b>CAPÍTULO 5. DESARROLLO.....</b>	<b>34</b>
5.1. Procedimiento General .....	34
5.2. Extracción de la muestra.....	34
5.3. Ensayo de contenido de humedad.....	35
5.4. Ensayo de análisis granulométrico .....	36
5.5. Método de incorporación de NaCl en el suelo .....	38
5.6. Ensayo de límites de Atterberg. ....	38
5.7. Ensayo de peso específico material fino .....	40
5.8. Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos) .....	40
5.9. Ensayo de compactación proctor modificado .....	41
5.10. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio) .....	43
<b>CAPÍTULO 6. RESULTADOS .....</b>	<b>45</b>
6.1. Resultados de laboratorio .....	45
6.1.1. Contenido de humedad de la muestra.....	45
6.1.2. Análisis granulométrico .....	45
6.1.3. Ensayo de límites de Atterberg .....	46
6.1.4. Peso específico .....	46
6.1.5. Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos) .....	46
6.1.6. Ensayo de proctor modificado.....	47
6.1.7. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio) .....	47
<b>CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN.....</b>	<b>48</b>
7.1. Límites de Atterberg .....	48
7.2. Peso específico. ....	50
7.3. Proctor Modificado. ....	50
7.4. California Bearing Ratio (CBR) .....	52
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>54</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.....	18
Tabla N° 02: Características de suelos según Índices de plasticidad.....	27
Tabla N° 03: Matriz de consistencia.....	31
Tabla N° 04: Operacionalización de variables.....	31
Tabla N° 05: Resumen ensayo Proctor Estándar y Proctor Modificado.....	42
Tabla N° 06: Análisis granulométrico por lavado.....	45
Tabla N° 07: Límites de Atterberg.....	46
Tabla N° 08: Peso específico.....	46
Tabla N° 09: Proctor modificado.....	47
Tabla N° 10: California Bearing Ratio (CBR).....	47

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: Aplicación de cloruro de sodio al suelo en grano.....	23
Gráfico N° 02: Aplicación de cloruro de sodio al suelo en Salmuera.....	24
Gráfico N° 03: Croquis de ubicación del banco de arcilla.....	35
Gráfico N° 04: Comparación de resultados límites líquidos.....	48
Gráfico N° 05: Comparación de los resultados de límite plástico.....	49
Gráfico N° 06: Comparación de los resultados de índices de plasticidad.....	49
Gráfico N° 07: Comparación resultados peso específico.....	50
Gráfico N° 08: Comparación resultados densidad máxima seca.....	51
Gráfico N° 09: Comparación resultados óptico contenido de humedad.....	51
Gráfico N° 10: Comparación resultados CBR a 0.1”.....	52
Gráfico N° 11: Comparación resultados CBR a 0.2”.....	52

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec.1: Ecuación de para el cálculo contenido de humedad.....	24
Ec.2: Ecuación para cálculo del porcentaje retenido en cada tamiz.....	25
Ec.3: Ecuación para cálculo índice de plasticidad.....	26
Ec.4: Ecuación para cálculo de peso específico relativo.....	27
Ec.5: Ecuación para cálculo de densidad seca .....	27
Ec 6: Ecuación para cálculo California Bearing Ratio (CBR).....	28

## RESUMEN

El objetivo principal que se presenta en esta tesis es 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.

Para el desarrollo de la presente tesis se obtuvo las muestras de suelos arcillosos de un banco de arcilla ubicado en el centro poblado de Santa Bárbara distrito de Baños del Inca provincia de Cajamarca región Cajamarca, posteriormente se analizó el suelo en el laboratorio con los ensayos de contenido de humedad, ensayo granulométrico y límites de Atterberg para obtener la clasificación según SUCS.

Los ensayos que se realizaron al suelo arcilloso fueron los siguientes: peso específico, límites de Atterberg, proctor modificado y California Bearing Ratio trabajando con una muestra patrón así como con muestras con las dosificaciones establecidas de cloruro de sodio. Los datos obtenidos en los ensayos mencionados se analizaron para determinar la influencia.

La adición de cloruro de sodio en 4%, 8% y 12 % en el índice California Bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso obtenido 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.

## ABSTRACT

The main objective of this thesis is to evaluate the influence of the addition of sodium chloride at 4%, 8% and 12% in the California Bearing Ratio (CBR) index of clayey soil.

For the development of this thesis samples clayey soil of a clay bank located in the town center of Santa Barbara district of Baños del Inca province of Cajamarca, Cajamarca region, later the soil was analyzed in the laboratory tests was obtained moisture content, particle size and Atterberg limits testing for classification according SUCS.

Assays were performed to clay soil were: specific gravity, Atterberg limits, modified proctor and California Bearing Ratio working with a standard sample and samples with established dosages of sodium chloride. The data obtained in the above tests were analyzed to determine the influence.

The addition of sodium chloride at 4%, 8% and 12% in the California Bearing Ratio (CBR) index of clayey soil obtained the following results for a CBR 0.1 "with the standard sample CBR of 4.43%, adding 4% of sodium a CBR of 4.50% chloride, adding 8% sodium chloride CBR 4.70%, adding 12% sodium chloride CBR of 4.85%; for CBR 0.2 "with the pattern CBR 4.85% sample, adding 4% sodium chloride CBR 5.01%, adding 8% sodium chloride CBR of 5.21%, adding 12% sodium chloride the CBR of 4.32% confirming the hypothesis since the addition of sodium chloride in percentages of 4%, 8% and 12% increases the value of CBR up to 10% compared to the standard sample.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La presencia de suelos expansivos genera problemas 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).

En la Ciudad de Cajamarca existen peligros ante fenómenos geológicos en el cual ha identificado cuatro niveles de peligro considerando en la zona de muy alto peligro a suelos lagunares, compuestos principalmente por arcillas plásticas y arcillas limosas, con contenidos de humedad relativamente altos, debido a la presencia de nivel freático alto. Presenta en su mayoría suelos expansivos en grandes proporciones. Debido a las características del suelo presenta alta intensidad sísmica (INDECI, 2005).

En la tesis se determinó la influencia de la adición de cloruro de sodio en el California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso. La inestabilidad de los suelos es uno de los principales problemas en Cajamarca, 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.

### 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca 2016?

### 1.3. Justificación

Esta investigación permitió conocer como el cloruro de sodio influye en el índice de California Bearing Ratio (CBR) en un suelo arcilloso tanto en una muestra patrón como en muestras de 4%, 8% y 12% de cloruro de sodio, además permitió conocer cómo varían los límites de Atterberg y el peso específico, puesto que existe la necesidad de realizar una estabilización de suelo durable. La investigación que se realizó sobre el cloruro de sodio en esta tesis, permitió proponer una alternativa de estabilización química para el mejoramiento de las propiedades de un suelo arcilloso, en las carreteras vecinales y otras aplicaciones del Perú y del departamento de Cajamarca en especial.

### 1.4. Limitaciones

- Los resultados que se obtengan en el estudio realizado sólo están limitados para un tipo de suelo en este caso un suelo arcilloso del centro poblado de Santa Bárbara.

### 1.5. Objetivos

#### 1.5.1. Objetivo General

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.

#### 1.5.2. Objetivos Específicos

- Clasificar un suelo mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) que cumpla con las características de ser arcilloso.
- Determinar la variación del índice de plasticidad y peso específico del suelo arcilloso tanto para muestra patrón como para las dosificaciones de 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio.
- Determinar los parámetros de compactación del suelo arcilloso tanto para muestra patrón como para las distintas dosificaciones de cloruro de sodio 4% 8% y 12 % de cloruro de sodio.
- Determinar el índice California Bearing Ratio CBR del suelo arcilloso tanto para muestra patrón como para las distintas dosificaciones 4%,8% y 12% de cloruro de sodio.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

Jairo Roldán de Paz, 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.

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 Atterberg y en su potencial de expansión; con la sal también se pudo conseguir disminución pero menos considerable.

W. Quinche, W. Caraguay, A. Cartuche & A. Zúñiga, 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.

#### 2.1.2 Antecedentes Nacionales

Según Carlos Alberto 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.

### **2.1.3 Antecedentes Locales**

A la fecha no se ha encontrado información.

## **2.2. Bases Teórica**

### **2.2.1 Suelo**

Técnicamente, el suelo es una mezcla de partículas de roca o mineral, agua y aire. Es sobre la base de estos constituyentes que las propiedades de suelo difieren de una zona a otra. Además, los diferentes tipos de suelos se comportan de forma diferente en los trabajos de construcción. El tipo de suelo para una obra de construcción tiene una enorme influencia en el diseño y los costos de la edificación que se construirá. Así, el análisis del suelo ayuda en la determinación de si será requerido trabajo adicional, para preparar el sitio de construcción (Osorcio, 2015).

El suelo está formado por tres fases: la líquida, la sólida y la gaseosa. En la mayor parte de los suelos, la fase sólida la forman partículas minerales que constituyen el esqueleto estructural en el que está absorbido el humus o las partículas orgánicas. Entre las partículas de la fase sólida existen espacios porosos los cuales son llenados con la fase líquida y gaseosa, juntamente (Cruz, 2009).

En ingeniería civil todas las obras se apoyan sobre el suelo de una u otra forma, y muchas de ellas, utilizan la tierra como elemento de construcción para terraplenes, diques y rellenos en general; por lo que, en consecuencia, su estabilidad y comportamiento funcional y estético estarán determinados (Nicholson , 2015).

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

Este sistema fue presentado por Arthur Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en 1942 para aeropuertos.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. Cada letra es descrita debajo (con la excepción de Pt). Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otros. También se le denomina clasificación modificada de Casagrande (Crespo, 2004).

Este sistema divide los suelos primero en dos grandes grupos: granos gruesos y granos finos.

### **2.2.2.1 Clasificación para suelos gruesos**

Los primeros tienen más del 50% de granos mayores que el tamiz N°200 (0.075 mm). Se representan por el símbolo G si más de la mitad, en peso, de las partículas gruesas son retenidas en tamiz N° 4 (4.75 mm), y por el símbolo S si más de la mitad pasa por tamiz N° 4 (4.75 mm). A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la gradación: W, buena gradación con poco o ningún fino; P, gradación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, que contiene limo o limo y arena; C, que contiene arcilla o arena y arcilla (NTP 339.134, 1999).

### **2.2.2.2 Clasificación para suelos finos**

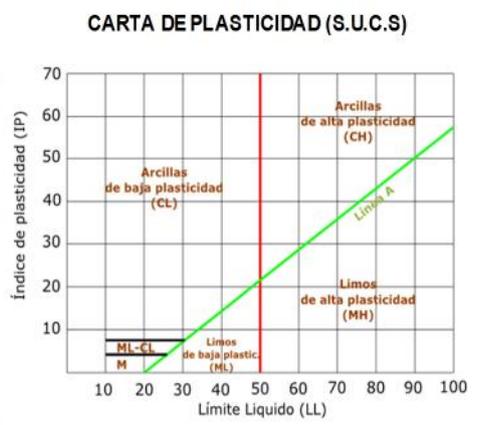
Los suelos finos, con más del 50% bajo el tamiz N°200 (0.075 mm), se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O). Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50% y H, si es mayor.

- Arcilla. Es un suelo que pasa la malla estándar N° 200 y puede exhibir plasticidad (propiedades plásticas) dentro de un cierto rango de contenido de humedad y que tiene una considerable resistencia cuando está seco. Con propósitos de clasificación, una arcilla es un suelo de grano fino, o la porción de grano fino de un suelo, con un índice plástico igual o mayor que 4, y su ubicación dentro de un gráfico de índice plástico versus límite líquido cae en o sobre la línea "A".

- Limo. Suelo que pasa la malla estándar N° 200, que es no plástico o muy poco plástico y que exhibe poca o ninguna resistencia cuando se seca el aire. Con propósitos de clasificación, un limo es un suelo de grano fino, o la porción de grano fino de un suelo, con un índice plástico menor de 4 o que su ubicación en el gráfico índice plástico versus límite líquido cae por debajo la línea "A".
- Arcilla orgánica. Una arcilla con suficiente contenido de materia orgánica como para influenciar las propiedades del suelo. Con propósitos de clasificación, una arcilla orgánica es un suelo que podría ser clasificado como una arcilla, excepto que el valor líquido después del secado al horno es menor que el 75% del valor de su límite líquido antes del secado.
- Limo orgánico. Un limo con suficiente contenido de materia orgánica como para influenciar las propiedades del suelo. Con propósitos de clasificación, un limo orgánico es un suelo que podría ser clasificado como un limo, excepto que el valor de su límite líquido después del secado al horno es menor que el 75% del valor de su límite líquido antes del secado.
- Turba. Un suelo compuesto de tejido vegetal en varios estados de descomposición, usualmente con un olor orgánico, un color oscuro a negro, una consistencia esponjosa y una textura que va desde la fibrosa a amorfa (NTP 339.134, 1999).

**Tabla N° 01:** Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
<b>SUELOS DE GRANO GRUESO</b> Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	<b>GRAVAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Gravas limpias</b> (sin o con pocos finos)	<b>GW</b> Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	<p>Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: &lt;5% -&gt;GW,GP,SW,SP. &gt;12% -&gt;GM,GC,SM,SC. 5 al 12% -&gt;casos límite que requieren usar doble símbolo.</p> <p>Cu=<math>D_{60}/D_{10}&gt;4</math> Cc=<math>(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}</math> entre 1 y 3</p> <p>No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.</p> <p>Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP&lt;4. Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.</p> <p>Límites de Atterberg sobre la línea A con IP&gt;7.</p> <p>Cu=<math>D_{60}/D_{10}&gt;6</math> Cc=<math>(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}</math> entre 1 y 3</p> <p>Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.</p> <p>Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP&lt;4. Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan</p> <p>Límites de Atterberg sobre la línea A con IP&gt;7.</p>		
			<b>GP</b> Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.			
		<b>Gravas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>GM</b> Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.			
			<b>GC</b> Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.			
	<b>ARENAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Arenas limpias</b> (pocos o sin finos)	<b>SW</b> Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.			
			<b>SP</b> Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.			
		<b>Arenas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>SM</b> Arenas limosas, mezclas de arena y limo.			
			<b>SC</b> Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.			
		<b>SUELOS DE GRANO FINO</b> Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido menor de 50		<b>ML</b> Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	<p>G= Grava, S=Arena, O=Suelo Organico, P=Turba M=Limo, C= Arcilla, W= Bien Graduada, P=Mal Graduada, L=Baja Comprensibilidad, H=Alta Comprensibilidad</p>
					<b>CL</b> Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
<b>OL</b> Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.						
<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido mayor de 50	<b>MH</b> Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.					
	<b>CH</b> Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.					
	<b>OH</b> Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.					
<b>Suelos muy orgánicos</b>		<b>PT</b> Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.				



Fuente: NTP 339.134,1999

### 2.2.3 Generalidades de las estabilizaciones

Estabilizar un suelo natural consiste en mejorar sus características físicas y/o mecánicas, tales como la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o compresibilidad, la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otros, buscando en todos los casos un buen comportamiento esfuerzo deformación de los suelos y de la estructura que se coloque sobre ellos, a lo largo de su vida útil (Brazzini, 2011).

La estabilización de suelos consiste en mejorar un suelo existente adicionando un material. Las ventajas directas que obtenemos de la estabilización son, entre otras, las siguientes: aprovechar suelos de baja calidad, evitando su extracción y transporte a vertedero; reducir la sensibilidad al agua de los suelos, aumentando su resistencia a la erosión, a la helada y otros agentes climáticos; permitir la circulación por terrenos impracticables y obtener una plataforma estable de apoyo del firme de infraestructuras lineales que colabore estructuralmente con el mismo. Los procedimientos más utilizados son la estabilización con cal y la estabilización con cemento, aunque también se utilizan otros aditivos, destacando los procesos de estabilización con ligantes hidrocarbonados y la estabilización con cloruros (Yepes, 2015).

La necesidad de estabilizar suelos puede deberse a algunos u varios de estos requerimientos:

- Disminuir asentamientos de estructuras
- Disminuir el potencial de expansión y contracción de los suelos
- Aumentar la resistencia de los suelos Facilitar el trabajo de construcción
- Reducir la permeabilidad de ciertos suelos Escasez de materiales de construcción.
- Disminuir el potencial de daños causados durante el congelamiento y descongelamiento progresivo de suelos.
- Mejorar las propiedades del suelo temporalmente (solamente durante la etapa de construcción (Nolasco, 2015).

Por otro lado, no debe pensarse en el uso de la estabilización solamente como una medida correctiva sino también como medida preventiva o de seguridad contra condiciones adversas que se desarrollen durante la construcción o durante la vida de la estructura (Solano & Niño, 2010).

### **2.2.3.1 Métodos de estabilización de suelos**

En la actualidad existen innumerables métodos de estabilización, los que se en esta lista son formas de estabilización más conocidas, sin olvidar que hay muchas otras formas más específicas que aquí no se mencionan.

- Estabilización mecánica
- Estabilización por medio químico, generalmente logrado por la adición de agentes estabilizantes específicos como el cemento, las sales, la cal, el asfalto u otros
- Estabilización térmica, por medio de calor o calcinación
- Estabilización electroquímica.

De las anteriores se dará una pequeña descripción de los métodos más utilizados: estabilización mecánica, estabilización química (Hinrichsen, 2012).

#### **2.2.3.1.1 Estabilización Mecánica**

La estabilización mecánica pretende mejorar las propiedades del suelo. Consiste mejorar la trabazón mecánica por acciones de compactación, estática o dinámica. El método incluye también la adición de roca triturada o el tamizado para remover las partículas de cierto tamaño que son perjudiciales para fines ingenieriles. Este tipo de estabilización se lleva a cabo por compactación, vibración y uso de explosivos (Rodríguez, 2008).

#### **2.2.3.1.2 Estabilización Química**

Es la aplicación de un agente estabilizador químico que tiene como objetivo estabilizar el suelo al mezclarse con este. Estabilización química, que se refiere al cambio de las propiedades del suelo por efectos físico-químicos de superficie mediante la adición de cal, cemento, asfalto, cloruro de sodio, permeabilizantes entre otros. Un ejemplo claro es en el desarrollo de un proyecto de vía; estas adiciones químicas se la aplica principalmente a bases, sub-bases y terraplén para proveerle una estabilización garantizada a la vía. El agente estabilizador utilizado será el debidamente escogido y nombrado en el proyecto (Duarte, 1015).

Entre los agentes químicos más utilizados se encuentran el cemento Portland, asfalto, cloruro de sodio, cenizas volantes, cloruro de calcio y desperdicios de

fábricas de papel; estos materiales se usan para modificar la plasticidad, controlar el cambio de volumen y mejorar la resistencia (Rodríguez, 2008).

#### **2.2.4 Cloruro De Sodio (NaCl)**

El cloruro de sodio está formado por cristales, fácilmente solubles en agua, los cuales tienen la propiedad de atraer y mantener el agua líquida o en vapor, y se pueden obtener en el mercado tamaños grandes de cristales o polvo fino y de diferente tamaño de pureza, esta característica hace que el cloruro de sodio pueda servir como enlace entre las partículas (Gárnica, 2002).

El cloruro de sodio (NaCl) se obtiene por tres métodos diferentes, el primero mediante la utilización de los rayos solares, que consiste en colocar agua salada (agua de mar) en lugares donde la energía del sol evapora el agua y el resultado son residuos de sal. El segundo método consiste en la extracción de minas de sal que existen en el país y el tercero mediante la utilización de hornos industrializados que evaporan el agua del océano y recopilan los residuos que son convertidos en sal (Reyes, 2004).

Algunos autores manifiestan que la adición de sales al material granular y a las arcillas crea disminución en su contracción volumétrica, que sumado a la formación de microcapas de sal y la reducción de la variación de la humedad, mantienen más unidas las partículas, siendo éstas menos susceptibles a la abrasión del tráfico y al desgaste (Pérez, 2002).

La estabilización con sal, tiene múltiples aplicaciones y no solo en caminos donde pueden estabilizarse carpetas de rodado, bases, sub – bases, suelos naturales o subrasantes, sino también pistas de aterrizaje en aeródromos, playa de estacionamiento, en centros de consumo, supermercados, colegios, multicanchas, patio de recreación, estadios y otras áreas como bodegas a la intemperie y patios industriales, veredas entre otros. Es en resumen adaptable a otros usos en una gran variedad. Sobre las superficies estabilizadas con sal se puede imprimir, ejecutar doble tratamiento, asfaltar u hormigonar sin otra limitación de las propias de los productos a utilizar. En la estabilización con sal como cualquier otro procedimiento, la calidad del trabajo terminado dependerá de los materiales que se usen y de que el constructor se ciña a una buena técnica de construcción y a las recomendaciones generales entregadas por el proveedor (Nolasco, 2015).

#### **2.2.4.1 Estabilización con cloruro de sodio (NaCl)**

El cloruro de sodio (NaCl) se presenta en forma de cristales fácilmente solubles en agua, los cuales son higroscópicos y fáciles de conseguir. Al agregar sal a los suelos se considera que se reduce el punto de evaporación del agua, debido al incremento en la tensión superficial. Sin embargo, cuando la superficie expuesta es menor que la evaporación, ésta se empieza a secar y el cloruro de sodio se cristaliza en la superficie y en los vacíos, lo que puede ayudar a formar una barrera que impedirá posteriores evaporaciones. 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 (Roldan, 2010).

