



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:**

**“INFLUENCIA DEL CLORURO DE SODIO EN LAS  
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO GRANULAR DE  
LA CANTERA DE SENCICA-POROY”**

**PRESENTADO POR:  
EDWARD RAMOS CARREÑO**  
Bachiller en Ingeniería Civil

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

**ASESOR TÉCNICO:**  
GIANCARLO VINCET FERNANDEZ VENERO  
Ingeniero Civil

**ASESOR METODOLÓGICO:**  
EDWARDS JESÚS AGUIRRE ESPINOZA  
Doctor en Educación

**CUSCO-PERÚ**

2018

**DEDICATORIA**

*A Dios por ser mi mayor apoyo espiritual en esta vida, a la mujer más importante en mi vida que es mi madre y al mejor hombre que no solo es mi padre también un amigo, porque los dos son los mejores maestros, mi mayor apoyo emocional, mi mayor admiración a ellos, guías de quienes aprendo cada día, la retribución no solo será siendo un buen profesional en lo laboral sino también ayudando al prójimo, a los que menos tienen sin nada de por medio.*

El autor.

**AGRADECIMIENTO**

*A mis asesores de tesis, Dictaminantes y plana docente que contribuyo con su enseñanza en mi formación profesional.*

*Al señor Julio Cesar Chaparro presidente de la comunidad campesina de Sencca.*

*A todos que estuvieron presentes les digo de corazón: gracias, muchas gracias.*

El autor

## RESUMEN

La presente Tesis para optar título de ingeniero civil tuvo como finalidad analizar la influencia del cloruro de sodio (sal de maras) en las propiedades del mecánicas del suelo granular de la cantera de Sencca-Poroy. Se empleó distintos porcentajes de cloruro de sodio los cuales se adicionaron de la siguiente manera: 0% ,10% ,15%, 25%, 35% en peso de acuerdo al contenido de humedad y la cantidad de material a usar.

Para la ejecución de esta tesis de investigación se obtuvo las muestras del suelo granular de la cantera de Sencca, ubicado en el Distrito de Poroy-Provincia del Cusco-Departamento del Cusco, los cuales fueron analizados mediante los ensayos laboratorio correspondientes. La influencia del cloruro de sodio en sus propiedades mecánicas se estableció a través de los ensayos contenido de humedad, análisis granulométrico, ensayo de límites de Atterberg, clasificación de suelos S.U.C.S (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), ensayo de Proctor Modificado y ensayo CBR (California Bearing Ratio).

Se comprobó que a mayor adición de porcentaje de cloruro de sodio el contenido de humedad optimo va decreciendo, la densidad seca maxima no registra cambios por más cantidad de cloruro que se le agrego, se incrementó el valor de CBR del material granular hasta en un 51.2%, esto al 15% de NaCl en su punto más óptimo (Sal de Maras) comparando con la muestra patrón, confirmando la hipótesis que el NaCl mejora las propiedades mecánicas del suelo granular.

**PALABRAS CLAVES:** Cloruro de sodio (Sal de Maras), propiedades mecanicas del suelos granular.

## ABSTRACT

The aim of this thesis to choose a civil engineer degree was to analyze the influence of sodium chloride (salt of maras) on the properties of granular soil mechanics in the quarry of Sencca-Poroy. Different percentages of sodium chloride were used, which were added as follows: 0%, 10%, 15%, 25%, 35% by weight according to the moisture content and the amount of material to be used.

For the execution of this research thesis was obtained the samples of the granular soil of the quarry of Sencca, located in the District of Poroy-Province of Cusco-Department of Cusco, which were analyzed by means of the corresponding laboratory tests. The influence of sodium chloride on its mechanical properties was established through moisture content tests, granulometric analysis, Atterberg limits test, soil classification SUCS (Unified Soil Classification System), Modified Proctor test and CBR test (California Bearing Ratio).