Al agregar la sal se considera que se reduce la evaporación del agua debido al incremento en la tensión superficial. Sin embargo, cuando la aportación de agua a la superficie expuesta es menor que la evaporación, la superficie se empieza a secar y el cloruro de sodio se cristaliza en la superficie y en los vacíos, lo que puede ayudar a formar una barrera que impedirá posteriores evaporaciones. La sal es un estabilizante natural que modifica la estructura del material pétreo mejorando sus propiedades físicas, lo que contribuye a aumentar la resistencia a los esfuerzos de tracción y compresión, y por lo tanto a la disminución de la permeabilidad. Su uso es para todo tipo de suelo, pero su eficacia decrece ante la presencia de material orgánico. Es sabido que el cloruro de sodio es bastante soluble en agua lo cual le permite una fácil y rápida distribución de él dentro de la masa de suelo; así, la sal disuelta es llevada a través de los huecos del suelo, los que va ocupando. Durante el periodo de fraguado, la mezcla suelo-sal va perdiendo humedad. Esta pérdida de agua permite la cristalización del cloruro de sodio dentro de los vacíos del suelo que llena en calidad de sólido. Esto debe producir un aumento en la densidad del suelo (Gutierrez, 2010).

#### **2.2.4.2 Formas de aplicar el cloruro de sodio a los suelos**

La estabilización con cloruro de sodio mejora algunas propiedades de los suelos. De igual forma que otros métodos de estabilización, el cloruro de sodio necesita de un método adecuado para mezclarse con el suelo a estabilizar, con el fin de

reducir riesgos en la salud de los trabajadores in situ, y obtener una mezcla de suelo-cloruro de sodio que produzca mejores resultados (Rico, 2008).

Al igual que en la mayoría de las estabilizaciones, el cloruro de sodio puede aplicarse directamente al suelo a tratar y encontrar una relación en porcentaje que permita estabilizar adecuadamente el suelo.

Las formas de aplicación del cloruro de sodio son:

**En grano.** Este método de aplicación no es 100% eficaz, ya que al homogenizar el suelo con el cloruro de sodio quedan porciones de suelo, en las cuales tiene un menor porcentaje de NaCl con respecto a otros. Sin el ensayo en laboratorio es fácil la homogenización con métodos prácticos, haciendo que la mezcla suelo cloruro de sodio sea la correcta, de esta manera el cloruro de sodio estará presente en toda la muestra de suelo (Roldan, 2010).

**Gráfico N° 01.** Aplicación de cloruro de sodio al suelo en grano



Fuente: Roldan, 2010

**En salmuera.** El emplear este método de dilución en agua se crea salmuera, la cual es aplicada al suelo controladamente. La salmuera llena los espacios entre las partículas de suelo y establece un método eficiente al mismo tiempo que se agrega la humedad óptima al suelo. Sin embargo, al crear salmuera se corre el riesgo de afectar la maquinaria empleada para su realización, ya que la sal es un agente oxidante (Roldan, 2010).

**Gráfico N° 02:** Aplicación de cloruro de sodio al suelo en Salmuera



Fuente: Roldan, 2010

**2.2.5 Ensayos de Laboratorio**

**2.2.5.1 Contenido de Humedad**

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

El contenido de humedad se determina pesando una muestra representativa de suelo en su estado húmedo, secado luego dicha muestra a una temperatura constante de 100 a 110 °C y pesándola después. La diferencia entre el peso de la muestra antes y después de secada al horno representa el peso del agua que contenía la muestra. Este peso del agua expresada como porcentaje del peso seco de la muestra proporción el contenido de humedad. El contenido de humedad del suelo puede variar desde cero cuando está perfectamente seco hasta un máximo determinado y variable cuando está completamente saturado. Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente formula (NTP 339.127, 1999).

$$w = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo seco al horno}} * 100 = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C}$$

$$w = \frac{M_W}{M_S} * 100 \dots (Ec. 1)$$

En donde:

- w : Es el contenido de humedad, en porcentaje.  
Mcws : Es el peso del contenedor más el suelo húmedo.  
Mcs : Es el peso del contenedor más el suelo secado en horno.  
Mc : Es el peso del contenedor.  
Mw : Es el peso del agua.  
Ms : Es el peso de las partículas sólidas.

### 2.2.5.2 Análisis granulométrico mediante tamizado por Lavado

Este método fija el modo de obtener mediante el tamizado la distribución de las partículas por tamaño en cada malla, en una muestra sirve para determinar su clasificación y según esto su uso más adecuado. (NTP 339.128, 1999)

Al finalizar este ensayo obtenido los pesos retenido en los tamices se procede a calcular el porcentaje por cada tamiz como sigue:

$$\%Retenido = \frac{W_{tamiz}}{W_1} \times 100 \dots (Ec. 2)$$

En donde:

- W tamiz : Peso retenido en cada tamiz  
W1 : Peso de la muestra secada al horno

### 2.2.5.3 Límites de Atterberg

La plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, habiendo de recurrir al método al método descrito por el sueco Atterberg. Este método consiste en definir los límites correspondientes a los tres estados en los cuales puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites, llamados límites de Atterberg, son: el límite de liquidez (LL), el límite e plasticidad (LP) y el límite de retracción (LR). Para respetar las notaciones internacionales más empleadas, LL, LP y LP pueden ser llamados  $W_L$ ,  $W_P$  y  $W_S$  (NTP 339.129, 1999).

La determinación de estos límites se realiza solamente sobre elementos finos que pasan por un tamiz de malla cuadrada de 0.42 mm según la norma. Estos no son, pues, valores representativos del conjunto del suelo y para apreciar todas las características de este, había que tener en cuenta la proporción de elementos gruesos y finos que contiene.

El **Límite Líquido** si el mortero está muy unificado se presenta y se comporta como una papilla sin ninguna consistencia. El límite líquido se define como la humedad, en relación al peso del suelo seco, que le convierte en suelo líquido.

El **Límite Plástico** se define como la humedad para la cual el mortero se convierte en plástico, es decir, se puede amasar todavía antes de perder toda coherencia. Experimentalmente el límite de plasticidad es la humedad que permite amasar el suelo sin deshacerlo en moldes de 3 mm de diámetro.

El **Límite de Retracción** es la humedad para la cual el suelo se fisura y pierde su coherencia por falta de agua. Se le define como la humedad justa y suficiente para llenar los poros del suelo cuando este alcanza su volumen mínimo, es una medida cada vez menos utilizada y que tiene a desaparecer.

Además del LL y del LP, una característica muy interesante es el índice de plasticidad IP que se define como la diferencia LL y LP.

$$IP = LL - LP \dots (Ec. 3)$$

En dónde.

IP: índice de plasticidad

LL: límite líquido

LP: límite Plástico.

El índice de plasticidad permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso; por lo contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso (Sanz, 1995).

**Tabla N° 02:** Características de suelos según  
Índices de plasticidad

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICAS
IP > 20	Suelos muy arcilloso
20 > IP > 10	Suelos arcillosos
10 > IP > 4	Suelos pocos arcillosos
IP = 0	Suelos exentos de arcillas

Fuente: Sanz, 1995

#### 2.2.5.4 Ensayo de peso específico material fino

Este valor se usa para la predicción del peso unitario de un suelo, para realizar el análisis de hidrómetro y para el cálculo de la relación de vacíos de un suelo. Para los granos es el valor considerado promedio y por lo general sirve para llevar a cabo la clasificación de sus minerales. Cabe mencionar que este concepto también se denomina gravedad específica (NTP 339.131, 1999).

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\gamma_s = \frac{W_s}{W_s + W_{fw} - W_{fws}} \dots (Ec. 4)$$

En dónde:

$W_s$  : Es el peso de la muestra seca

$W_{fw}$  : Peso de la fiola más el agua

$W_{fws}$  : Peso de la fiola, suelo y agua.

#### 2.2.5.6 Ensayo de compactación proctor modificado

Se entiende por compactación a todo proceso que aumenta el peso volumétrico de un suelo. En general es conveniente compactar un suelo para incrementar su resistencia al esfuerzo cortante, reducir su compresibilidad y hacerlo más impermeable (NTP 339.141, 1999).

$$D_s = \frac{D_h}{1 + \frac{W\%}{100}} \dots (Ec. 5)$$

En dónde:

Ds : Densidad seca.

Dh : Densidad húmeda.

W%: Contenido de humedad.

El Proctor Estándar y Proctor Modificado se determinan la relación de densidad y humedad de un suelo en particular, aplicando un esfuerzo a través de una energía específica de compactación mediante la caída de un pisón cilíndrico de una altura de 12" y 18", dentro de un molde cilindro de 4" y 6" de diámetro (Sanz, 1995).

### 2.2.5.7 California Bearing Ratio (CBR)

La finalidad de este ensayo es determinar la capacidad de soporte (CBR, California Bearing Ratio) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. El ensayo se desarrolló por parte de la División de Carreteras de California, como una forma de clasificación y evaluación de la capacidad de un suelo para ser utilizado como sub-base o material de base en construcciones de carreteras.

El ensayo de CBR es el más empleado para el diseño de pavimentos, y mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas.

$$C.B.R = 100 * \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}} \dots (Ec. 6)$$

El ensayo CBR (California Bearing Ratio) mide la carga necesaria para penetrar un pistón de dimensiones determinadas a una velocidad previamente fijada en una muestra compactada. De suelo después de haberla sumergido en agua durante cuatro días y de haber medido su hinchamiento.

El hecho de sumergir la muestra se debe a que si podemos prever la hipotética situación de acumulación de humedad en el suelo y de haberlo sugerido, lo penetramos con un pistón el cual va conectado a un pequeño "plotter" que nos genera una gráfica donde se nos representa la carga respecto a profundidad a la que ha penetrado el pistón dentro muestra (NTP 339.175, 1999).

### 2.3. Definición de términos básicos

**Arcilla.** Las arcillas son principalmente partículas submicroscópicas en forma de escamas de mica, minerales arcilloso y otros minerales, las arcillas se definen como partículas menores a 0.002 mm. En algunos casos, las partículas de tamaño entre 0.002 y 0.005 mm también se denominan arcillas (Braja, 2001).

**Estabilización química de suelos.** La estabilización química de suelos es una tecnología que se basa en la aplicación de un producto químico, genéricamente denominado estabilizador químico, el cual se debe mezclar íntima y homogéneamente con el suelo a tratar y curar de acuerdo a especificaciones técnicas propias del producto (MTC, 2004).

**Cloruro de sodio.** La sal es un estabilizante natural que modifica la estructura del material pétreo mejorando sus propiedades físicas, lo que contribuye a aumentar la resistencia a los esfuerzos de tracción y compresión, y por lo tanto a la disminución de la permeabilidad. Su uso es para todo tipo de suelo, pero su eficacia decrece ante la presencia de material orgánico (Hinrichsen, 2012).

**Contenido de Humedad.** La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas (NTP 339.127, 1999).

**Análisis granulométrico.** Los Análisis Granulométricos se realizarán mediante ensayos en el laboratorio con tamices de diferente enumeración, dependiendo de la separación de los cuadros de la maya. Los granos que pasen o se queden en el tamiz tienen sus características ya determinadas (NTP 339.128, 1999).

**Granulometría.** Se denomina granulometría, a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica (Mingarro & Ordoñez, 1990).

**Límites de Atterberg.** Definen los contenidos de agua característicos para los que una arcilla, determinada, triturada, alcanza diferentes estados de consistencia relativa (Graux, 1985).

**Plasticidad.** La plasticidad es atribuible al contenido de partículas escamosas de tamaño coloidal presentes en los suelos. Las partículas escamosas además son responsables de la alta compresibilidad y la baja permeabilidad de los suelos (Braja, 2001).

**Proctor modificado.** El método está basado en la determinación de las densidades secas de varias probetas, compactadas en idénticas condiciones pero con contenidos de humedad diferentes. Para cada contenido de humedad se alcanza una determinada densidad, de manera que estos pares de valores, representados en coordenadas cartesianas, definen la relación buscada (NTP 339.141, 1999).

**California Bearing Ratio (CBR).** Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo (NTP 339.175, 1999).

## CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

### 3.1. Formulación de la hipótesis

La adición de cloruro de sodio en suelos arcillosos en 4% 8% y 12% aumenta el índice California Bearing Ratio (CBR) hasta en un 10%.

### 3.2. Operacionalización de variables

**Tabla N° 03:** Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES
¿Cuál es la influencia de la adición del cloruro de sodio en el índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso?	Evaluar la influencia de la adicción de cloruro de sodio en 4%, 8% y 12% en el índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso.	La adición de cloruro de sodio en suelos arcillosos en 4% 8% y 12% aumenta el índice California Bearing Ratio (CBR), hasta en un 10%.	Adición de Cloruro de sodio
			Índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso

Fuente: Elaboración propia, 2016

**Tabla N° 04:** Operacionalización de variables

TIPO	VARIABLES	CONCEPTO	INDICADORES
Independiente	Adición de Cloruro de sodio	La sal es un producto natural, que se obtiene de la molienda de la sal gema o sal de roca compuesto en un 98% por cloruro de sodio (NaCl) y un 2% de arcilla /limos.	Porcentajes de 4%,8% y 12 % de Cloruro de Sodio en un suelo arcilloso
Dependiente	Índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso	La finalidad de este ensayo es determinar el índice California Bearing Ratio (CBR,) de suelos compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables.	Resultados del Índice California Bearing Ratio (CBR)

Fuente: Elaboración propia, 2016

## **CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **4.1. Tipo de diseño de investigación**

De tipo experimental

### **4.2. Material**

#### **4.2.1. Unidad de estudio.**

Suelo arcilloso con adición de cloruro de sodio para el índice California Bearing Ratio (CBR).

#### **4.2.2. Población.**

Especímenes de suelos arcilloso con adición de cloruro de sodio para el índice California Bearing Ratio (CBR).

#### **4.2.3. Muestra.**

De acuerdo a la norma NTP 339.175 menciona que se utiliza tres especímenes de suelo arcilloso sin adición de cloruro de sodio para índice California Bearing Ratio (CBR) de la muestra patrón, tres especímenes para cada adición de 4%, 8% y 12% de cloruro de sodio para índice California Bearing Ratio (CBR).

### **4.3. Métodos**

#### **4.3.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos**

Los ensayos que se realizan al suelo arcilloso para determinar el índice California Bearing Ratio adicionando cloruro de sodio en porcentajes 4%, 8% y 12 % son ensayos conforme a las normas estipuladas para estos, todos los ensayos estuvieron supervisados por el personal calificado del laboratorio.

Los ensayos que se realizan han sido detallados en este capítulo, los cuales son:

- 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)
- Peso específico material fino  
NTP 339.131 (ASTM D 854)
- Ensayo de compactación Proctor Modificado  
NTP 339.141 (ASTM D 1557)
- Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)  
NTP 339.145 (ASTM D 1883)

Estos ensayos proporcionan datos necesarios para establecer si el cloruro de sodio influye en el índice California Bearing del suelo arcilloso estudiado.

## **CAPÍTULO 5. DESARROLLO**

### **5.1. Procedimiento General**

En la presente tesis se logró conocer la influencia de la adición de cloruro de sodio en la California Bearing Ratio (CBR), después de ser estabilizado con diferentes porcentajes de cloruro de sodio 4%, 8% y 12%, a finalizar se obtuvo características químicas más favorables para uso en ingeniería.

En el mes de abril del 2015 se buscó un suelo arcilloso el cual fue obtenido del banco de arcilla, ubicada en el centro poblado de Santa Bárbara, el material fue trasladado hasta la ciudad de Cajamarca a las instalaciones de la Universidad Privada del Norte, 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 arcilla de baja o media plasticidad (CL) 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 de 4%, 8% y 12% de cloruro de sodio. 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 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 de las dosificación de cloruro de sodio mencionadas anteriormente, para analizar la influencia de esta adición de cloruro en la California Bearing Ratio (CBR) del suelo arcilloso.

### **5.2. Extracción de la muestra**

La visita se realizó el día 27 de abril del 2015 para la extracción de la muestra esta realizó de manera manual del banco de arcilla, el cual brindo el material para realizar la presente tesis. El banco de arcilla está ubicada en las siguientes coordenadas:

Norte: 9211353 m

Este: 776301 m

Cota: 2717 m

**Gráfico N° 03:** Croquis de ubicación del banco de arcilla



Fuente: Google Earth, 2015

La extracción se realizó mediante la excavación manual por el tesista posteriormente se realizó cuarteo respectivo del material in situ con el cual se va a trabajar los ensayos establecido.

El transporte se realizó utilizando sacos de polipropileno teniendo cuidado de no contaminar la muestra, estos fueron transportados al laboratorio de la Universidad Privada del Norte para proceder con los ensayos planteados.

### **5.3. 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.

#### **a) Material Utilizado**

Muestra inalterada extraída del estrato en estudio.

#### **b) Equipo y herramientas**

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

#### **c) 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.

#### **5.4. 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.

### a) 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: Cucharon, brocha, pico, palana, escobillas de fierro, recipientes vacíos, sacos de polietileno.

### b) 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 0.1 gr.
- 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 a 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 0.1 gr.
- 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 0.1 gr.
- Se registró y procesó los datos con un precisión de 0.1%

#### **5.5. Método de incorporación de NaCl en el suelo**

El método para la incorporación de NaCl en el suelo que se utilizó fue el de grano que consiste en mezclar en función del peso cierto porcentaje de NaCl 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.

#### **5.6. Ensayo de límites de Atterberg.**

Ensayo que se realizó tanto para la muestra patrón como para las dosificaciones de 4%, 8% y 12% de NaCl en estudio, los procedimientos se realizaron de acuerdo a la norma NTP 339.129 (ASTM D 4318), el procedimiento realizado se describe a continuación.

##### **a) 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 Plático: Vidrio esmerilado, espátula.
- Cápsulas de aluminio y porcelana.

## **b) Procedimiento**

### **b.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 0.01 gr.
- Luego se colocó la muestra a secar en el horno a una temperatura de 110 ° C  $\pm$  5 °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.

### **b.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%.

### 5.7. Ensayo de peso específico material fino

Este ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.131 (ASTM D 854) para la muestra patrón y la dosificación de 4%, 8% y 12% de NaCl en estudio añadido al suelo como se especificó anteriormente. Seguidamente se detalla el procedimiento utilizado en el presente ensayo de laboratorio.

#### a) Equipos y herramientas

- Balanza con aproximación de 0.01 gr
- Fiola de 500 ml.

#### b) Procedimiento

- Se pesó la muestra seca.
- Luego se llenó la fiola con agua hasta la marca de 500 ml y pesar.
- Se colocó la muestra seca ya pesada en la fiola vacía y, se vertió agua hasta cubrir la muestra, se agitó durante 15 minutos de tal manera que las burbujas de aire fueron extraídas.
- Una vez pasado los 15 minutos se agregué a la fiola agua hasta la marca de 500 ml y se pesó.
- Para posteriormente determinar el peso específico.

### 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.

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

#### **a) 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 Modificado.
- Pisón de operación manual de sección circular con un peso de 4.54 Kg para Proctor Modificado.
- Mallas de 3/4", 3/8" y N° 4
- Equipo complementario: Espátulas, regla metálica, bandeja probeta graduada de 1 litro, martillo de goma, badilejo, cucharón, bolsas plásticas, recipientes vacíos.

#### **b) 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 hasta obtener un peso húmedo aproximado de 35 kg para Proctor Modificado.
- El material a ensayarse estaba por debajo del contenido óptimo de humedad.
- Se incrementó la cantidad de agua al material gradualmente a cada punto de 2 en 2% 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 el material dentro de las bolsas plásticas y se las selló.
- Cumplido el tiempo mínimo de saturación se procedió a ensayar los especímenes para el Proctor Modificado en cinco porciones.
- Se colocó el molde seleccionado sobre la base rígida horizontal nivelada.

**Tabla N° 05: Resumen ensayo Proctor Estándar y Proctor Modificado**

Tipo de ensayo	PROCTOR ESTÁNDAR ASTM D698.91 (98)			PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557.91 (98)		
	A	B	C	A	B	C
Condiciones para la elección del método	% Ret.Acum.N° 4 ≤ 20%	% Ret.Acum.3/ 8" ≤ 20% % Ret.Acum.N° 4 > 20%	% Ret.Acum.3/ 4" ≤ 30% % Ret.Acum.3/ 8" > 20%	% Ret.Acum.N° 4 ≤ 20%	% Ret.Acum.3/ 8" ≤ 20% % Ret.Acum.N° 4 > 20%	% Ret.Acum.3/ 4" ≤ 30% % Ret.Acum.3/ 8" > 20%
Tipo de material utilizado	Pasante la malla N°4	Pasante la malla 3/8"	Pasante la malla 3/4"	Pasante la malla N°4	Pasante la malla 3/8"	Pasante la malla 3/4"
N° de capas (n)	3	3	3	5	5	5
N° de golpes (N)	25	25	56	25	25	56
Diámetro de molde (cm)	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	15.24 ± 0.07	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	15.24 ± 0.07
Altura del molde (cm)	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05
Volumen del molde V (cm <sup>3</sup> )	944 ± 0.14	944 ± 0.14	2124 ± 0.25	944 ± 0.14	944 ± 0.14	2124 ± 0.25
Peso del martillo W (Kg)	2.5 ± 0.01	2.5 ± 0.01	2.5 ± 0.01	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01
Altura caída del martillo h (cm)	30.48 ± 0.13	30.48 ± 0.13	30.48 ± 0.13	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16
Diámetro del martillo (cm)	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025
Energía de compactación (Kg/cm)cm <sup>3</sup> )	6.054	6.054	6.027	27.485	27.485	27.363

Fuente: NTP 339.141, 1999

- Se retiró el pisón del molde y se colocó una nueva capa, compacté 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 se rellenó 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, mezclo y homogenizo 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.
- Luego se retiró el material del horno y se dejó enfriar en el ambiente por el espacio de 25 minutos aproximadamente.
- Seguidamente se pesó la muestra seca con una precisión de 0.1 gr
- Se repitió los pasos para los 4 especímenes.
- Se registró y procesó los datos.

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

En ensayo de CBR se desarrolló de acuerdo a la norma NTP 339.145 (ASTM D 1883), 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%, 8% y 12% de cloruro de sodio. Este ensayo se desarrolló en tres partes las cuales se mencionan a continuación:

### a) 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.
- 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.

### b) Procedimiento

Este procedimiento consta de 3 fases:

#### b.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.
- Luego se compactó la muestra con 5 capas en cada uno de los 3 moldes CBR, el primero con 13 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.

### **b.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, la sobrecarga, el trípode y el dial de expansión.

Luego se colocó los tres moldes debidamente equipados en un tanque de agua durante días (96 horas), se registró las lecturas de expansión cada 24 horas.

### **b.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 retiró el dial, el trípode, 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.

## CAPÍTULO 6. RESULTADOS

### 6.1. Resultados de laboratorio

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

#### 6.1.1. Contenido de humedad de la muestra

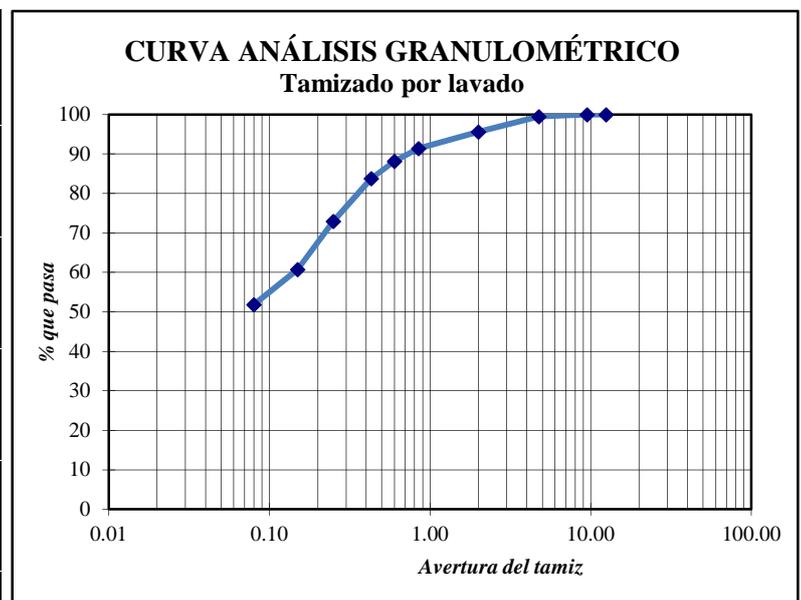
El resultado promedio obtenidos en el contenido de humedad es de 23.29% en la muestra de suelo.

#### 6.1.2. Análisis granulométrico

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

**Tabla N° 06:** Análisis granulométrico por lavado

TAMIZ		% QUE PASA
N°	ABER.(mm)	
2"	50.00	100.00
1/2"	38.10	100.00
1"	25.00	100.00
3/4"	19.00	100.00
1/2"	12.50	100.00
3/8"	9.50	100.00
N °4	4.75	99.54
N °10	2.00	95.64
N °20	0.85	91.44
N °30	0.60	88.14
N °40	0.43	83.78
N °60	0.25	72.98
N °100	0.15	60.74
N °200	0.08	51.88



Fuente: Elaboración propia, 2016

### 6.1.3. Ensayo de límites de Atterberg

En la tabla N° 07 se presenta los resultados obtenidos en el ensayo de límites de Atterberg específicamente del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

**Tabla N° 07: Límites de Atterberg**

Descripción		Muestra Patrón	Muestra 4% NaCl	Muestra 8% NaCl	Muestra 12% NaCl
<b>Límites de Atterberg (%)</b>	Límite líquido	27.00	24.00	22.00	19.00
	Límite plástico	16.00	15.00	14.00	13.00
	Índice de plasticidad	11.00	9.00	8.00	6.00

Fuente: Elaboración propia, 2016

### 6.1.4. Peso específico material fino

En la tabla N° 08 se presenta los resultados obtenidos en el ensayo de peso específico tanto para la muestra patrón como para las diferentes dosificaciones de cloruro de sodio estudiadas.

**Tabla N° 08: Ensayo peso específico**

Descripción	Muestra Patrón	Muestra 4% NaCl	Muestra 8% NaCl	Muestra 12% NaCl
<b>Peso específico de muestra (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.25	2.29	2.31	2.36

Fuente: Elaboración propia, 2016

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

Realizado los ensayos de análisis granulométrico por lavado y el ensayo de límites de Atterberg se procedió a clasificar mediante el Sistema unificado de clasificación de suelos utilizando la carta de plasticidad del suelo en estudio obteniéndose una arcilla de baja a media plasticidad (CL).

### 6.1.6. Ensayo de proctor modificado

En la tabla N° 09 se presenta los resultados obtenidos en el ensayo de proctor modificado, como son la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad.

**Tabla N° 09:** Proctor modificado

Descripción		Muestra Patrón	Muestra 4% NaCl	Muestra 8% NaCl	Muestra 12% NaCl
<b>Proctor Modificado</b>	Densidad máxima seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.900	1.945	1.971	2.055
	Humedad Óptima (%)	10.232	10.392	10.302	10.151

Fuente: Elaboración propia, 2016

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

En la tabla N° 10 se presenta los resultados obtenidos en el ensayo de California Bearing Ratio (CBR) tanto para 0.1" y 0.2".

**Tabla N° 10:** California Bearing Ratio (CBR)

Descripción		Muestra Patrón	Muestra 4% NaCl	Muestra 8% NaCl	Muestra 12% NaCl
<b>California Bearing Ratio (CBR)</b>	CBR 0.1" (%)	4.43	4.50	4.70	4.85
	CBR 0.2" (%)	4.85	5.01	5.21	5.32

Fuente: Elaboración propia, 2016

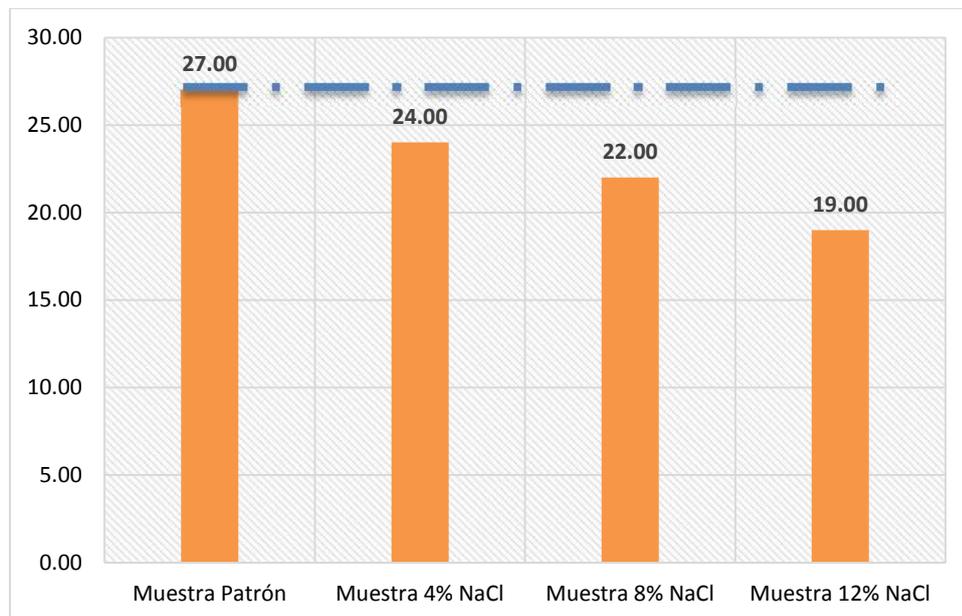
## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

### 7.1. Límites de Atterberg

Los resultados obtenidos a través de los ensayos de límites de Atterberg estos presentaron tanto en el límite líquido, límite plástico e Índice de plasticidad una disminución al incrementar la dosificación de cloruro de sodio en comparación a la muestra patrón estos resultados afirmaron lo mencionado por el Ing. Wilder Rodríguez M. en su investigación denominada “Evaluación de la estabilización de arcillas expansivas en laboratorio implementando pilotines con cal y sal” donde concluye que la sal se pudo conseguir disminución de los límites de Atterberg.

**Límite líquido.** Con el límite líquido presento una disminución al aumentar la dosificación de cloruro de sodio en comparación a la muestra patrón de suelo arcilloso.

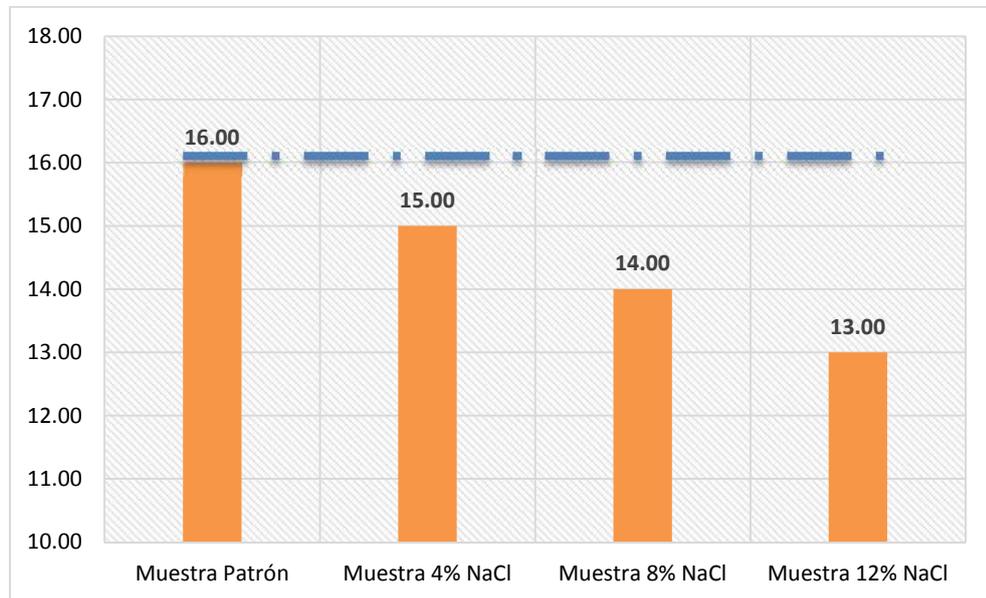
**Gráfico N° 04:** Comparación límite líquido del suelo con la dosificación de NaCl



Fuente: Elaboración propia, 2016

**Límite plástico.** Con el límite plástico presentó igualmente que el límite líquido presento una variación idéntica al aumentar la dosificación de cloruro de sodio en la muestra de arcilla.

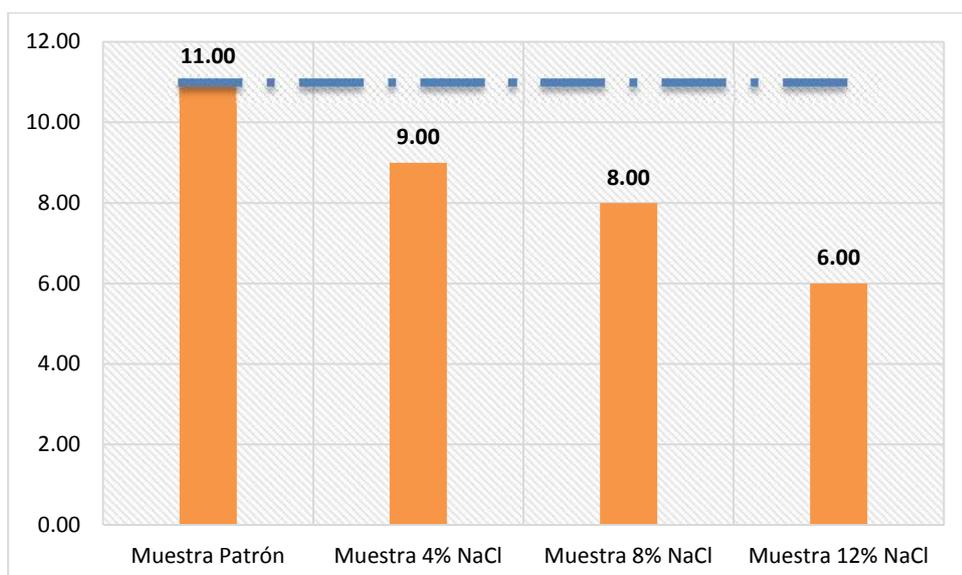
**Gráfico N° 05:** Comparación límite plástico del suelo con la dosificación de NaCl



Fuente: Elaboración propia, 2016

**Índice de plasticidad.** El índice de plasticidad presenta un comportamiento contrario a lo obtenidos en el límite líquido y plástico, decrece al aumento de dosificación de cloruro de sodio.

**Gráfico N° 06:** Comparación índice de plasticidad del suelo con la dosificación de NaCl

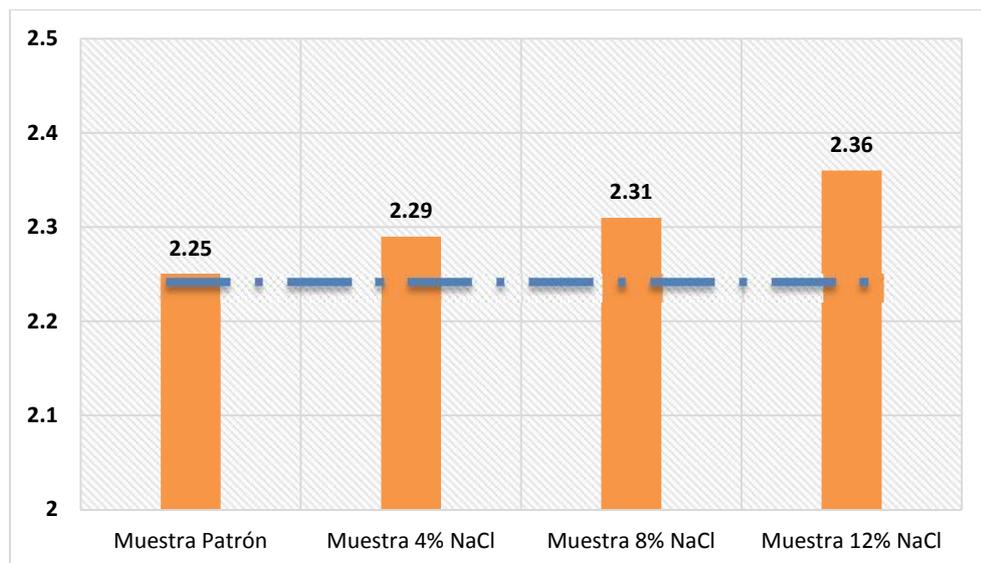


Fuente: Elaboración propia, 2016

## 7.2. Peso específico material fino

En este ensayo se puede apreciar que al aumentar los porcentajes de cloruro de sodio en la muestra el peso específico aumenta en comparación a la muestra patrón desde un 2.25 gr/cm<sup>3</sup> para la muestra patrón hasta un 2.36 gr/cm<sup>3</sup> para la dosificación 12% de cloruro de sodio.

**Gráfico N° 07:** Comparación peso específico del suelo con la dosificación de NaCl



Fuente: Elaboración propia, 2016

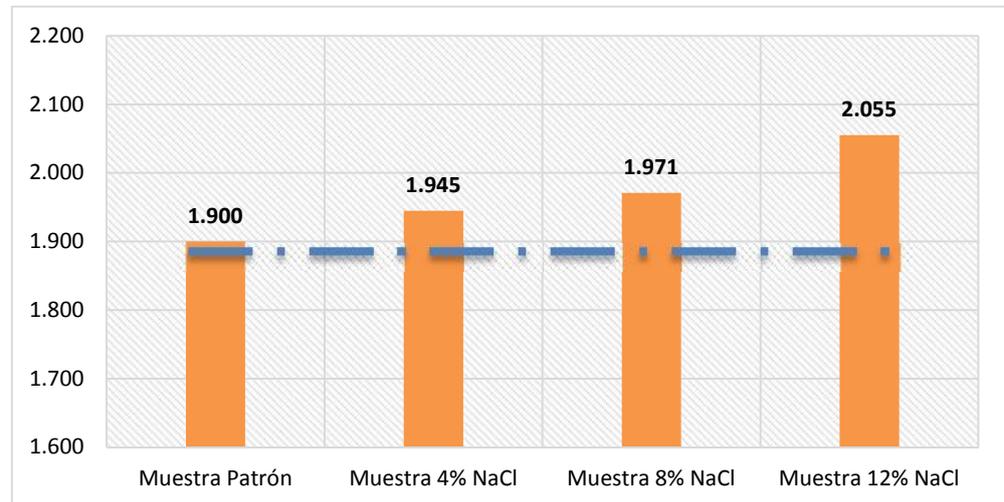
## 7.3. Proctor Modificado.

En este ensayo se obtuvo resultados tanto la densidad seca como también el óptimo contenido de humedad, en cuanto a densidad seca esta presenta un incremento al aumentar la dosificación de cloruro de sodio, por otro lado en el óptimo contenido de humedad este presenta un aumento en la dosificación de 4% para luego presentar un disminución en los porcentajes de 8% y 12%, estos resultados presentan un comportamiento semejante al que se obtuvo por W. Quinche, W. Caraguay, A. Cartuche & A. Zúñiga en la investigación que realizaron denominada "Estabilización de suelos para uso en vías terrestres" donde concluye que las características de compactación para cada uno de los suelos es estabilizados con sal y cal son similares, debido a que existe un incremento en la densidad seca máxima y una variación en la disminución del contenido óptimo de humedad.

La comparación de los datos obtenidos los cuales se discutieron anteriormente se muestra a continuación:

**Densidad Máxima Seca.** Con respecto a los resultados obtenidos sobre densidad seca esta presenta un aumento a mayor sea la dosificación de cloruro de sodio.

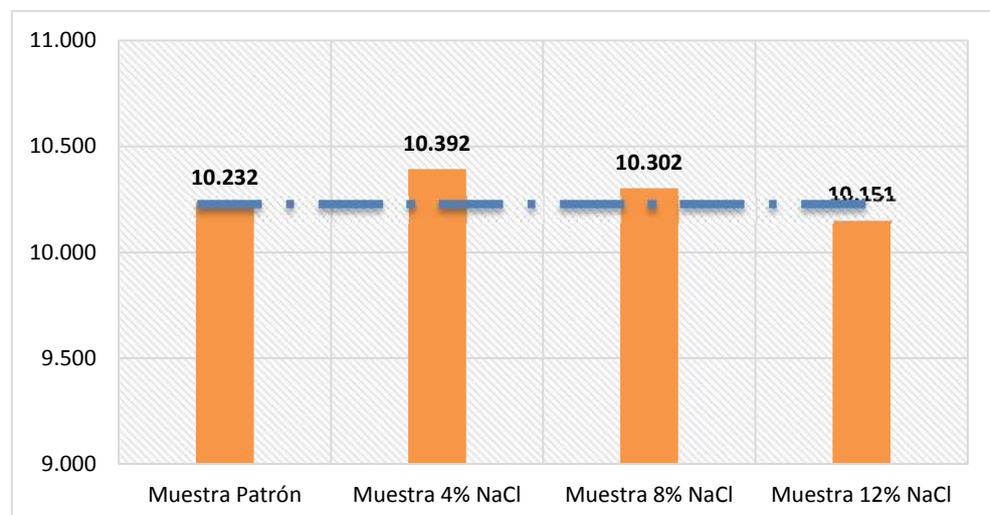
**Gráfico N° 08:** Comparación densidad máxima seca del suelo con la dosificación de NaCl



Fuente: Elaboración propia, 2016

**Óptimo contenido de humedad.** Al observar el gráfico se puede apreciar que el contenido óptimo contenido de humedad tiene un aumento en la dosificación de 4% por otro lado en las dosificación 8% y 12% estas decrecen hasta incluso inferior a la muestra patrón como se aprecia en el gráfico.