It was found that the higher the percentage of sodium chloride the optimum moisture content decreases, the maximum dry density does not change due to the amount of chloride added, the CBR value of the granular material was increased by up to 51.2 %, this to 15% of NaCl at its most optimal point (Sal de Maras) comparing with the standard sample, confirming the hypothesis that NaCl improves the mechanical properties of granular soil.

**KEY WORDS:** Sodium chloride (Salt of Maras), granular soil properties

## INTRODUCCIÓN

En los procesos de estudios de la capacidad de soporte de un suelo es necesario hacer referencia a la base y sub-base granular usada en la estructura de un pavimento, el cual cumple el rol de recibir las fuerzas producidas por el tránsito vehicular transmitidos al terreno natural, en ocasiones la estabilización de un suelo tiene la finalidad de mejorar la resistencia ante el ablandamiento producido por el agua como es en el caso del departamento de Cusco donde nuestras vías están expuestas a las lluvias las cuales generan problemas en la estructura .

Un método confiable para estabilizar un suelo granular, es adicionando productos químicos como el cemento, la cal, sulfatos, cloruros que proporcionaran un enlace entre las partículas granulares, aumentando la resistencia y reduciendo las deformaciones en la vía.

El cloruro de sodio (NaCl) conocido en el lenguaje cotidiano como sal, se usó como un estabilizante para mejorar las propiedades físico –mecánicas del suelo. El cloruro de sodio al ser higroscópico (capacidad de absorber la humedad) actuará como un estabilizante natural, mejorando la cohesión de las partículas. Para su ejecución esta tesis de investigación fue estructurada en IV Capítulos:

En el Capítulo I: Planeamiento metodológico que describe la Realidad Problemática, la delimitación de la Investigación, así como los problemas y objetivos, las Hipótesis de estudio, las variables, el diseño de investigación, la población y muestra, así como las Técnicas e Instrumentos de la Recolección de Datos.

En el Capítulo II, se desarrolla el Marco Teórico, el cual contiene los Antecedentes de la Investigación, las Bases Teóricas , términos técnicos usados en la investigación, hipótesis general y específicas , las variables y la operacionalización de estas .

En el capítulo III se desarrolla la metodología de investigación, el tipo, el nivel, el diseño , el método , la población, la muestra, las técnicas e instrumentos.

En el capítulo IV abarca la ejecución de la investigación, los ensayos de laboratorio, resultados, la discusión, conclusiones y recomendaciones.

## Índice

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT .....	IV
INTRODUCCIÓN.....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XI
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	XII
ÍNDICE DE PANEL FOTOGRÁFICO .....	XIII
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD DE LA PROBLEMÁTICA .....	1
1.1.1 Delimitación del Problema.....	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.2 Problemas Específicos .....	3
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 ANTECEDENTES EN EL ESTUDIO .....	5
2.1.1 En el Mundo.....	5
2.1.2 En el Perú .....	7
2.1.3 En el Cusco .....	9
2.2 BASES TEÓRICAS .....	9
2.2.1 Suelo.....	9
2.2.2 Clasificación de Suelos.....	9
2.2.3 Mejoramiento de Suelos .....	10
2.2.4 Mejoramiento de Suelos Mediante Métodos Químicos.....	10
2.2.5 Cloruro de Sodio.....	11
A. Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio (NaCl) .....	11
B. Características Mineralógicas del Cloruro de Sodio (NaCl).....	12
C. Propiedades Físico-Químicas del NaCl. ....	12
D. Aplicación del NaCl. ....	12