**Gráfico N° 09:** Comparación óptimo contenido de humedad del suelo con la dosificación de NaCl

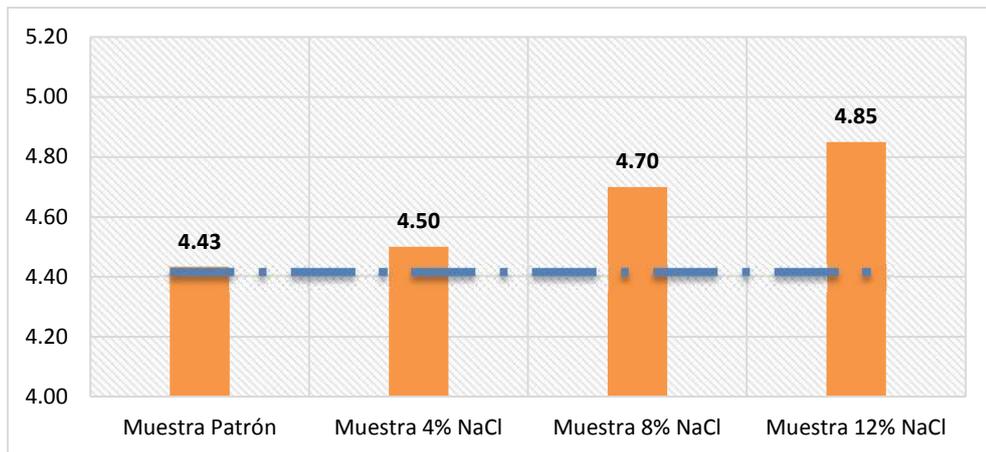


Fuente: Elaboración propia, 2016

#### 7.4. California Bearing Ratio (CBR)

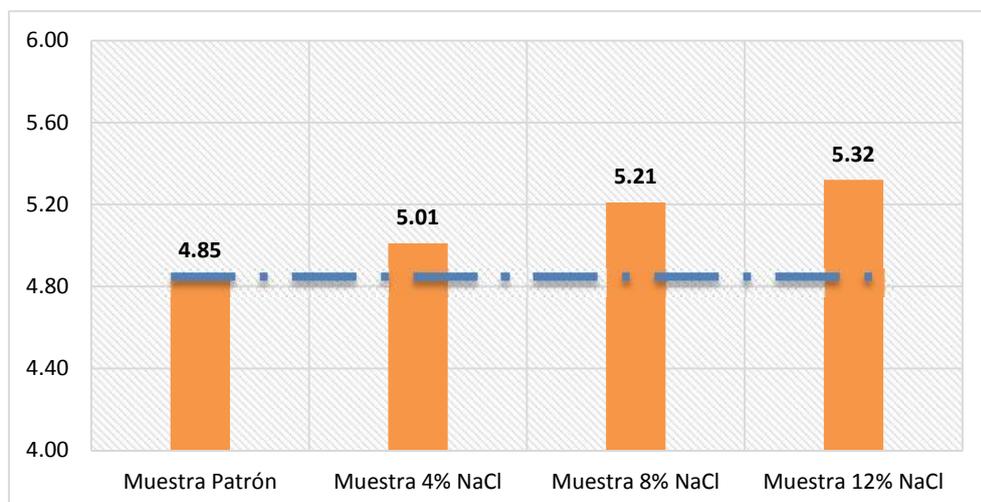
De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo CBR (California Bearing Ratio) se puede apreciar que el valor CBR aumenta a un 95% de la máxima densidad seca a 0.1" y 0.2" esto afirma la hipótesis plantada que la adición de cloruro de sodio en suelos arcillosos en 4% 8% y 12% aumenta la Capacidad Portante (CBR), hasta en un 10%. En los resultados de CBR a 0.1" se puede apreciar un incremento al aumentar la adición de cloruro de sodio desde 4.85% de la muestra patrón hasta 5.32% que es la dosificación de 12% de cloruro de sodio; con respecto resultados obtenido de CBR a 0.2" igualmente esta se incrementó en desde un 4.85% para la muestra patrón hasta un 5.32% para la dosificación de 12% de cloruro de sodio.

**Gráfico N° 10:** Comparación CBR a 0.1" del suelo con la dosificación de NaCl



Fuente: Elaboración propia, 2016

**Gráfico N° 11:** Comparación CBR a 0.2" del suelo con la dosificación de NaCl"



Fuente: Elaboración propia, 2016

Comparando con investigaciones anteriores como la de Jairo Roldan de Paz en su tesis titulada “Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases” menciona que 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;

En relación a los resultados obtenidos en esta investigación se puede mencionar que para el caso del suelo utilizado una arcilla, el comportamiento del CBR es distinto al de una arena puesto que este tiende a incrementar al aumentar la dosificación de cloruro de sodio.

Otras investigaciones como la de Alberto 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 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.

En este caso el cloruro de sodio si se pudo evaluar el comportamiento de CBR el cual presento un incremento a aumentar la dosificación de cloruro de sodio. Por ende el comportamiento del Cloruro de sodio es distinto que la del cloruro de magnesio pese a que son sales.

## CONCLUSIONES

1. Se comprobó 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. Puesto que el índice CBR para 0.1" varía un 9.48% de la muestra patrón, mientras que para 0.2" el índice CBR varia 9.69 % de la muestra patrón.
2. Se logró 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 obtenido los siguientes resultados para un CBR al 0.1": con la muestra patrón un CBR de 4.43%, adicionando 4% de cloruro de sodio un CBR de 4.50%, adicionando 8% de cloruro de sodio un CBR de 4.70%, adicionando 12% de cloruro de sodio un CBR de 4.85%; para un CBR al 0.2", con la muestra patrón un CBR de 4.85%, adicionando 4% de cloruro de sodio un CBR de 5.01%, adicionando 8% de cloruro de sodio un CBR de 5.21%, adicionando 12% de cloruro de sodio un CBR de 4.32%
3. 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 par la muestra de suelos patrón de 11.00 % sin incorporar cloruro de sodio, 9.00% incorporando 4% de cloruro de sodio, 8.00% incorporando 8% de cloruro de sodio y 6.22% incorporando 12% de cloruro de sodio
4. Se determinaron los parámetros de compactación de suelo los cuales fueron la densidad seca y el óptimo contenido de humedad, para la primera; está presenta un incremento desde 1.900 gr/cm<sup>3</sup> hasta 2.055 gr/cm<sup>3</sup> para un 12% de cloruro de sodio, por otro lado el comportamiento del óptimo contenido de humedad es lo opuesto puesto que para la muestra patrón se obtuvo un 10.23%, en la dosificación de 4% de cloruro de sodio esta aumentó hasta un 10.39% para luego reducir tanto en la dosificación de 8% y 12% de cloruro de sodio hasta 10.30% y 10.15% respectivamente.

## RECOMENDACIONES

1. Investigar el comportamiento de un suelo arcilloso adicionando porcentajes mayores a 12% de cloruro de Sodio.
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.
3. Utilizar otros materiales como estabilizantes como el Cloruro de Calcio, Cloruro de Magnesio y Cloruro de potasio; para conocer el comportamiento que presenta en un suelo arcilloso.
4. Investigar el comportamiento de distintos tipos de suelos frente a la adición de cloruro de sodio.

## REFERENCIAS

1. Gutiérrez , C. A. (2010). Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (Bichiofita) frente al cloruro de calcio. Lima: Universidad Ricardo Palma.
2. Hinrichsen, N. (2012). Estudio de comportamiento de suelo estabilizado con sal: frente a la acción del agua para distintas mezclas. Chile: Universidad Austral de Chile.
3. INDECI. (2005). Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres ciudad de Cajamarca. Cajamarca: Instituto Nacional de Defensa Civil.
4. Mingarro, M., & Ordoñez, O. (1990). Petrología exógena. Hipergénesis y sedimentogénesis aloctona . Rueda .
5. MTC. (2004). Estabilización química de suelos - Caracterización del estabilizado y evaluación de propiedades de comportamiento del suelo mejorado. Perú : Ministerio de Transporte y Comunicaciones .
6. Musso, M., Rostan, Á., & Behak, L. (2003). Subrasantes expansivas en Rutas Nacionales: ¿mito o realidad? Uruguay: Congreso de la Vialidad Uruguaya.
7. Nicholson , O. (7 de mayo de 2015). Propiedades de los suelos en la ingeniería. Obtenido de ingeniocivil.blogspot: <http://ingeniocivil.blogspot.pe/>
8. Nolasco, M. (3 de Marzo de 2015). Arquis Arquitectura. Obtenido de <http://www.arqhys.com/arquitectura/razones-estabilizar-suelo.html>
9. Osorcio, S. (6 de Junio de 2015). La Ingeniería de Suelos. Obtenido de blogspot: <http://geotecnia-sor.blogspot.pe/2012/03/la-ingenieria-de-suelos.html>
10. Pérez , A. (2002). Estabilización de suelos con cloruro de sodio para su uso en vías terrestres. México: Instituto Mexicano de transporte.
11. Quinche Granda, W., Caraguay Cuenca, W., Cartuche Morocho, A., & Zúñiga, A. (2011). Estabilización de suelos para uso en vías terrestres. Universidad Técnica Particular de Loja.
12. Reyes, O. J. (2004). Uso de cloruro de sodio en bases granulares. Santiago de Cuba: Ediciones Obras.
13. Rico, A. R. (2008). La Ingeniería de Suelos en las vías terrestres. México: Limusa.

14. Rodríguez, A. R. (2008). La ingeniería de suelos en las vías terrestres. México: Limusa S.A.C.
15. Rojas Foinquinos, J., & Alva Hurtado, J. (2005). Arcillas y Lutitas Expansivas En El Norte Y Nororiente Peruano. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería .
16. Roldán de Paz , J. (2010). Estabilización de suelos con cloruro de sodio para bases y sub bases. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
17. Sanz, J. (1995). Mecánica de Suelos. Barcelona: EDITIONS EYROLLES.
18. Solano Rico, g. A., & Niño Carreño, o. F. (2010). Evaluación de la estabilización de arcillas expansivas en laboratorio implementando pilotines con sal y cal. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
19. Yepes, V. (06 de Junio de 2015). La estabilización de suelos ,Universidad Politecnica de Valencia. Obtenido de:  
<http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/tag/estabilizacion-de-suelos/>
20. NTP 339.127 (1999) - Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo
21. NTP 339.128 (1999) - Método de ensayo para el análisis granulométrico.
22. NTP 339.129 (1999) - Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
23. NTP 339.134 (1999) - Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)
24. NTP 339.131 (1999) - Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de sólidos de un suelo.
25. NTP 339.141 (1999) - Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada.
26. NTP 339.145 (1999) - Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
27. Braja, B. (2001). Fundamentos de Ingenieria Geotécnica. México: Thomson Learning.
28. Brazzini, G. (2011). Suelos Estabilizados Una Buena Alternativa Para La Conserción De Caminos No Pavimentados. Lima.

29. Crespo, C. (2004). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. México: Limusa Editores.
30. Cruz Velasco, L. G. (2009). Mecánica de Suelos I . Cauca: Universidad del Cauca.
31. Duarte, M. (7 de Junio de 1015). Mejoramiento de suelos con adiciones químicas. Obtenido de [http://es.slideshare.net/magaduah/mejoramiento-de-suelos-con-adiciones-quimicas?qid=dfafa78f-7624-4906-97b7-994f2199900d&v=&b=&from\\_search=1](http://es.slideshare.net/magaduah/mejoramiento-de-suelos-con-adiciones-quimicas?qid=dfafa78f-7624-4906-97b7-994f2199900d&v=&b=&from_search=1)
32. Gárnica, P. (2002). Mecánica de materiales para pavimentos. México: Instituto Mexicano del transporte.
33. Graux, D. (1985). Fundamento de mecánica de suelos. proyecto de muros y cimentaciones . Barcelona: Editores técnicos asociados.

## ANEXOS

## **PROTOCOLOS DE ENSAYOS REALIZADOS**

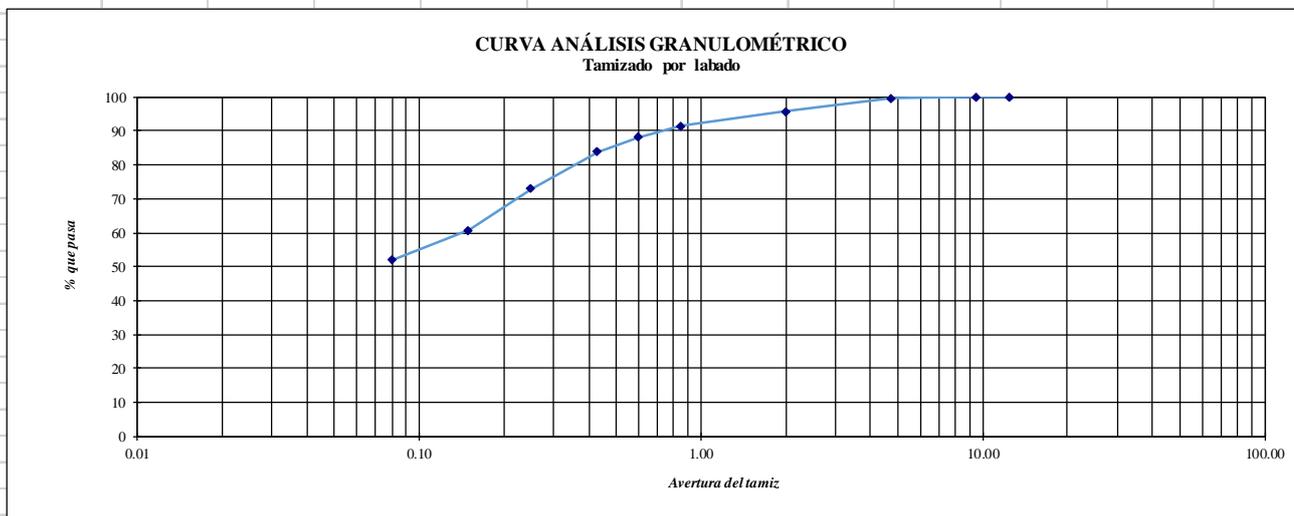
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>Contenido de Humedad</b>		<b>NTP 339.127 (ASTM D 2216)</b>				
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016				
	<b>Investigador :</b>		Yelsin Palomino Saldaña		<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>Fecha:</b>		abril del 2015		<b>N° :</b>	1	
	<b>Horas de trabajo:</b>		De: 10:50am	Hasta:	01:20 p.m.	<b>Hoja: 1 de: 1</b>	
<b>CONDICIONES DE SECADO</b>		60/110°		<b>Método :</b>	Horno (O)      Microonda(M)		
Colocación de muestra en el horno y/o microonda		<b>Fecha:</b>	27/04/2015	<b>Hora:</b>	11.21 am		
Extracción de muestra del horno y/o microonda		<b>Fecha:</b>	28/04/2015	<b>Hora:</b>	12.00 pm		
<b>INFORMACION GENERAL</b>							
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA</b>							
<b>TIPO DE MATERIAL :</b>		Arcilla					
<b>CANTERA :</b>		Santa Barbara					
<b>PROPIETARIO :</b>		Aberto Sanchez Rodrigues					
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		2000 gr					
<b>FECHA DE OBTENCION DE LA MUESTRA :</b>		27 de abril del 2015					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA 0% NaCl</b>							
		<b>MUESTRA N°1</b>	<b>MUESTRA N°2</b>	<b>MUESTRA N°3</b>			
<b>RECIPIENTE N°</b>		<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>			
<b>Pr+Ph (gr)</b>	<b>A</b>	662.80	567.80	654.60			
<b>Pr+Ps (gr)</b>	<b>B</b>	549.90	473.40	548.90			
<b>Pr (gr)</b>	<b>C</b>	83.00	71.80	72.30			
<b>Ph</b>	<b>D = A - C</b>	579.80	496.00	582.30			
<b>Ps</b>	<b>W = B - C</b>	466.90	401.60	476.60			
<b>% de Humedad</b>	<b>((D-W)/W)*100</b>	<b>24.18 %</b>	<b>23.51 %</b>	<b>22.18 %</b>			
<b>% de Humedad Promedio =</b>		<b>23.29 %</b>					
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>							
<b>APROBACIÓN</b>							
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>	
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>Análisis Granulométrico</b>		<b>NTP 339.128 (ASTM D 422)</b>		
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016		
	<b>Investigador:</b>		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO
	<b>Fecha:</b>		Mayo del 2015		N° : 2
<b>Horas de trabajo:</b>		De: 9.10 am	Hasta: 11: 50 am	Hoja: 1 de: 1	

**INFORMACION GENERAL**

**ANALISIS GRANULOMETRO**

<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Arcilla				
<b>CANTERA:</b>	Santa Barbara				
<b>PROPIETARIO:</b>	Alberto Sanchez Rodrigues				
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>	500 gr				
<b>Material Retenido Malla N°200:</b>	240.6 gr				
<b>TAMIZ</b>		<b>Peso Retenido (gr)</b>	<b>% Rer. Par</b>	<b>%Ret. Acum</b>	<b>% QUE PASA</b>
<b>N°</b>	<b>ABER.(mm)</b>				
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	2.30	0.46	0.46	99.54
N°10	2.00	19.50	3.90	4.36	95.64
N°20	0.85	21.00	4.20	8.56	91.44
N°30	0.60	16.50	3.30	11.86	88.14
N°40	0.43	21.80	4.36	16.22	83.78
N°60	0.25	54.00	10.80	27.02	72.98
N°100	0.15	61.20	12.24	39.26	60.74
N°200	0.08	44.30	8.86	48.12	51.88
<b>CAZOLETA</b>		259.40	51.88	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		500			



**OBSERVACIONES - COMENTARIO**

**APROBACIÓN**

<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>	
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO</b>		<b>NTP 339.129 (ASTM D 4318)</b>			
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016			
	<b>Investigador:</b>		Yelsin Palomino Saldaña		<b>PROTOCOLO</b>	
	<b>Fecha:</b>		Mayo del 2015		N°: 3	
<b>Horas de trabajo:</b>		De:	11.15 am	Hata:	3.00 pm	Hoja: 1 De: 1

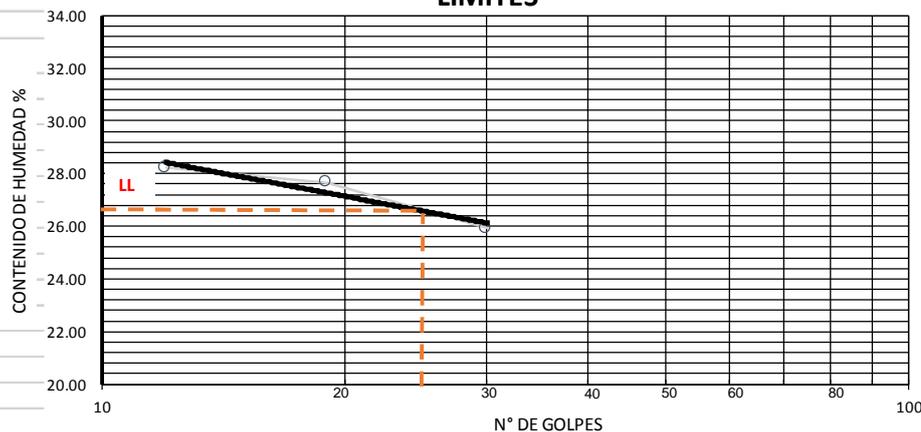
**INFORMACION GENERAL**

**LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE MUESTRA 0% NaCl**

<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Arcilla
<b>CANTERA:</b>	Santa Barbara
<b>PROPIETARIO:</b>	Alberto Schez Rodriguez
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>	200 gr

DATOS	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
Wt (gr)	26.80	26.90	27.40	37.90	27.30
Wmh+t(gr)	42.70	38.90	41.00	56.30	47.20
Wms+t(gr)	39.20	36.30	38.20	53.80	44.50
Ww(gr)	3.50	2.60	2.80	2.50	2.70
Wms(gr)	12.40	9.40	10.80	15.90	17.20
W%	28.23	27.66	25.93	15.72	15.70
N° DE GOLPES	12.00	19.00	30.00		
LL-LP	27.00 %			16.00 %	
INDICE DE PLASTICIDAD	11.00 %				

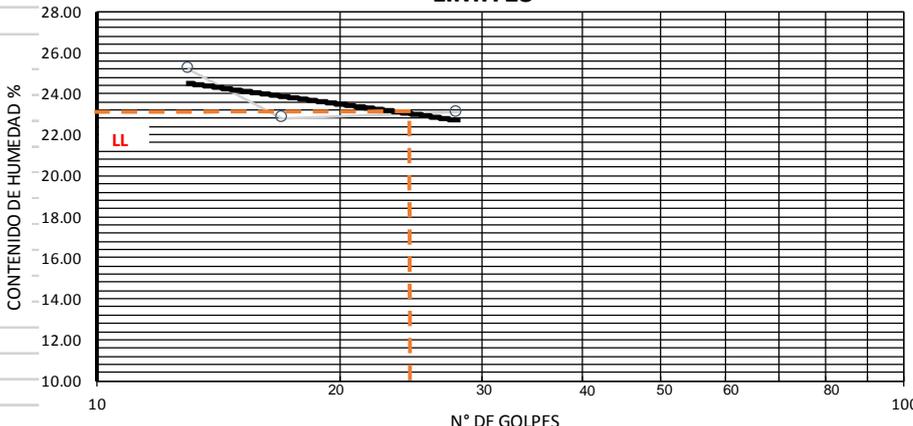
**LIMITES**



**OBSERVACIONES - COMENTARIO**

**APROBACIÓN**

Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador		Director de Carrera	
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO</b>		<b>NTP 339.129 (ASTM D 4318)</b>						
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016						
	<b>Investigador:</b>		Yelsin Palomino Saldaña		<b>PROTOCOLO</b>				
	<b>Fecha:</b>		Mayo del 2015		N°: 4				
<b>Horas de trabajo:</b>		De:	11.15 am	Hata:	3.00 pm	Hoja	1	De:	1
<b>INFORMACION GENERAL</b>									
<b>LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE MUESTRA CON 4% NaCl</b>									
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilla							
<b>CANTERA:</b>		Santa Barbara							
<b>PROPIETARIO:</b>		Alberto Schez Rodrigues							
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		200gr							
<b>DATOS</b>	<b>LIMITE LIQUIDO</b>			<b>LIMITE PLASTICO</b>					
<b>Wt (gr)</b>	27.80	27.80	27.30	27.20	27.50				
<b>Wmh+t(gr)</b>	44.20	41.80	44.90	38.80	39.80				
<b>Wms+t(gr)</b>	40.90	39.20	41.60	37.00	38.60				
<b>Ww(gr)</b>	3.30	2.60	3.30	1.80	1.20				
<b>Wms(gr)</b>	13.10	11.40	14.30	9.80	11.10				
<b>W%</b>	25.19	22.81	23.08	18.37	10.81				
<b>N° DE GOLPES</b>	<b>13.00</b>	<b>17.00</b>	<b>28.00</b>						
<b>LL-LP</b>	<b>24.00 %</b>			<b>15.00 %</b>					
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>	<b>9.00 %</b>								
<b>LIMITES</b>									
									
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>									
<b>APROBACIÓN</b>									
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>			
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Ulique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>			

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO</b>		<b>NTP 339.129 (ASTM D 4318)</b>			
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016			
	<b>Investigador:</b>		Yelsin Palomino Saldaña		<b>PROTOCOLO</b>	
	<b>Fecha:</b>		Mayo del 2015		N°: 5	
	<b>Horas de trabajo:</b>		De: 11.15 am	Hata: 3.00 pm	Hoja 1	De: 1

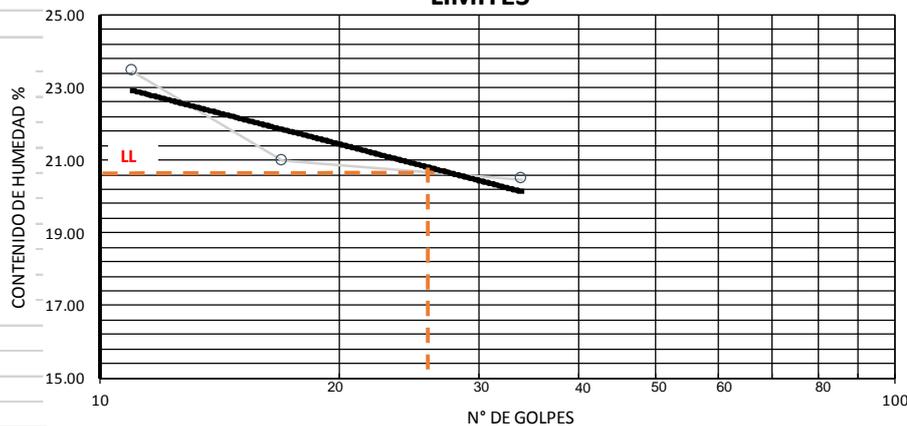
**INFORMACION GENERAL**

**LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE MUESTRA CON 8% NaCl**

<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Arcilla
<b>CANTERA:</b>	Santa Barbara
<b>PROPIETARIO:</b>	Alberto Sacher Rodriguez
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>	200 gr

DATOS	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	Wt (gr)	27.50	27.00	28.50	26.80
Wmh+t(gr)	45.40	44.30	49.10	41.60	41.20
Wms+t(gr)	42.00	41.30	45.60	39.80	39.40
Ww(gr)	3.40	3.00	3.50	1.80	1.80
Wms(gr)	14.50	14.30	17.10	13.00	12.80
W%	23.45	20.98	20.47	13.85	14.06
N° DE GOLPES	11.00	17.00	34.00		
LL-LP	22.00 %			14.00 %	
INDICE DE PLASTICIDAD	8.00 %				

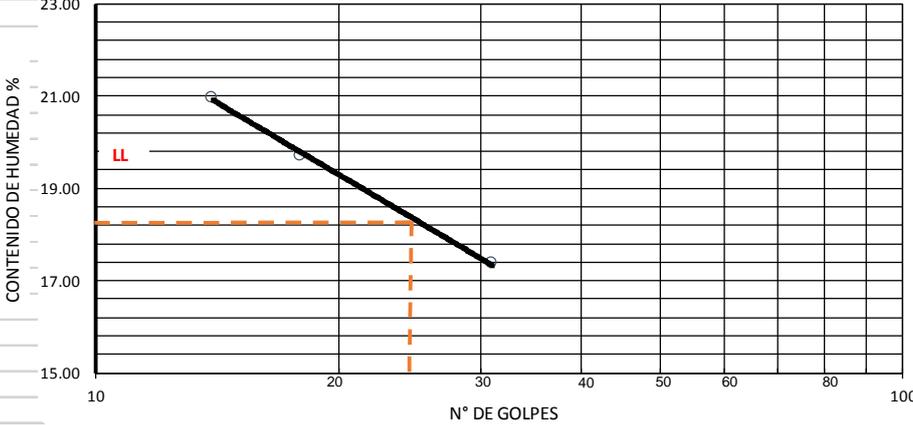
**LIMITES**



**OBSERVACIONES - COMENTARIO**

**APROBACIÓN**

Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador		Director de Carrera	
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO</b>		<b>NTP 339.129 (ASTM D 4318)</b>						
	Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016						
	Investigador:		Yelsin Palomino Saldaña		PROTOCOLO				
	Fecha:		Mayo del 2015		N° : 6				
Horas de trabajo:		De:	11.15 am	Hata:	3.00 pm	Hoja	1	De:	1
<b>INFORMACION GENERAL</b>									
<b>LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE MUESTRA CON 12% NaCl</b>									
TIPO DE MATERIAL :		Arcilla							
CANTERA :		Santa Barbara							
PROPIETARIO :		Alberto Sacher Rodriguez							
CANTIDAD DE MUESTRA:		200 gr							
<b>DATOS</b>	<b>LIMITE LIQUIDO</b>				<b>LIMITE PLASTICO</b>				
Wt (gr)	26.90	28.50	27.20	27.10	26.50				
Wmh+t(gr)	47.10	44.30	44.10	39.60	39.90				
Wms+t(gr)	43.60	41.70	41.60	38.10	38.40				
Ww(gr)	3.50	2.60	2.50	1.50	1.50				
Wms(gr)	16.70	13.20	14.40	11.00	11.90				
W%	20.96	19.70	17.36	13.64	12.61				
N° DE GOLPES	14.00	18.00	31.00						
LL-LP	19.00 %				13.00 %				
INDICE DE PLASTICIDAD	6.00 %								
<b>LIMITES</b>									
									
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>									
<b>APROBACIÓN</b>									
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>			
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña	Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:			

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>Peso específico</b>		<b>NTP 339.131 (ASTM D 854)</b>				
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016				
	<b>Investigador:</b>		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO		
	<b>Fecha:</b>		Mayo del 2015		N° : 7		
	<b>Horas de trabajo:</b>		De: 9:00 am	Hasta:	01:00 p.m.	Hoja : 1 de : 1	
<b>INFORMACION GENERAL</b>							
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA</b>							
<b>TIPO DE MATERIAL :</b>		Arcilla					
<b>CANTERA :</b>		Santa Barbara					
<b>PROPIETARIO :</b>		Alberto Sanchez Rodrigues					
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		1000 gr					
<b>PESO ESPECIFICO 0% NaCl</b>							
<b>DATOS</b>		<b>MUESTRA N°1</b>		<b>MUESTRA N°2</b>		<b>MUESTRA N°3</b>	
PESO DE FIOLA (gr)		202.10		202.10		202.10	
PESO SUELO SECO (Ws) (gr)		150.00		150.00		150.00	
PESO DE FIOLA + AGUA (Wfw) (gr)		707.70		707.70		707.70	
PESO DE FIOLA + AGUA + SUELO (Wfws) (gr)		790.60		791.50		791.30	
PESO ESPECIFICO Ys (gr/cm3)		2.24		2.27		2.26	
PESO ESPECIFICO Ys PROMEDIO		2.25					
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>							
<b>APROBACIÓN</b>							
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>	
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>Peso específico</b>		<b>NTP 339.131 (ASTM D 854)</b>				
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016				
	<b>Investigador :</b>		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO		
	<b>Fecha:</b>		Mayo del 2015		N° : 8		
	<b>Horas de trabajo:</b>		De: 9:00 am	Hasta:	01:00 p.m.	Hoja : 1 de : 1	
<b>INFORMACION GENERAL</b>							
<b>PESO ESPECIFICO DE LA MUESTRA 4% NaCl</b>							
<b>TIPO DE MATERIAL :</b>		Arcilla					
<b>CANTERA :</b>		Santa Barbara					
<b>PROPIETARIO :</b>		Alberto Sanchez Rodrigues					
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		1000 gr					
<b>PESO ESPEFIFICO DE LA MUESTRA 4% NaCl</b>							
<b>DATOS</b>		<b>MUESTRA N°1</b>	<b>MUESTRA N°2</b>		<b>MUESTRA N°3</b>		
PESO DE FIOLA (gr)		202.10	202.10		202.10		
PESO DE SAL 4 % DE 150 gr		6.00	6.00		6.00		
PESO SUELO SECO (Ws) (gr)		144.00	144.00		144.00		
PESO DE FIOLA + AGUA (Wfw) (gr)		701.50	701.50		701.50		
PESO DE FIOLA + AGUA + SUELO (Wfws) (gr)		785.70	785.90		786.40		
PESO ESPECIFICO Ys (gr/cm <sup>3</sup> )		2.28	2.29		2.30		
PESO ESPECIFICO Ys PROMEDIO		2.29					
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>							
<b>APROBACIÓN</b>							
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>	
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>Peso específico</b>		<b>NTP 339.131 (ASTM D 854)</b>				
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016				
	<b>Investigador:</b>		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>Fecha:</b>		Mayo del 2015		N° : 9		
<b>Horas de trabajo:</b>		De: 9:00 am	Hasta:	01:00 p.m.	Hoja : 1	de : 1	
<b>INFORMACION GENERAL</b>							
<b>PESO ESPEFIFICO 8% NaCl</b>							
<b>TIPO DE MATERIAL :</b>		Arcilla					
<b>CANTERA :</b>		Santa Barbara					
<b>PROPIETARIO :</b>		Alberto Sanchez Rodrigues					
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		1000 gr					
<b>PESO ESPEFIFICO 8% NaCl</b>							
<b>DATOS</b>		<b>MUESTRA N°1</b>		<b>MUESTRA N°2</b>		<b>MUESTRA N°3</b>	
PESO DE FIOLA (gr)		202.10		202.10		202.10	
PESO DE SAL 8 % DE 150 gr		12.00		12.00		12.00	
PESO SUELO SECO (Ws) (gr)		138.00		138.00		138.00	
PESO DE FIOLA + AGUA (Wfw) (gr)		701.50		701.50		701.50	
PESO DE FIOLA + AGUA + SUELO (Wfws) (gr)		786.40		786.90		786.70	
PESO ESPECIFICO Ys (gr/cm3)		2.30		2.32		2.31	
PESO ESPECIFICO Ys PROMEDIO		2.31					
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>							
<b>APROBACIÓN</b>							
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>	
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>Peso específico</b>		<b>NTP 339.131 (ASTM D 854)</b>				
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016				
	<b>Investigador :</b>		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>Fecha:</b>		Mayo del 2015		<b>N° : 10</b>		
	<b>Horas de trabajo:</b>		De: 9:00 am	Hasta:	01:00 p.m.	Hoja : 1 de : 1	
<b>INFORMACION GENERAL</b>							
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA 12 % NaCl</b>							
<b>TIPO DE MATERIAL :</b>		Arcilla					
<b>CANTERA :</b>		Santa Barbara					
<b>PROPIETARIO :</b>		Alberto Sanchez Rodrigues					
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		1000 gr					
<b>PESO ESPEFIFICO 12% NaCl</b>							
<b>DATOS</b>		<b>MUESTRA N°1</b>		<b>MUESTRA N°2</b>		<b>MUESTRA N°3</b>	
PESO DE FIOLA (gr)		202.10		202.10		202.10	
PESO DE SAL 12 % DE 150 gr		18.00		18.00		18.00	
PESO SUELO SECO (Ws) (gr)		132.00		132.00		132.00	
PESO DE FIOLA + AGUA (Wfw) (gr)		701.50		701.50		701.50	
PESO DE FIOLA + AGUA + SUELO (Wfws) (gr)		788.50		787.70		787.80	
PESO ESPECIFICO Ys (gr/cm3)		2.38		2.35		2.35	
PESO ESPECIFICO Ys PROMEDIO		2.36					
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>							
<b>APROBACIÓN</b>							
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>	
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Lique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

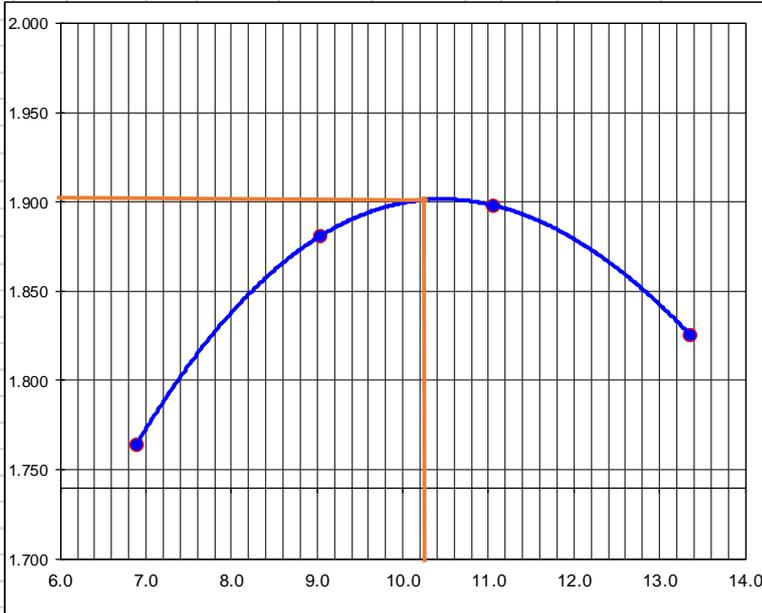
	<b>PROCTOR MODIFICADO</b>		<b>NTP 339.141 (ASTM D 1557)</b>						
	Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016						
	Investigador:		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO				
	Fecha:		Junio del 2015		N°: 11				
Horas de trabajo:		De:	07:00 a.m.	Hasta:	06:45 p.m.	Hoja	1	de:	1

**INFORMACION GENERAL**

TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
CANTERA:	Santa Barbara
PROPIETARIO:	Alberto Sanchez Rodriguez
CANTIDAD DE MUESTRA:	30000 gr

**PROCTOR MODIFICADO 0% NaCl**

MOLDE N°	MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDE N°3		MOLDE N°4	
PESO MOLDE	4162.00		4162.00		4162.00		4162.00	
Pmh+Molde	5930.00		6084.00		6138.00		6102.00	
Pmh (gr)	1768.00		1922.00		1976.00		1940.00	
Vmh(cm3)	937.38		937.38		937.38		937.38	
Dh(gr/cm3)	1.886		2.050		2.108		2.070	
Recipiente N°	a	b	c	d	e	f	g	h
Pt(gr)	27.20	69.40	25.90	27.00	27.40	27.00	27.30	27.90
Pmh+t(gr)	131.80	277.50	118.20	82.50	74.40	93.10	98.00	114.20
Pms+t(gr)	125.40	263.40	110.40	78.00	70.10	86.00	89.70	104.00
Pw(gr)	6.40	14.10	7.80	4.50	4.30	7.10	8.30	10.20
Pms(gr)	98.20	194.00	84.50	51.00	42.70	59.00	62.40	76.10
W(%)	6.52	7.27	9.23	8.82	10.07	12.03	13.30	13.40
Wprom (%)	6.893		9.027		11.052		13.352	
Ds(gr/cm3)	1.764		1.881		1.898		1.826	



<b>DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)</b>	1.900
<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	10.232

**OBSERVACIONES - COMENTARIO**

**APROBACIÓN**

<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>	
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Lique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña	Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:	

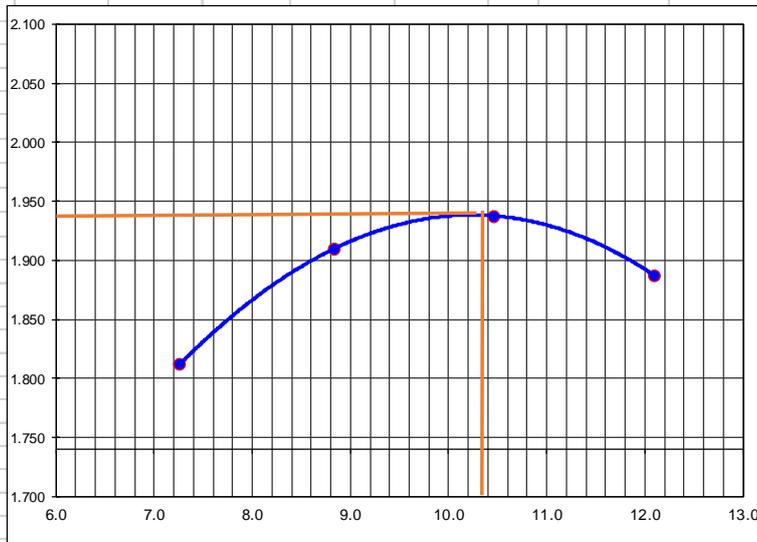
	<b>PROCTOR MODIFICADO</b>		<b>NTP 339.141 (ASTM D 1557)</b>		
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016		
	<b>Investigador:</b>		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO
	<b>Fecha:</b>		Mayo del 2015		N° :12
<b>Horas de trabajo:</b>		07:00 a.m.	Hasta:	06:45 p.m	Hoja

**INFORMACION GENERAL**

<b>TIPO DE MATERIAL :</b>	Arcilla
<b>CANTERA :</b>	Santa Barbara
<b>PROPIETARIO :</b>	Alberto Sanchez Rodriguez
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>	30000 gr

**PROCTOR MODIFICADO 4% NaCl**

MOLDE N°	MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDE N°3		MOLDE N°4	
<b>PESO MOLDE</b>	4207.80		4207.80		4207.80		4207.80	
<b>Pmh+Molde</b>	5998.20		6123.00		6180.00		6157.00	
<b>Pmh (gr)</b>	1790.40		1915.20		1972.20		1949.20	
<b>Vmh(cm3)</b>	921.36		921.36		921.36		921.36	
<b>Dh(gr/cm3)</b>	1.943		2.079		2.141		2.116	
<b>Recipiente N°</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>
<b>Pt(gr)</b>	25.80	25.60	26.00	25.80	25.60	26.50	25.60	25.60
<b>Pmh+t(gr)</b>	102.20	88.00	164.00	154.10	121.40	106.80	108.70	91.40
<b>Pms+t(gr)</b>	97.50	83.40	153.00	143.50	112.20	99.30	99.60	84.40
<b>Pw(gr)</b>	4.70	4.60	11.00	10.60	9.20	7.50	9.10	7.00
<b>Pms(gr)</b>	71.70	57.80	127.00	117.70	86.60	72.80	74.00	58.80
<b>W(%)</b>	6.56	7.96	8.66	9.01	10.62	10.30	12.30	11.90
<b>Wprom (%)</b>	7.257		8.834		10.463		12.101	
<b>Ds(gr/cm3)</b>	1.812		1.910		1.938		1.887	

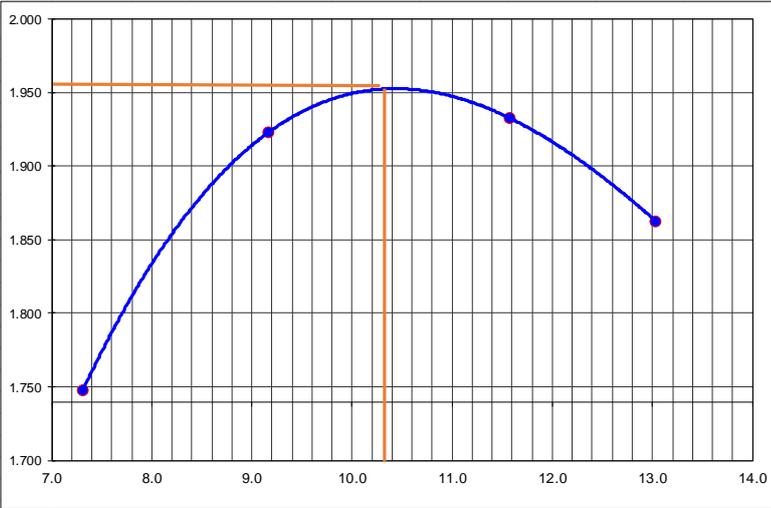


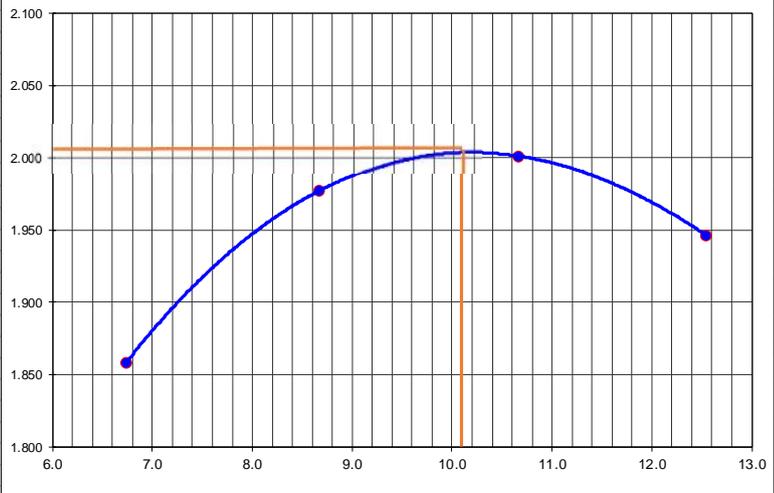
<b>DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)</b>	1.945
<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	10.392