E. Respuesta del Cloruro de Sodio Como Estabilizante. ....	13
2.2.6 Suelos Granulares. ....	13
A. Color .....	14
B. Textura superficial: .....	14
C. Forma: .....	14
D. Estructura: .....	14
2.2.6 Compactación de suelos. ....	14
A. Causas que influyen la Compactación: .....	15
B. Efectos de la Compactación:.....	15
C. Métodos de Compactación:.....	15
2.2.7 ENSAYOS DE LABORATORIO .....	15
A. Contenido de Humedad.....	15
B. Límites de Consistencia .....	16
C. Análisis Granulométrico.....	17
D. Ensayo de Proctor Modificado (Compactación) .....	18
E. Ensayo CBR (California Bearing Ratio) .....	19
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	19
2.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
2.4.1 Hipótesis General .....	20
2.4.2 Hipótesis Específico .....	20
2.5 VARIABLES DE ESTUDIO .....	21
2.5.1 Variable Independiente.....	21
2.5.2 Variable Dependiente .....	21
2.5.3 Operacionalización de las Variables .....	21
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION.....	22
3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	22
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	23
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	24
3.4.1 Población .....	24
3.4.2 Muestra .....	24
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	24
3.5.1 Técnicas.....	24
3.5.2 Instrumentos .....	25
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
4.1 EJECUCIÓN.....	26
4.2 TRABAJO EN CAMPO .....	27
4.2.1 Extracción la Muestra .....	27
4.3 TRABAJO EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS .....	29

4.3.1	Análisis y Ensayos de Laboratorio: Muestra Patrón.....	29
	A. Ensayo de Contenido de Humedad .....	30
	B. Ensayo de Análisis Granulométrico .....	30
	C. Ensayo de Límites de Consistencia .....	32
	D. Ensayo de Compactación de Suelo usando Energía modificada (Proctor Modificado) (MTC, 2016, pág. 105).....	34
	E. Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR-California Bearing Ratio) .....	36
4.3.2	Análisis y Ensayos de Laboratorio: Muestra con Cloruro de Sodio (Sal de Maras).....	38
	A. Ensayo de Compactación de Suelo usando Energía modificada (Proctor Modificado) .....	38
	B. Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR-California Bearing Ratio) 40	
4.4	TRABAJO EN LABORATORIO QUIMICO: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE CLORURO DE SODIO, DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA DE SENCCA Y AGUA POTABLE. ....	42
4.4.1	Material Granular. ....	42
4.4.2	Sal de Maras (Cloruro de Sodio). ....	42
4.4.3	Agua Potable .....	42
4.5	RESULTADOS .....	43
4.5.1	Ensayo de Contenido de Humedad.....	43
4.5.2	Ensayo de Análisis Granulométrico.....	43
4.5.3	Ensayo de Límites de Consistencia .....	44
4.5.4	Clasificación de Suelos.....	45
4.5.5	Ensayo de Proctor Modificado (Compactación) .....	46
	A. Proctor Modificado sin Cloruro de Sodio.....	46
	B. Proctor modificado con Adición de Cloruro de Sodio (Sal de Maras) .....	46
4.5.6	Ensayo de CBR (California Bearing Ratio).....	49
	A. Ensayo CBR (California Bearing Ratio)-Muestra Patrón. ....	49
	B. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)-Muestra con Cloruro de Sodio (Sal de Maras).....	49
4.6	DISCUSIÓN.....	52
4.6.1	Proctor Modificado.....	52
4.6.2	Ensayo CBR (California Bearing Ratio).....	53
4.7	CONCLUSIONES .....	55
4.8	RECOMENDACIONES Y/O OBSERVACIONES .....	56
	BIBLIOGRAFÍA.....	57

## Índice de Tablas

Tabla 1: Características Mineralógicas del NaCl .....	12
Tabla 2: Propiedades Físico-químicas del NaCl .....	12
Tabla 3: Formas de la Partícula Granular .....	14
Tabla 4: Estructura del Suelo Granular .....	14
Tabla 5: Métodos de Compactación .....	15
Tabla 6: Cantidad de Espécimen Para Ensayo .....	16
Tabla 7: Características según el Índice de Plasticidad .....	17
Tabla 8: Elección de Método de Compactación.....	18
Tabla 9: Operacionalización de Variables.....	21
Tabla 10: Diseño de Investigación.....	23
Tabla 11: Análisis Físico-químico suelo granular de la cantera de Sencca. ....	42
Tabla 12: Análisis Físico-químico del NaCl.....	42
Tabla 13: Análisis Físico-químico del Agua Potable .....	42
Tabla 14: Material retenido en los tamices. ....	43
Tabla 15: Clasificación aastho .....	45