**OBSERVACIONES - COMENTARIO**

**APROBACIÓN**

Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador		Director de Carrera	
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

		<b>PROCTOR MODIFICADO</b>		<b>NTP 339.141 (ASTM D 1557)</b>								
		Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016								
		Investigador:		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña			PROTOCOLO					
		Fecha:		Julio del 2015			N°: 13					
Horas de trabajo:		De:	07:00 a.m.	Hasta:	6.40 pm	Hoja: 1 de 1						
<b>INFORMACION GENERAL</b>												
TIPO DE MATERIAL:		Arcilla										
CANTERA:		Santa Barbara										
PROPIETARIO:		Alberto Sanchez Rodriguez										
CANTIDAD DE MUESTRA:		30000 gr										
<b>PROCTOR MODIFICADO 8% NaCl</b>												
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N°1</b>		<b>MOLDE N°2</b>		<b>MOLDE N°3</b>		<b>MOLDE N°4</b>					
PESO MOLDE	4162.00		4162.00		4162.00		4162.00					
Pmh+Molde	5890.00		6095.90		6148.80		6102.00					
Pmh (gr)	1728.00		1933.90		1986.80		1940.00					
Vmh(cm3)	921.36		921.36		921.36		921.36					
Dh(gr/cm3)	1.875		2.099		2.156		2.106					
<b>Recipiente N°</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>				
Pt(gr)	27.10	28.00	27.00	27.00	27.10	27.80	28.20	27.10				
Pmh+t(gr)	203.40	184.80	212.70	185.60	199.50	207.90	204.00	201.70				
Pms+t(gr)	191.30	174.20	197.10	172.30	182.80	188.00	183.30	182.00				
Pw(gr)	12.10	10.60	15.60	13.30	16.70	19.90	20.70	19.70				
Pms(gr)	164.20	146.20	170.10	145.30	155.70	160.20	155.10	154.90				
W(%)	7.37	7.25	9.17	9.15	10.73	12.42	13.35	12.72				
Wprom (%)	7.310		9.162		11.574		13.032					
Ds(gr/cm3)	1.748		1.923		1.933		1.863					
 <table border="1" data-bbox="1086 1133 1439 1227"> <tr> <td><b>DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)</b></td> <td>1.971</td> </tr> <tr> <td><b>HUMEDAD OPTIMA</b></td> <td>10.302</td> </tr> </table>									<b>DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)</b>	1.971	<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	10.302
<b>DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)</b>	1.971											
<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	10.302											
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>												
<b>APROBACIÓN</b>												
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>						
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña	Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga					
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:						

	PROCTOR MODIFICADO		NTP 339.141 (ASTM D 1557)										
	Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016										
	Investigador:		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña			PROTOCOLO							
	Fecha:		Julio del 2015			N°: 14							
Horas de trabajo:		De:	07:00 a.m.	Hasta:	6.40 pm	Hoja:	1	de:	1				
<b>INFORMACION GENERAL</b>													
TIPO DE MATERIAL:		Arcilla											
CANTERA:		Santa Barbara											
PROPIETARIO:		Alberto Sanchez Rodriguez											
CANTIDAD DE MUESTRA:		30000 gr											
<b>PROCTOR MODIFICADO 12%NaCl</b>													
MOLDE N°	MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDE N°3		MOLDE N°4						
PESO MOLDE	4205.60		4205.60		4205.60		4205.60						
Pmh+Molde	6033.00		6185.00		6246.00		6224.00						
Pmh (gr)	1827.40		1979.40		2040.40		2018.40						
Vmh(cm3)	921.36		921.36		921.36		921.36						
Dh(gr/cm3)	1.983		2.148		2.215		2.191						
Recipiente N°	a	b	c	d	e	f	g	h					
Pt(gr)	27.90	26.40	27.50	27.20	27.40	26.50	26.00	27.50					
Pmh+Ht(gr)	193.20	207.90	225.80	226.40	242.20	228.00	184.40	246.80					
Pms+Ht(gr)	182.90	196.30	210.10	210.40	221.60	208.50	167.30	221.60					
Pw(gr)	10.30	11.60	15.70	16.00	20.60	19.50	17.10	25.20					
Pms(gr)	155.00	169.90	182.60	183.20	194.20	182.00	141.30	194.10					
W(%)	6.65	6.83	8.60	8.73	10.61	10.71	12.10	12.98					
Wprom (%)	6.736		8.666		10.661		12.542						
Ds(gr/cm3)	1.858		1.977		2.001		1.947						
 <table border="1" data-bbox="1082 1160 1428 1249"> <tr> <td>DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)</td> <td>2.055</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD OPTIMA</td> <td>10.152</td> </tr> </table>										DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	2.055	HUMEDAD OPTIMA	10.152
DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	2.055												
HUMEDAD OPTIMA	10.152												
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>													
<b>APROBACIÓN</b>													
Coordinador de Laboratorio			Asesor de Tesis		Investigador		Director de Carrera						
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán		Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña	Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga					
Firma:			Firma:		Firma:		Firma:						

	CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)			NTP 339.145 (ASTM D 1883)																						
	Nombre de investigación:			INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016																						
	Investigador:			Yelsin Edilberto Palomino Saldaña			PROTOCOLO																			
	Fecha:			Junio del 2015			N°: 15-A																			
Horas de trabajo:			De:	07:00 a.m.	Hasta:	10.40 am	Hoja	1	de:	1																
<b>INFORMACION GENERAL</b>																										
TIPO DE MATERIAL:			Arcilla																							
CANTERA:			Santa Barbara																							
PROPIETARIO:			Alberto Sanchez Rodriguez																							
CANTIDAD DE MUESTRA:			90000 gr																							
<b>ENSAYO DE CBR 0% NaCl</b>																										
MOLDE N°	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3																			
Condicion de la Muestra	Antes de saturar		Saturado	Antes de saturar		Saturado	Antes de saturar		Saturado																	
PESO MOLDE	7604.45		7254.00	7990.20		7990.20	7255.00		7255.00																	
Pmh+Molde	11870.00		11990.11	12354.57		12447.47	11747.07		11825.30																	
Pmh (gr)	4265.55		4736.11	4364.37		4457.27	4492.07		4570.30																	
Vmh(cm3)	2202.04		2202.04	2202.04		2202.04	2202.04		2202.04																	
Dh(gr/cm3)	1.94		2.15	1.98		2.02	2.04		2.08																	
Recipiente N°	1-A	1-B	1-C	1-A	1-B	1-C	1-A	1-B	1-C																	
Pt(gr)	26.10	25.00	25.60	25.20	28.80	25.80	26.80	25.30	25.80																	
Pmh+t(gr)	131.20	140.10	161.35	143.20	148.50	151.30	139.50	126.20	163.20																	
Pms+t(gr)	122.20	130.10	148.95	132.50	138.10	139.90	128.90	116.80	150.20																	
Pw(gr)	9.00	10.00	12.40	10.70	10.40	11.40	10.60	9.40	13.00																	
Pms(gr)	96.10	105.10	123.35	107.30	109.30	114.10	102.10	91.50	124.40																	
W(%)	9.37	9.51	10.05	9.97	9.52	9.99	10.38	10.27	10.45																	
Wprom (%)	9.44		10.05	9.74		9.99	10.33		10.45																	
Ds(gr/cm3)	1.770		1.954	1.806		1.840	1.849		1.879																	
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Dimensiones MOLDE (cm)</td> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>17.80</td> </tr> <tr> <td>Diámetro</td> <td>14.80</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Disco espaciador (cm)</td> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>5.00</td> </tr> <tr> <td>Diámetro</td> <td>14.80</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Peso de la muestra (gr)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">6 000</td> </tr> </table>											Dimensiones MOLDE (cm)		Altura	17.80	Diámetro	14.80	Disco espaciador (cm)		Altura	5.00	Diámetro	14.80	Peso de la muestra (gr)		6 000	
Dimensiones MOLDE (cm)																										
Altura	17.80																									
Diámetro	14.80																									
Disco espaciador (cm)																										
Altura	5.00																									
Diámetro	14.80																									
Peso de la muestra (gr)																										
6 000																										
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>																										
<b>APROBACIÓN</b>																										
Coordinador de Laboratorio			Asesor de Tesis			Investigador			Director de Carrera																	
Nombre:	Sr. Victor Cuzco Minchán		Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón		Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña		Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga																
Firma:			Firma:			Firma:			Firma:																	

	<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>		<b>NTP 339.145 (ASTM D 1883)</b>								
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016								
	<b>Investigador :</b>		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña				PROTOCOLO				
	<b>Fecha:</b>		Junio del 2015				N° : 15-B				
	<b>Horas de trabajo:</b>		De:	07:00 a.m.	Hasta:	06:45 p.m.	Hoja: 1 de 1				
<b>INFORMACION GENERAL</b>											
<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>											
<b>TIPO DE MATERIAL :</b>		Arcilla									
<b>CANTERA :</b>		Santa Barbara									
<b>PROPIETARIO :</b>		Alberto Sanchez Rodriguez									
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		90000gr									
<b>LECTURAS DE HINCHAMIENTO 0% NaCl</b>											
<b>DATOS</b>		<b>Molde N°1</b>			<b>Molde N°2</b>			<b>Molde N°3</b>			
		<b>Hinchamiento</b>			<b>Hinchamiento</b>			<b>Hinchamiento</b>			
<b>(Horas)</b>	<b>(Días)</b>	<b>N°</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>N°</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>N°</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	
0	0	1	0	0	1	0	0.00	1	0	0	
24	1	2	0.120	0.10	2	0.100	0.081	2	0.085	0.069	
48	2	3	0.200	0.16	3	0.200	0.161	3	0.140	0.113	
72	3	4	0.300	0.24	4	0.250	0.202	4	0.180	0.145	
96	4	5	0.350	0.28	5	0.300	0.242	5	0.220	0.177	
<b>Dimensiones MOLDE (cm)</b>											
<b>Altura</b>		12.4									
<b>Diámetro</b>		15.2									
<b>Disco espaciador (cm)</b>											
<b>Altura</b>		5									
<b>Diámetro</b>		15									
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>											
<b>APROBACIÓN</b>											
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>			<b>Investigador</b>			<b>Director de Carrera</b>			
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga	<b>Nombre:</b>		<b>Nombre:</b>	
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)		NTP 339.145 (ASTM D 1883)			
	Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016			
	Investigador:		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO	
	Fecha:		junio del 2015		N° : 15-C	
	Horas de trabajo:		De:	07:00 a.m.	Hasta:	06:45 p.m.

INFORMACION GENERAL

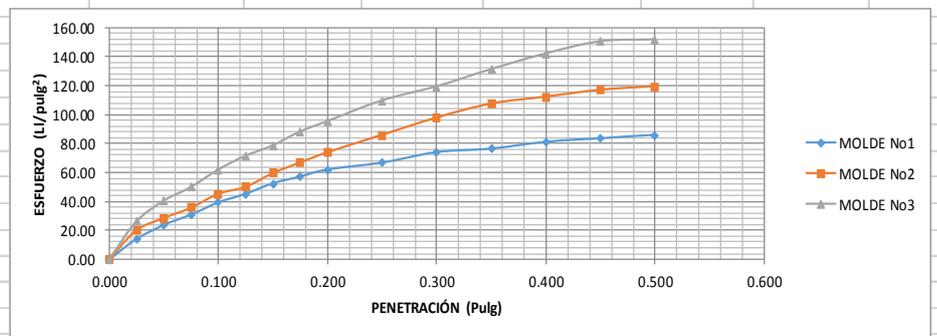
CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)	
TIPO DE MATERIAL :	Arcilla
CANTERA :	Santa Barbara
PROPIETARIO :	Alberto Sanchez Rodriguez
CANTIDAD DE MUESTRA:	90000 gr

LECTURAS DE PENETRACION 0% NaCl

PENETRACION			Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3		
Medida	mm	Pulg	N° de Divisiones	Carga (lb)	Esfuerzo(lb/pulg <sup>2</sup> )	N° de Divisiones	Carga (lb)	Esfuerzo(lb/pulg <sup>2</sup> )	N° de Divisiones	Carga (lb)	Esfuerzo(lb/pulg <sup>2</sup> )
1	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00
2	0.64	0.025	6.00	45.00	14.32	8.50	63.75	20.29	11.00	82.50	26.26
3	1.27	0.050	10.00	75.00	23.87	12.00	90.00	28.65	17.00	127.50	40.59
4	1.91	0.075	13.00	97.50	31.04	15.00	112.50	35.81	21.00	157.50	50.14
5	2.54	0.100	16.50	123.75	39.39	19.00	142.50	45.36	26.00	195.00	62.07
6	3.17	0.125	19.00	142.50	45.36	21.00	157.50	50.14	30.00	225.00	71.62
7	3.81	0.150	22.00	165.00	52.52	25.00	187.50	59.68	33.00	247.50	78.78
8	4.45	0.175	24.00	180.00	57.30	28.00	210.00	66.85	37.00	277.50	88.33
9	5.08	0.200	26.00	195.00	62.07	31.00	232.50	74.01	40.00	300.00	95.50
10	6.35	0.250	28.00	210.00	66.85	36.00	270.00	85.95	46.00	345.00	109.82
11	7.62	0.300	31.00	232.50	74.01	41.00	307.50	97.88	50.00	375.00	119.37
12	8.89	0.350	32.00	240.00	76.40	45.00	337.50	107.43	55.00	412.50	131.31
13	10.16	0.400	34.00	255.00	81.17	47.00	352.50	112.21	59.50	446.25	142.05
14	11.43	0.450	35.00	262.50	83.56	49.00	367.50	116.98	63.00	472.50	150.41
15	12.70	0.500	36.00	270.00	85.95	50.00	375.00	119.37	63.50	476.25	151.60

Diametro de Pison	2.00
Factor de Carga	7.50

Penetracion	0.1(")	0.2(")
Molde 01	39.39	62.07
Molde 02	45.36	74.01
Molde 03	62.07	95.50

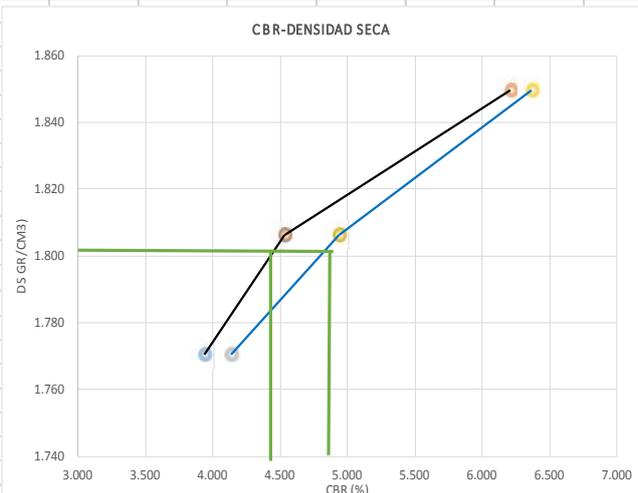


OBSERVACIONES - COMENTARIO

APROBACIÓN

Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador		Director de Carrera	
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña	Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:	

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>			<b>NTP 339.145 (ASTM D 1883)</b>			
	<b>Nombre de investigación:</b>			INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016			
	<b>Investigador :</b>			Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO	
	<b>Fecha:</b>			junio del 2015		N° : 15-D	
	<b>Horas de trabajo:</b>			De:	07:00 a.m.	Hasta: 06:45 p.m.	Hoja
<b>INFORMACION GENERAL</b>							
<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>							
<b>TIPO DE MATERIAL :</b>		Yelsin Palomino Saldaña					
<b>CANTERA :</b>		Santa Barbara					
<b>PROPIETARIO :</b>		Alberto Sanchez Rodriguez					
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		90000 gr					
<b>ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACION 0% NaCl</b>							
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N°1</b>		<b>MOLDE N°2</b>		<b>MOLDES N°3</b>		
<b>Penetración (")</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	
<b>Esfuerzo Terreno (lb/plg2)</b>	39.39	62.07	45.36	74.01	62.07	95.50	
<b>Esfuerzo Patrón (lb/plg2)</b>	1000	1500	1000	1500	1000	1500	
<b>CBR (%)</b>	3.94	4.14	4.54	4.93	6.21	6.37	
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>							
<b>APROBACIÓN</b>							
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>	
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

	CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)		NTP 339.145 (ASTM D 1883)				
	Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016				
	Investigador:		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO		
	Fecha:		junio del 2015		N° : 15-E		
Horas de trabajo:		De:	07:00 a.m.	Hasta:	06:45 p.m.	Hoja	
<b>INFORMACION GENERAL</b>							
<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) 0% NaCl</b>							
TIPO DE MATERIAL :		Arcilla					
CANTERA :		Santa Barbara					
PROPIETARIO :		Alberto Sanchez Rodriguez					
CANTIDAD DE MUESTRA:		90000 gr					
<b>CBR Y DENSIDAD SECA</b>							
MOLDE N°	MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDES N°3		
Penetración (")	01"	02"	01"	02"	01"	02"	
CBR (%)	3.939	4.138	4.54	4.93	6.21	6.37	
Ds (gr/cm3)	1.770		1.806		1.849		
Ds Max =		1.900 gr/cm3	CBR (0.1")		4.43%		
95% Ds Max=		1.805 gr/cm3	CBR(0.2")		4.85%		
							
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>							
<b>APROBACIÓN</b>							
Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador		Director de Carrera	
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña	Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:	

	<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>			<b>NTP 339.145 (ASTM D 1883)</b>											
	Nombre de investigación:			INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016											
	Investigador:			Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO									
	Fecha:			Junio del 2015		Nº: 16-A									
Horas de trabajo:			De: 07:00 a.m.	Hasta: 6:00 p.m.	Hoja 1 de 1										
<b>INFORMACION GENERAL</b>															
TIPO DE MATERIAL:			Arcilla												
CANTERA:			Santa Barbara												
PROPIETARIO:			Alberto Sanchez Rodriguez												
CANTIDAD DE MUESTRA:			90000 gr												
<b>ENSAYO DE CBR 4% NaCl</b>															
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N°1</b>			<b>MOLDE N°2</b>			<b>MOLDE N°3</b>								
Condicion de la Muestra	Antes de saturar			Antes de saturar			Antes de saturar								
PESO MOLDE	7220.00			7986.00			8014.00								
Pmh+Molde	11390.18			12612.32			13026.78								
Pmh (gr)	4170.18			4626.32			5012.78								
Vmh(cm3)	2202.40			2202.40			2202.40								
Dh(gr/cm3)	1.89			2.10			2.28								
Recipiente N°	1-A	1-B	1-C	1-A	1-B	1-C	1-A	1-B	1-C						
Pt(gr)	27.50	26.00	163.10	26.80	27.10	22.30	27.40	28.10	163.10						
Pmh+t(gr)	123.10	133.20	432.10	83.30	76.90	188.10	64.80	71.10	454.10						
Pms+t(gr)	114.80	122.20	404.30	77.80	72.00	171.60	61.20	67.00	423.60						
Pw(gr)	8.30	11.00	27.80	5.50	4.90	16.50	3.60	4.10	30.50						
Pms(gr)	87.30	96.20	241.20	51.00	44.90	149.30	33.80	38.90	260.50						
W(%)	9.51	11.43	11.53	10.78	10.91	11.05	10.65	10.54	11.71						
Wprom (%)	10.47			10.85			10.60								
Ds(gr/cm3)	1.714			1.721			1.943								
<b>Dimensiones MOLDE (cm)</b>															
Altura															
17.80															
Diámetro															
14.80															
<b>Disco espaciador (cm)</b>															
Altura															
5.00															
Diámetro															
14.80															
<b>Peso de la muestra (gr)</b>															
6 000															
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>															
<b>APROBACIÓN</b>															
<b>Coordinador de Laboratorio</b>			<b>Asesor de Tesis</b>			<b>Investigador</b>			<b>Director de Carrera</b>						
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán			Nombre:	Dr. Ing. Rosa Lique Mondragón			Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña			Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
Firma:				Firma:				Firma:				Firma:			