## Índice de Gráficos

Grafico 1: Ubicación de la Cantera de Sencca. ....	27
Grafico 2: Cantera de Sencca.....	28
Grafico 3: Ensayo de Contenido de Humedad.....	43
Grafico 4: Curva Granulométrica .....	44
Grafico 5: Determinación del límite líquido. ....	44
Grafico 6: Clasificación de suelos S.U.C.S .....	45
Grafico 7: Proctor Modificado Muestra Patrón .....	46
Grafico 8: Proctor Modificado -10% de NaCl .....	46
Grafico 9: Proctor Modificado -15% de NaCl .....	47
Grafico 10: Proctor Modificado-25%de NaCl .....	47
Grafico 11: Proctor Modificado -35% de NaCl .....	48
Grafico 12: Ensayo CBR / 0% de NaCl.....	49
Grafico 13: Ensayo CBR / 10 % de NaCl.....	49
Grafico 14: Ensayo CBR / 15% de NaCl.....	50
Grafico 15: Ensayo CBR / 25% de NaCl.....	50
Grafico 16: Ensayo CBR / 35% de NaCl.....	51
Grafico 17: Cuadro comparativo de Contenido de Humedad Optimo .....	52
Grafico 18: Cuadro comparativo de Densidad Seca Máxima (g/cc).....	53
Grafico 19: Ensayos de CBR.....	53
Grafico 20: Ensayos de CBR.....	54

**Índice de Ecuaciones**

Ecuación 1: Contenido de Humedad .....	16
Ecuación 2: Índice de Plasticidad .....	17
Ecuación 3: % de Retención de Material .....	17
Ecuación 4: CBR (California Bearing Ratio) .....	19

### Índice de Panel Fotográfico

Fotografía 1: Epp de Seguridad en Laboratorio de Mecánica de Suelos. ....	29
Fotografía 2: Moldes de CBR .....	38
Fotografía 3: Secado del Material Granular .....	82
Fotografía 4: Disgregación del Material Seco con la comba de goma .....	82
Fotografía 5: Ensayo de Limite Líquido .....	83
Fotografía 6: Ensayo de Limite Plástico.....	83
Fotografía 7: Cuarteo del Material Granular .....	84
Fotografía 8: Proceso de Cuarteo del Material .....	84
Fotografía 9: Ensayo de Análisis Granulométrico .....	85
Fotografía 10: Tamizado material # N° 3/4 para ensayo de Proctor Modificado .....	85
Fotografía 11: Proceso de compactación -Proctor modificado.....	86
Fotografía 12: Moldes de CBR sumergidos .....	86
Fotografía 13: EPP de Seguridad en Laboratorio de Mecánicas de Suelos. ....	87
Fotografía 14: EPP-Elementos de Protección Personal en Campo .....	87

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD DE LA PROBLEMÁTICA**

Un pavimento como vía de comunicación es de suma importancia porque genera el desarrollo de la región tanto económica como social de los pobladores, ya sea rígido o flexible cumplirá una función estructural en la que la capa de rodadura recibirá las fuerzas producidas por el tráfico y estas se transmitirán al terreno de fundación, el diseño dependerá de las canteras a utilizarse, las cuales muchas veces no contemplan las características mecánicas exigidas y es necesario procesos de estabilización.

Los suelos granulares o friccionantes están formados por partículas relativamente grandes, gruesas como la arena, grava, al ser un suelo no cohesivo las partículas no tienden a juntarse ni adherirse, el cloruro de sodio (NaCl) se ha utilizado en diferentes investigaciones para determinar su incidencia en las propiedades mecánicas de bases granulares ,especialmente en estabilizaciones o para evitar el efecto de evaporación del agua y reducir la temperatura de congelamiento , teniéndose resultados

satisfactorios debido a que controla los cambios de humedad en las capas granulares.