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>		<b>NTP 339.145 (ASTM D 1883)</b>																			
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016																			
	<b>Investigador:</b>		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña					PROTOCOLO														
	<b>Fecha:</b>		Junio del 2015					N° : 16-B														
<b>Horas de trabajo:</b>		De:		07:00 a.m.		Hasta:		6 : 00 p.m		Hoja												
<b>INFORMACION GENERAL</b>																						
<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>																						
<b>TIPO DE MATERIAL :</b>		Arcilla																				
<b>CANTERA :</b>		Santa Barbara																				
<b>PROPIETARIO :</b>		Alberto Sanchez Rodriguez																				
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		90000gr																				
<b>LECTURAS DE HINCHAMIENTO 0% NaCl</b>																						
<b>DATOS</b>		<b>Molde N°1</b>			<b>Molde N°2</b>			<b>Molde N°3</b>														
		<b>Hinchamiento</b>			<b>Hinchamiento</b>			<b>Hinchamiento</b>														
<b>(Horas)</b>	<b>(Días)</b>	<b>N°</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>N°</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>N°</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>												
0	0	1	0	0	1	0	0.00	1	0	0												
24	1	2	0.100	0.08	2	0.080	0.065	2	0.050	0.040												
48	2	3	0.200	0.16	3	0.140	0.113	3	0.100	0.081												
72	3	4	0.330	0.27	4	0.160	0.129	4	0.110	0.089												
96	4	5	0.380	0.31	5	0.250	0.202	5	0.120	0.097												
<table border="1"> <tr> <td colspan="2"><b>Dimensiones MOLDE (cm)</b></td> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>12.4</td> </tr> <tr> <td>Diámetro</td> <td>15.2</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Disco espaciador (cm)</b></td> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Diámetro</td> <td>15</td> </tr> </table>		<b>Dimensiones MOLDE (cm)</b>		Altura	12.4	Diámetro	15.2	<b>Disco espaciador (cm)</b>		Altura	5	Diámetro	15									
<b>Dimensiones MOLDE (cm)</b>																						
Altura	12.4																					
Diámetro	15.2																					
<b>Disco espaciador (cm)</b>																						
Altura	5																					
Diámetro	15																					
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>																						
<b>APROBACIÓN</b>																						
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>			<b>Investigador</b>			<b>Director de Carrera</b>														
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón		<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña		<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga													
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>			<b>Firma:</b>			<b>Firma:</b>														

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>		<b>NTP 339.145 (ASTM D 1883)</b>			
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016			
	<b>Investigador:</b>		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		<b>PROTOCOLO</b>	
	<b>Fecha:</b>		junio del 2014		<b>N° : 16-C</b>	
<b>Horas de trabajo:</b>		De:	07:00 a.m.	Hasta:	6 : 00 p.m	<b>Hoja</b>

INFORMACION GENERAL

CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

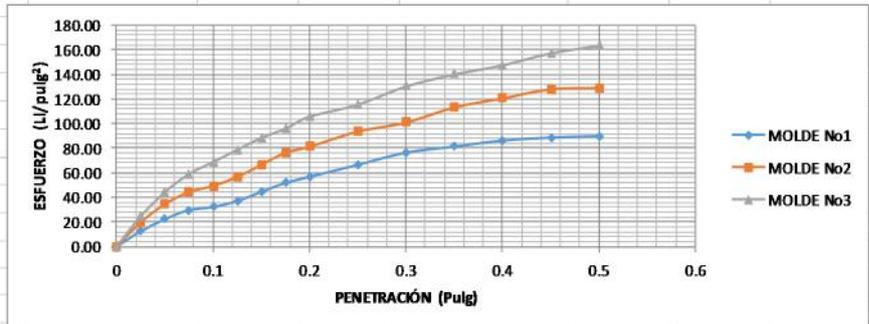
<b>TIPO DE MATERIAL :</b>	Arcilla
<b>CANTERA :</b>	Santa Barbara
<b>PROPIETARIO :</b>	Alberto Sanchez Rodriguez
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>	90000 gr

LECTURAS DE PENETRACION 4% NaCl

PENETRACION			Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3		
Medida	mm	Pulg	N° de Divisiones	Carga (lb)	Esfuerzo(lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Esfuerzo(lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Esfuerzo(lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00
2	0.64	0.025	5.00	37.50	12.30	8.00	60.00	19.69	10.00	75.00	24.61
3	1.27	0.050	9.00	67.50	22.15	14.00	105.00	34.45	18.00	135.00	44.29
4	1.91	0.075	12.00	90.00	29.53	18.00	135.00	44.29	24.00	180.00	59.06
5	2.54	0.100	13.00	97.50	31.99	20.00	150.00	49.21	28.00	210.00	68.90
6	3.17	0.125	15.00	112.50	36.91	23.00	172.50	56.59	32.00	240.00	78.74
7	3.81	0.150	18.00	135.00	44.29	27.00	202.50	66.44	36.00	270.00	88.58
8	4.45	0.175	21.00	157.50	51.67	31.00	232.50	76.28	39.00	292.50	95.97
9	5.08	0.200	23.00	172.50	56.59	33.00	247.50	81.20	43.00	322.50	105.81
10	6.35	0.250	27.00	202.50	66.44	38.00	285.00	93.50	47.00	352.50	115.65
11	7.62	0.300	31.00	232.50	76.28	41.00	307.50	100.89	53.00	397.50	130.41
12	8.89	0.350	33.00	247.50	81.20	46.00	345.00	113.19	57.00	427.50	140.26
13	10.16	0.400	35.00	262.50	86.12	49.00	367.50	120.57	60.00	450.00	147.64
14	11.43	0.450	36.00	270.00	88.58	52.00	390.00	127.95	64.00	480.00	157.48
15	12.70	0.500	36.50	273.75	89.81	52.50	393.75	129.18	66.50	498.75	163.63

<b>Diametro de Pison</b>	1.97
<b>Factor de Carga</b>	7.50

Penetracion	0.1(")	0.2(")
Molde 01	31.99	56.59
Molde 02	49.21	81.20
Molde 03	68.90	105.81



OBSERVACIONES - COMENTARIO

APROBACIÓN

Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador		Director de Carrera	
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>		<b>NTP 339.145 (ASTM D 1883)</b>				
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016				
	<b>Investigador :</b>		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>Fecha:</b>		junio del 2015		N° : 16-D		
<b>Horas de trabajo:</b>		De:	07:00 a.m.	Hasta:	6 : 00 p.m	Hoja	
<b>INFORMACION GENERAL</b>							
<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>							
<b>TIPO DE MATERIAL :</b>		Yelsin Palomino Saldaña					
<b>CANTERA :</b>		Santa Barbara					
<b>PROPIETARIO :</b>		Alberto Sanchez Rodriguez					
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		90000 gr					
<b>ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACION 4% NaCl</b>							
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N°1</b>		<b>MOLDE N°2</b>		<b>MOLDES N°3</b>		
<b>Penetración (")</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	
<b>Esfuerzo Terreno (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	31.99	56.59	49.21	81.20	68.90	105.81	
<b>Esfuerzo Patrón (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	1000	1500	1000	1500	1000	1500	
<b>CBR (%)</b>	3.20	3.77	4.92	5.41	6.89	7.05	
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>							
<b>APROBACIÓN</b>							
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>	
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

	<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>		<b>NTP 339.145 (ASTM D 1883)</b>		
	Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016		
	Investigador:	Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO	
	Fecha:	junio del 2015		N° : 16-E	
Horas de trabajo:		De:	07:00 a.m.	Hasta:	6 : 00 p.m
					Hoja

INFORMACION GENERAL

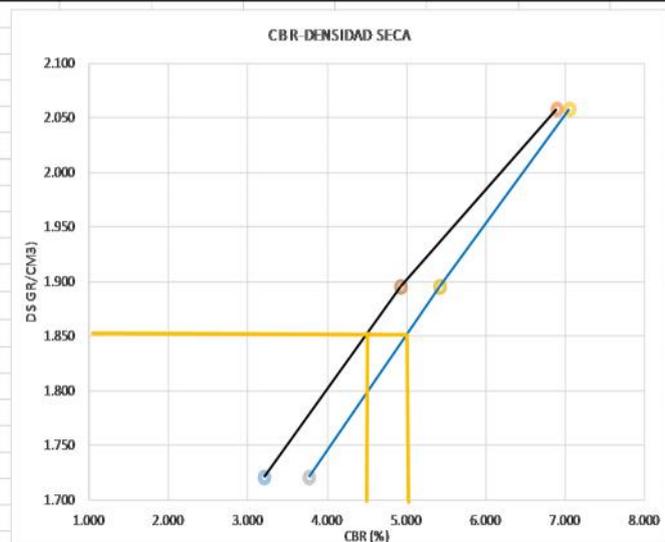
CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) 4% NaCl

TIPO DE MATERIAL :	Arcilla
CANTERA :	Santa Barbara
PROPIETARIO :	Alberto Sanchez Rodriguez
CANTIDAD DE MUESTRA:	90000 gr

CBR Y DENSIDAD SECA

MOLDE N°	MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDES N°3	
Penetración (")	01"	02"	01"	02"	01"	02"
CBR (%)	3.199	3.773	4.92	5.41	6.89	7.05
Ds (gr/cm3)	1.721		1.895		2.058	

Ds Max =	1.95 gr/cm3	CBR (0.1")	4.50%
95% Ds Max=	1.89 gr/cm3	CBR(0.2")	5.01%



OBSERVACIONES - COMENTARIO

APROBACIÓN

Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador		Director de Carrera	
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña	Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:	

		CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)		NTP 339.145 (ASTM D 1883)																					
		Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016																					
		Investigador:		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña			PROTOCOLO																		
		Fecha:		Junio del 2015			N°: 17-A																		
Horas de trabajo:		De:	07:00 a.m.	Hasta:	10.40 am	Hoja	1	de:	1																
<b>INFORMACION GENERAL</b>																									
TIPO DE MATERIAL:		Arcilla																							
CANTERA:		Santa Barbara																							
PROPIETARIO:		Alberto Sanchez Rodriguez																							
CANTIDAD DE MUESTRA:		90000 gr																							
<b>ENSAYO DE CBR 8% NaCl</b>																									
MOLDE N°	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3																		
Condicion de la Muestra	Antes de saturar		Saturado	Antes de saturar		Saturado	Antes de saturar		Saturado																
PESO MOLDE	7990.00		7990.00	7254.00		7254.00	7255.00		7255.00																
Pmh+Molde	12298.58		12315.07	11968.02		12070.37	12146.21		12295.14																
Pmh (gr)	4308.58		4325.07	4714.02		4816.37	4891.21		5040.14																
Vmh(cm3)	2202.04		2202.04	2202.04		2202.04	2202.04		2202.04																
Dh(gr/cm3)	1.957		1.96	2.14		2.19	2.22		2.29																
Recipiente N°	1-A	1-B	1-C	1-A	1-B	1-C	1-A	1-B	1-C																
Pt(gr)	27.10	28.00	27.00	26.80	27.10	22.30	28.20	28.10	27.80																
Pmh+t(gr)	191.90	173.30	195.70	76.50	72.10	170.60	187.00	65.80	182.50																
Pms+t(gr)	176.50	160.20	179.80	71.80	68.00	155.60	172.40	62.30	167.10																
Pw(gr)	15.40	13.10	15.90	4.70	4.10	15.00	14.60	3.50	15.40																
Pms(gr)	149.40	132.20	152.80	45.00	40.90	133.30	144.20	34.20	139.30																
W(%)	10.31	9.91	10.41	10.44	10.02	11.25	10.12	10.23	11.06																
Wprom (%)	10.11		10.41	10.23		11.25	10.18		11.06																
Ds(gr/cm3)	1.777		1.779	1.942		1.966	2.016		2.061																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Dimensiones MOLDE (cm)</th> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>17.80</td> </tr> <tr> <td>Diámetro</td> <td>14.80</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Disco espaciador (cm)</th> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>5.00</td> </tr> <tr> <td>Diámetro</td> <td>14.80</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Peso de la muestra (gr)</th> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">6 000</td> </tr> </table>										Dimensiones MOLDE (cm)		Altura	17.80	Diámetro	14.80	Disco espaciador (cm)		Altura	5.00	Diámetro	14.80	Peso de la muestra (gr)		6 000	
Dimensiones MOLDE (cm)																									
Altura	17.80																								
Diámetro	14.80																								
Disco espaciador (cm)																									
Altura	5.00																								
Diámetro	14.80																								
Peso de la muestra (gr)																									
6 000																									
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>																									
<b>APROBACIÓN</b>																									
Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis			Investigador			Director de Carrera																	
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña	Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga																		
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:																			

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>		<b>NTP 339.145 (ASTM D 1883)</b>								
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016								
	<b>Investigador:</b>		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña					PROTOCOLO			
	<b>Fecha:</b>							N° : 17-B			
<b>Horas de trabajo:</b>		De:		07:00 a.m.		Hasta:		6.40 pm		Hoja	
<b>INFORMACION GENERAL</b>											
<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>											
<b>TIPO DE MATERIAL :</b>		Arcilla									
<b>CANTERA :</b>		Santa Barbara									
<b>PROPIETARIO :</b>		Alberto Sanchez Rodriguez									
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		90000gr									
<b>LECTURAS DE HINCHAMIENTO 8% NaCl</b>											
<b>DATOS</b>		<b>Molde N°1</b>			<b>Molde N°2</b>			<b>Molde N°3</b>			
		<b>Hinchamiento</b>			<b>Hinchamiento</b>			<b>Hinchamiento</b>			
<b>(Horas)</b>	<b>(Días)</b>	<b>N°</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>N°</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>N°</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	
0	0	1	0	0	1	0	0.00	1	0	0	
24	1	2	0.080	0.06	2	0.070	0.056	2	0.030	0.024	
48	2	3	0.170	0.14	3	0.120	0.097	3	0.050	0.040	
72	3	4	0.290	0.23	4	0.210	0.169	4	0.130	0.105	
96	4	5	0.350	0.28	5	0.260	0.210	5	0.140	0.113	
<b>Dimensiones MOLDE (cm)</b>											
<b>Altura</b>		12.4									
<b>Diámetro</b>		15.2									
<b>Disco espaciador (cm)</b>											
<b>Altura</b>		5									
<b>Diámetro</b>		15									
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>											
<b>APROBACIÓN</b>											
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>			<b>Investigador</b>			<b>Director de Carrera</b>			
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón		<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña		<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>			

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>		<b>NTP 339.145 (ASTM D 1883)</b>		
	Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016		
	Investigador:		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO
	Fecha:		junio del 2014		N° : 17-C
Horas de trabajo:		De:	07:00 a.m.	Hasta:	6.40 pm
					Hoja

**INFORMACION GENERAL**

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)**

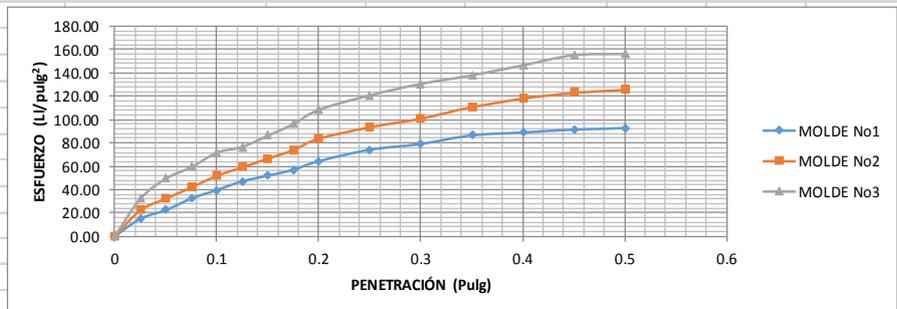
TIPO DE MATERIAL :	Arcilla
CANTERA :	Santa Barbara
PROPIETARIO :	Alberto Sanchez Rodriguez
CANTIDAD DE MUESTRA:	90000 gr

**LECTURAS DE PENETRACION 8% NaCl**

PENETRACION			Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3		
Medida	mm	Pulg	N° de Divisiones	Carga (lb)	Esfuerzo(lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Esfuerzo(lb/pulg 2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Esfuerzo(lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00
2	0.64	0.025	6.00	45.00	14.76	9.00	67.50	22.15	13.00	97.50	31.99
3	1.27	0.050	9.00	67.50	22.15	13.00	97.50	31.99	20.00	150.00	49.21
4	1.91	0.075	13.00	97.50	31.99	17.00	127.50	41.83	24.00	180.00	59.06
5	2.54	0.100	16.00	120.00	39.37	21.00	157.50	51.67	29.00	217.50	71.36
6	3.17	0.125	19.00	142.50	46.75	24.00	180.00	59.06	31.00	232.50	76.28
7	3.81	0.150	21.00	157.50	51.67	27.00	202.50	66.44	35.00	262.50	86.12
8	4.45	0.175	23.00	172.50	56.59	30.00	225.00	73.82	39.00	292.50	95.97
9	5.08	0.200	26.00	195.00	63.98	34.00	255.00	83.66	44.00	330.00	108.27
10	6.35	0.250	30.00	225.00	73.82	38.00	285.00	93.50	49.00	367.50	120.57
11	7.62	0.300	32.00	240.00	78.74	41.00	307.50	100.89	53.00	397.50	130.41
12	8.89	0.350	35.00	262.50	86.12	45.00	337.50	110.73	56.00	420.00	137.80
13	10.16	0.400	36.00	270.00	88.58	48.00	360.00	118.11	59.50	446.25	146.41
14	11.43	0.450	37.00	277.50	91.04	50.00	375.00	123.03	63.00	472.50	155.02
15	12.70	0.500	37.50	281.25	92.27	51.00	382.50	125.49	63.50	476.25	156.25

Diametro de Pison	1.97
Factor de Carga	7.50

Penetracion	0.1(")	0.2(")
Molde 01	39.37	63.98
Molde 02	51.67	83.66
Molde 03	71.36	108.27



**OBSERVACIONES - COMENTARIO**

**APROBACIÓN**

Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador		Director de Carrera	
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña	Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:	

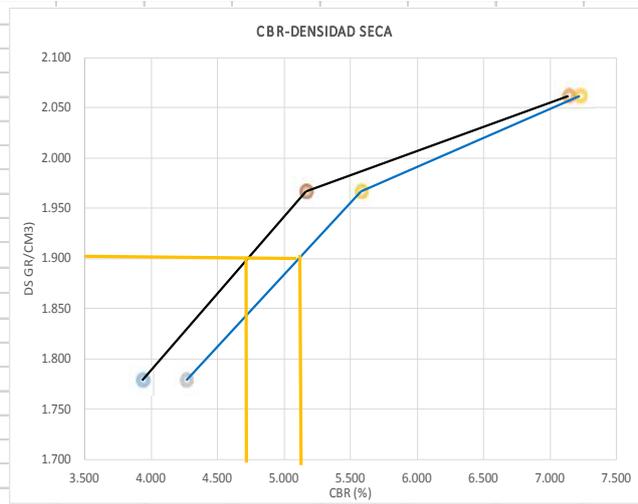
	<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>				<b>NTP 339.145 (ASTM D 1883)</b>			
	<b>Nombre de investigación:</b>				INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016			
	<b>Investigador :</b>				Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		<b>PROTOCOLO</b>	
	<b>Fecha:</b>				junio del 2015		N° : 17-D	
<b>Horas de trabajo:</b>				De:	07:00 a.m.	Hasta:	6.40 pm	Hoja
<b>INFORMACION GENERAL</b>								
<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>								
<b>TIPO DE MATERIAL :</b>		Arcilla						
<b>CANTERA :</b>		Santa Barbara						
<b>PROPIETARIO :</b>		Alberto Sanchez Rodriguez						
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		90000 gr						
<b>ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACION 8% NaCl</b>								
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N°1</b>		<b>MOLDE N°2</b>		<b>MOLDES N°3</b>			
<b>Penetración (")</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>		
<b>Esfuerzo Terreno (lb/plg2)</b>	39.37	63.98	51.67	83.66	71.36	108.27		
<b>Esfuerzo Patrón (lb/plg2)</b>	1000	1500	1000	1500	1000	1500		
<b>CBR (%)</b>	3.94	4.27	5.17	5.58	7.14	7.22		
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>								
<b>APROBACIÓN</b>								
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>		
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga	
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		

	CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)		NTP 339.145 (ASTM D 1883)			
	Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016			
	Investigador:		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO	
	Fecha:		junio del 2015		N°: 17-E	
Horas de trabajo:		De:	07:00 a.m.	Hasta:	6.40 pm	Hoja

**INFORMACION GENERAL**

CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) 8% NaCl	
TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
CANTERA:	Santa Barbara
PROPIETARIO:	Alberto Sanchez Rodriguez
CANTIDAD DE MUESTRA:	90000 gr

CBR Y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDES N°3	
Penetración (")	01"	02"	01"	02"	01"	02"
CBR (%)	3.937	4.265	5.17	5.58	7.14	7.22
Ds (gr/cm3)	1.779		1.966		2.061	



Ds Max =	1.97 gr/cm3	CBR (0.1")	4.70%
95% Ds Max =	1.91 gr/cm3	CBR(0.2")	5.21%

**OBSERVACIONES - COMENTARIO**

**APROBACIÓN**

Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador		Director de Carrera	
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña	Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:	

	CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)				NTP 339.145 (ASTM D 1883)																						
	Nombre de investigación:				INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016																						
	Investigador:				Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO																				
	Fecha:				Julio del 2015		N°: 18-A																				
Horas de trabajo:				De:	07:00 a.m.	Hasta:	6.40 pm	Hoja	1	de:	1																
<b>INFORMACION GENERAL</b>																											
TIPO DE MATERIAL: Arcilla																											
CANTERA: Santa Barbara																											
PROPIETARIO: Alberto Sanchez Rodriguez																											
CANTIDAD DE MUESTRA: 90000 gr																											
<b>ENSAYO DE CBR 12% NaCl</b>																											
MOLDE N°	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3																				
Condicion de la Muestra	Antes de saturar		Saturado	Antes de saturar		Saturado	Antes de saturar		Saturado																		
PESO MOLDE	7254.00		7254.00	7990.20		7990.20	7255.00		7255.00																		
Pmh+Molde	11515.89		11534.93	12976.02		13175.19	12665.03		12726.03																		
Pmh (gr)	4261.89		4280.93	4985.82		5184.99	5410.03		5471.03																		
Vmh(cm3)	2202.04		2202.04	2202.04		2202.04	2202.04		2202.04																		
Dh(gr/cm3)	1.94		1.94	2.26		2.35	2.46		2.48																		
Recipiente N°	1-A	1-B	1-C	1-A	1-B	1-C	1-A	1-B	1-C																		
Pt(gr)	27.90	26.40	27.50	26.00	27.50	27.20	27.10	29.10	27.80																		
Pmh+t(gr)	178.70	194.90	202.80	169.40	229.80	231.30	184.40	75.60	233.50																		
Pms+t(gr)	164.90	179.60	185.30	155.50	210.60	211.10	170.80	71.30	214.00																		
Pw(gr)	13.80	15.30	17.50	13.90	19.20	20.20	13.60	4.30	19.50																		
Pms(gr)	137.00	153.20	157.80	129.50	183.10	183.90	143.70	42.20	186.20																		
W(%)	10.07	9.99		10.73	10.49		9.46	10.19																			
Wprom (%)	10.03		11.09	10.61		10.98	9.83		10.47																		
Ds(gr/cm3)	1.759		1.750	2.047		2.122	2.237		2.249																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Dimensiones MOLDE (cm)</th> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>17.80</td> </tr> <tr> <td>Diámetro</td> <td>14.80</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Disco espaciador (cm)</th> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>5.00</td> </tr> <tr> <td>Diámetro</td> <td>14.80</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Peso de la muestra (gr)</th> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">6 000</td> </tr> </table>												Dimensiones MOLDE (cm)		Altura	17.80	Diámetro	14.80	Disco espaciador (cm)		Altura	5.00	Diámetro	14.80	Peso de la muestra (gr)		6 000	
Dimensiones MOLDE (cm)																											
Altura	17.80																										
Diámetro	14.80																										
Disco espaciador (cm)																											
Altura	5.00																										
Diámetro	14.80																										
Peso de la muestra (gr)																											
6 000																											
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>																											
<b>APROBACIÓN</b>																											
Coordinador de Laboratorio			Asesor de Tesis			Investigador			Director de Carrera																		
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán		Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón		Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña		Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga																	
Firma:			Firma:			Firma:			Firma:																		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)			NTP 339.145 (ASTM D 1883)					
		Nombre de investigación:			SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016					
		Investigador:			Yelsin Edilberto Palomino Saldaña			PROTOCOLO		
		Fecha:			Julio del 2015			N° : 18-B		
		Horas de trabajo:			De:	07:00 a.m.	Hasta:	6.40 pm	Hoja	
<b>INFORMACION GENERAL</b>										
<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>										
TIPO DE MATERIAL :		Arcilla								
CANTERA :		Santa Barbara								
PROPIETARIO :		Alberto Sanchez Rodriguez								
CANTIDAD DE MUESTRA:		90000gr								
<b>LECTURAS DE HINCHAMIENTO 12% NaCl</b>										
DATOS		Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3		
		Hinchamiento			Hinchamiento			Hinchamiento		
(Horas)	(Días)	N°	(mm)	(%)	N°	(mm)	(%)	N°	(mm)	(%)
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
24	1	2	0.080	0.06	2	0.060	0.048	2	0.030	0.024
48	2	3	0.140	0.11	3	0.100	0.081	3	0.050	0.040
72	3	4	0.210	0.17	4	0.160	0.129	4	0.080	0.065
96	4	5	0.250	0.20	5	0.180	0.145	5	0.080	0.065
Dimensiones MOLDE (cm)										
Altura		12.4								
Diámetro		15.2								
Disco espaciador (cm)										
Altura		5								
Diámetro		15								
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>										
<b>APROBACIÓN</b>										
Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis			Investigador			Director de Carrera		
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña	Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga			
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:				

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>		<b>NTP 339.145 (ASTM D 1883)</b>			
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016			
	<b>Investigador:</b>		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO	
	<b>Fecha:</b>		julio del 2015		N° : 18-C	
	<b>Horas de trabajo:</b>		De:	07:00 a.m.	Hasta:	6.40 pm
						Hoja

**INFORMACION GENERAL**

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)**

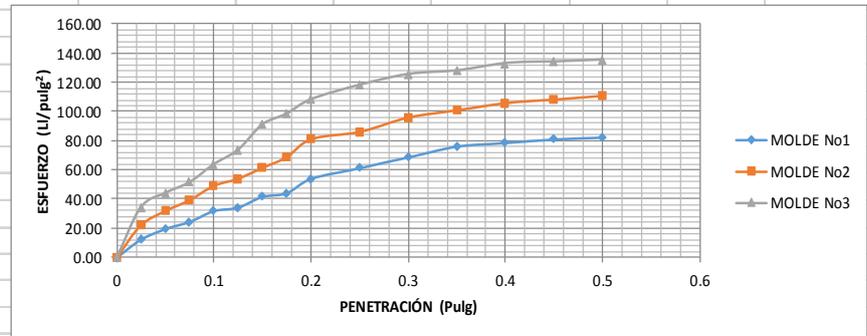
<b>TIPO DE MATERIAL :</b>	Arcilla
<b>CANTERA :</b>	Santa Barbara
<b>PROPIETARIO :</b>	Alberto Sanchez Rodriguez
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>	90000 gr

**LECTURAS DE PENETRACION 12% NaCl**

PENETRACION			Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3		
Medida	mm	Pulg	N° de Divisiones	Carga (lb)	Esfuerzo(lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Esfuerzo(lb/pulg 2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Esfuerzo(lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00
2	0.64	0.025	5.00	37.50	12.30	9.00	67.50	22.15	14.00	105.00	34.45
3	1.27	0.050	8.00	60.00	19.69	13.00	97.50	31.99	18.00	135.00	44.29
4	1.91	0.075	10.00	75.00	24.61	16.00	120.00	39.37	21.00	157.50	51.67
5	2.54	0.100	13.00	97.50	31.99	20.00	150.00	49.21	26.00	195.00	63.98
6	3.17	0.125	14.00	105.00	34.45	22.00	165.00	54.13	30.00	225.00	73.82
7	3.81	0.150	17.00	127.50	41.83	25.00	187.50	61.52	37.00	277.50	91.04
8	4.45	0.175	18.00	135.00	44.29	28.00	210.00	68.90	40.00	300.00	98.43
9	5.08	0.200	22.00	165.00	54.13	33.00	247.50	81.20	44.00	330.00	108.27
10	6.35	0.250	25.00	187.50	61.52	35.00	262.50	86.12	48.00	360.00	118.11
11	7.62	0.300	28.00	210.00	68.90	39.00	292.50	95.97	51.00	382.50	125.49
12	8.89	0.350	31.00	232.50	76.28	41.00	307.50	100.89	52.00	390.00	127.95
13	10.16	0.400	32.00	240.00	78.74	43.00	322.50	105.81	54.00	405.00	132.88
14	11.43	0.450	33.00	247.50	81.20	44.00	330.00	108.27	54.50	408.75	134.11
15	12.70	0.500	33.50	251.25	82.43	45.00	337.50	110.73	55.00	412.50	135.34

<b>Diametro de Pison</b>	1.97
<b>Factor de Carga</b>	7.50

Penetracion	0.1(")	0.2(")
Molde 01	31.99	54.13
Molde 02	49.21	81.20
Molde 03	63.98	108.27

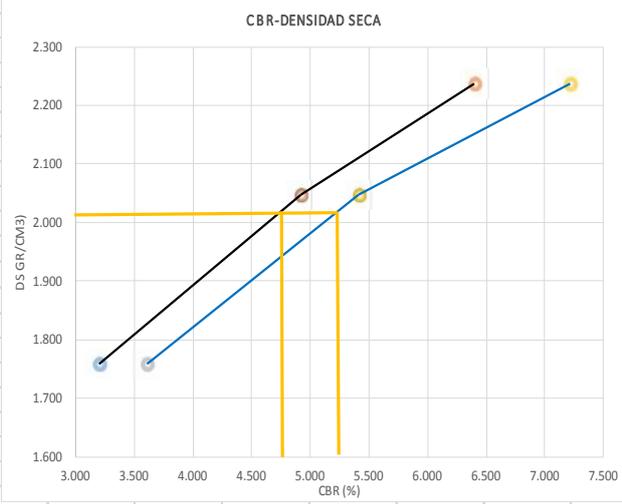


**OBSERVACIONES - COMENTARIO**

**APROBACIÓN**

Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador		Director de Carrera	
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

	<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>		<b>NTP 339.145 (ASTM D 1883)</b>				
	<b>Nombre de investigación:</b>		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016				
	<b>Investigador :</b>		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO		
	<b>Fecha:</b>		junio del 2015		N° : 18-D		
<b>Horas de trabajo:</b>		De:	07:00 a.m.	Hasta:	6.40 pm	Hoja	
<b>INFORMACION GENERAL</b>							
<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>							
<b>TIPO DE MATERIAL :</b>	Arcilla						
<b>CANTERA :</b>	Santa Barbara						
<b>PROPIETARIO :</b>	Alberto Sanchez Rodriguez						
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>	90000 gr						
<b>ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACION 12% NaCl</b>							
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N°1</b>		<b>MOLDE N°2</b>		<b>MOLDES N°3</b>		
<b>Penetración (")</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	
<b>Esfuerzo Terreno (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	31.99	54.13	49.21	81.20	63.98	108.27	
<b>Esfuerzo Patrón (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	1000	1500	1000	1500	1000	1500	
<b>CBR (%)</b>	3.20	3.61	4.92	5.41	6.40	7.22	
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>							
<b>APROBACIÓN</b>							
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>	
<b>Nombre:</b>	Sr. Víctor Cuzco Minchán	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	<b>Nombre:</b>	Yelsin Palomino Saldaña	<b>Nombre:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

	<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>		<b>NTP 339.145 (ASTM D 1883)</b>											
	Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016											
	Investigador :		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO									
	Fecha:		junio del 2015		N° : 18-E									
Horas de trabajo:		De:	07:00 a.m.	Hasta:	6.40 pm	Hoja								
<b>INFORMACION GENERAL</b>														
<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) 12% NaCl</b>														
TIPO DE MATERIAL :	Arcilla													
CANTERA :	Santa Barbara													
PROPIETARIO :	Alberto Sanchez Rodriguez													
CANTIDAD DE MUESTRA:	90000 gr													
<b>CBR Y DENSIDAD SECA</b>														
MOLDE N°	MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDES N°3									
Penetración (")	01"	02"	01"	02"	01"	02"								
CBR (%)	3.199	3.609	4.92	5.41	6.40	7.22								
Ds (gr/cm3)	1.759		2.047		2.237									
<table border="1" data-bbox="167 1164 734 1220"> <tr> <td>Ds Max =</td> <td>2.06 gr/cm3</td> <td>CBR (0.1")</td> <td>4.85%</td> </tr> <tr> <td>95% Ds Max=</td> <td>1.99 gr/cm3</td> <td>CBR(0.2")</td> <td>5.32%</td> </tr> </table>							Ds Max =	2.06 gr/cm3	CBR (0.1")	4.85%	95% Ds Max=	1.99 gr/cm3	CBR(0.2")	5.32%
Ds Max =	2.06 gr/cm3	CBR (0.1")	4.85%											
95% Ds Max=	1.99 gr/cm3	CBR(0.2")	5.32%											
														
<b>OBSERVACIONES - COMENTARIO</b>														
<b>APROBACIÓN</b>														
<b>Coordinador de Laboratorio</b>		<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Investigador</b>		<b>Director de Carrera</b>								
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña	Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga							
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:								

## PANEL FOTOGRAFICO

**Fotografía N° 01:** Fotografía que muestra al tesista haciendo la recolección de muestra para la elaboración del ensayo de contenido de humedad.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 02:** Fotografía donde se muestra al tesista junto al propietario del banco de arcilla el Sr: Alberto Sánchez Rodríguez.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 03** Fotografía que muestra la cantera donde se extrae el material para realizar el estudio de tesis



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 04:** Fotografía donde se muestra el secado de material para realizar los posteriores ensayos de laboratorio.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 05:** Fotografía al tesista realizando el pesado de la muestra húmeda para posteriormente calcular el contenido de humedad de la muestra.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 06:** Fotografía que muestra la colocación de material en el horno para posteriormente pesarla y hallar el contenido de humedad.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 07:** Extracción del material seco para pesar y hallar el contenido de humedad de la muestra.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 08:** Pesado de muestras seca de material para cálculo de contenido de humedad.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 09 y N° 10:** En la fotografías se muestra al tesista realizando la preparación de material para realizar el ensayo de peso específico.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 11 y N° 12:** En la fotografías se muestra al tesista realizando el pesado de la fiola y el tamizado del material por la malla N°4.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 13 y N° 14:** En las fotografías se muestran al tesista realizando el pesado de la fiola con la muestra de suelo.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 15:** En las fotografías se muestran al tesista el tamizado del material por la mala N°40 para posteriormente hacer el ensayo de límite plástico y límite líquido.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 16:** En las fotografías se muestran al tesista realizando el ensayo de límite líquido.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 17:** En las fotografías se muestran al tesista realizando el ensayo de límite plástico.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 18 y N° 19:** Se muestra realizando el peso de las muestras secas del el ensayo limite plástico y limite liquido



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N °20:** Se muestra realizando el pesado de 500 gr para realizar el análisis granulométrico por lavado.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 21:** Se puede apreciar a la tesista realizando el análisis granulométrico mediante lavado de la malla N ° 20



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 22:** Se puede apreciar al tesista realizando el pesado del material retenido en la malla N°200 para posteriormente llevarla al horno



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 23 N° 24:** Se puede apreciar al tesista realizando el pesado de la muestra seca y posteriormente el tamizado de la muestra



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 25:** Se muestra al estudiante haciendo los ensayos de límite plástico y líquido con los porcentajes de Sal



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 26:** En la fotografía se aprecia al tesista realizando el ensayo de proctor modificado para las respectivas muestras.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 27:** En la fotografía se aprecia al tesista realizando la compactación de la muestra para el ensayo de proctor modificado



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 28:** En la fotografía se aprecia la medición de peso de la muestra compactada.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 29:** Muestras obtenidas del ensayo de proctor modificado tanto el patrón como lo diversos porcentajes NaCl



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 30:** Se aprecia al tesista al iniciando los ensayos de CBR antes proceder a realizar la compactación con humedad óptima



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 31:** Se aprecia al tesista realizando el ensayo de compactación de los moldes de CBR



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 32:** Se aprecia al tesista realizando el ensayo de compactación de los  
moldes de CBR



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 33:** Se aprecia los moldes resultados del ensayo de compactación de los  
moldes de CBR



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 34:** Se aprecia a los moldes sumergidos en agua para posteriormente medir el hinchamiento de la muestra.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 35:** Se aprecia al laboratorista preparando la prensa hidráulica para el ensayo de penetración



Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Fotografía N° 36:** Se aprecia a los moldes de después de haberse realizado el ensayo de penetración



Fuente: Elaboración Propia, 2015

## **FICHA TÉCNICA DEL CLORURO DE SODIO**

	<b>FICHA TÉCNICA</b> <b>SAL MARINA</b>		Código: <b>FI</b> Rev. Nº: <b>14</b> Fecha: 22/04/2013 Pág. 1 de 1														
	DENOMINACIÓN DEL PRODUCTO: Sal marina tipo « <b>FINA SECA</b> »																
COMPOSICIÓN: Cloruro sódico (NaCl)																	
CALIBRACIÓN: 80% comprendido entre 1 mm. y 0,25 mm.																	
PROCESO DE ELABORACIÓN: Partiendo del agua del mar y mediante un proceso de precipitación se obtiene el cloruro sódico.  La sal se lava y limpia de impurezas, almacenándose al aire libre.  Posteriormente el producto se centrifuga y se somete a secado y cribado; después se envasa en sus diferentes formatos.																	
ASPECTO APARENTE: Producto granulado de color blanco, cristalino, inodoro, sabor salino franco, limpio, suelto y soluble en agua.																	
PRESENTACIÓN: En Big-bags, sacos de 25 kg. paletizados o productos de paquetería en formato de 1 kg o saleros, según exigencia.																	
COMPOSICIÓN Y ANÁLISIS: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">- Humedad:</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%; text-align: right;">≤ 0.5 %</td> </tr> <tr> <td>- Cloruro sódico en materia seca:</td> <td></td> <td style="text-align: right;">≥ 97 %</td> </tr> <tr> <td>- Residuo insoluble en agua:</td> <td></td> <td style="text-align: right;">≤ 5 gr/kg</td> </tr> <tr> <td>- Nitrógeno Total:</td> <td></td> <td style="text-align: right;">≤ 20 mg/kg</td> </tr> </table>			- Humedad:		≤ 0.5 %	- Cloruro sódico en materia seca:		≥ 97 %	- Residuo insoluble en agua:		≤ 5 gr/kg	- Nitrógeno Total:		≤ 20 mg/kg			
- Humedad:		≤ 0.5 %															
- Cloruro sódico en materia seca:		≥ 97 %															
- Residuo insoluble en agua:		≤ 5 gr/kg															
- Nitrógeno Total:		≤ 20 mg/kg															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Aditivo <u>(opcional según formatos)</u>:</td> <td style="width: 40%;">Antiaglomerante ⇒ Ferrocianuro Potásico (E 536) (Potassium Ferrocyanide)</td> <td style="width: 30%; text-align: right;">≤ 20 mg/kg</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Yodo ⇒ Yodato Potásico (KIO<sub>3</sub>) <i>(en productos de paquetería y saleros)</i></td> <td style="text-align: right;">60 mg/kg -Tol. 15%</td> </tr> </table>			Aditivo <u>(opcional según formatos)</u> :	Antiaglomerante ⇒ Ferrocianuro Potásico (E 536) (Potassium Ferrocyanide)	≤ 20 mg/kg		Yodo ⇒ Yodato Potásico (KIO <sub>3</sub> ) <i>(en productos de paquetería y saleros)</i>	60 mg/kg -Tol. 15%									
Aditivo <u>(opcional según formatos)</u> :	Antiaglomerante ⇒ Ferrocianuro Potásico (E 536) (Potassium Ferrocyanide)	≤ 20 mg/kg															
	Yodo ⇒ Yodato Potásico (KIO <sub>3</sub> ) <i>(en productos de paquetería y saleros)</i>	60 mg/kg -Tol. 15%															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Metales pesados:</td> <td style="width: 40%;">Cobre (Cu):</td> <td style="width: 30%; text-align: right;">≤ 2 mg/kg</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Plomo (Pb):</td> <td style="text-align: right;">≤ 2 mg/kg</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Arsénico (As):</td> <td style="text-align: right;">≤ 1 mg/kg</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cadmio (Cd):</td> <td style="text-align: right;">≤ 0.5 mg/kg</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mercurio (Hg):</td> <td style="text-align: right;">≤ 0.5 mg/kg</td> </tr> </table>			Metales pesados:	Cobre (Cu):	≤ 2 mg/kg		Plomo (Pb):	≤ 2 mg/kg		Arsénico (As):	≤ 1 mg/kg		Cadmio (Cd):	≤ 0.5 mg/kg		Mercurio (Hg):	≤ 0.5 mg/kg
Metales pesados:	Cobre (Cu):	≤ 2 mg/kg															
	Plomo (Pb):	≤ 2 mg/kg															
	Arsénico (As):	≤ 1 mg/kg															
	Cadmio (Cd):	≤ 0.5 mg/kg															
	Mercurio (Hg):	≤ 0.5 mg/kg															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Microbiológico:</td> <td style="width: 40%;">Listeria Monocytogenes</td> <td style="width: 30%; text-align: right;">&lt;100 ufc/gr.</td> </tr> </table>			Microbiológico:	Listeria Monocytogenes	<100 ufc/gr.												
Microbiológico:	Listeria Monocytogenes	<100 ufc/gr.															
CONSERVACIÓN Y DURABILIDAD: Se recomienda su conservación en lugar seco y con el envase cerrado.																	
FABRICANTE: <b>SALINERA ESPAÑOLA, S.A. – Sucursal San Pedro del Pinatar</b> Salinas marítimas, s/n 30740 San Pedro del Pinatar (Murcia) Apartado de correos nº 6																	
USO PREVISTO: Alimentación e industrial.																	

TEXTOS REGLAMENTARIOS Y NORMATIVA  
DE REFERENCIA:

- RD 1424/1983: Reglamentación Técnico Sanitaria para la obtención, circulación y venta de sal y salmuera comestible.
- RD 135/2010: Derogación art.13, punto 6, aptdo. 1.
- RD 1634/2011: Modificación del RD 1424/1983.
- RD 176/2013: Modificación del RD 1424/1983.
- Directiva Europea 95/2/CE del 20 de febrero y RD 145/1997 relativo a aditivos alimentarios.
- Norma Stan 150-1985 del Codex Alimentarius para la sal de calidad