En la fase de compactación el agua es muy relevante, ya que sus propiedades de ella definen como reacciona con la humedad del suelo, en este proceso se pretende reducir los vacíos de aire (densificación del suelo) mejorar su propiedades mecánicas (respuesta al esfuerzo-deformación), la resistencia (soporte de cargas aplicadas en el terreno).

Al reducir los vacíos, ocurren cambios de volumen, ligados a la pérdida de volumen de aire, pues por lo común no se logra expulsar el agua de los huecos durante el proceso de compactación, por lo que la condición de suelo compactado es la de un suelo parcialmente saturado. (CASTILLO, 2005)

Entre los problemas que se observa en un pavimento son las deformaciones que ocurren como consecuencias de que el material de cantera que se usó no es de buena calidad ocasionando hundimientos ,agrietamientos convirtiendo en inestable la vía ,o por el mismo crecimiento de la población implica un aumento en el parque automotor produciendo un mayor esfuerzo en la superficie para la cual fue diseñada(fatiga), ante estos problemas resulta necesario mejorar las propiedades mecánicas de un material granular usando un método químico como es el cloruro de sodio como un estabilizante mejorando la calidad el material para aumentar su resistencia mecánica y darle un mayor tiempo de vida útil a la vía.

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

- A.** Delimitación de espacio: Cantera de Sencca-Comunidad Campesina de Sencca- Distrito de Poroy-Provincia del Cusco.
- B.** Delimitación de tiempo: 2017-2018
- C.** Delimitación de población: Suelo Granular de Sencca.



## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

**A.** ¿De qué manera influye el cloruro de sodio (sal de maras) en las propiedades mecánicas del suelo granular de la cantera de Sencca-Poroy?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

**A.** ¿Cómo influye el cloruro de sodio (sal de maras) en el contenido de humedad óptimo y la máxima densidad seca en el suelo granular de la cantera de Sencca-Poroy?

**B.** ¿De qué manera influye el cloruro de sodio en el valor de CBR (California Bearing Ratio)?

## **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Objetivo General**

**A.** Analizar la influencia del Cloruro de Sodio (sal de maras) en las propiedades mecánicas del suelo granular de la cantera de Sencca-Poroy.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

**A.** Determinar la influencia del cloruro de sodio (sal de maras) en el contenido de humedad y la máxima densidad seca en el suelo granular de la cantera de Sencca-Poroy.

**B.** Determinar la influencia del cloruro de sodio en el valor de CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO).

## **1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación realizada propone que con la adición del cloruro de sodio en porcentajes distintos (0%,10%,15%,25%,35%) al suelo granular de la cantera de Sencca-Poroy , mejorara las propiedades mecánicas y dará una alternativa de estabilización química para proyectos de transporte en la región , donde también se hace uso de un recurso mineral como es la sal de maras ,esta alternativa de estabilización puede ser usada por el ingeniero civil y todo profesional relacionado al área cuando en obra no se

disponga de un material granular que tenga los valores óptimos en su comportamiento mecánico, evitando de esta manera que ocurran problemas relacionados con el pavimento (agrietamientos, hundimientos, fisuras) los cual también brindará mayor seguridad para el usuario.

### **1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

- Los resultados obtenidos de esta investigación solo podrán ser aplicados luego de evaluar el suelo granular de la cantera de Sencca –Poroy con uso de la sal de maras como cloruro de sodio.
- Se realizaron exclusivamente ensayos de laboratorio.
- Se realizaron los ensayos de Proctor modificado y CBR (California Bearing Ratio) para determinar la influencia de la adición de NaCl (sal de Maras) en las propiedades mecánicas del suelo de la cantera de Sencca.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES EN EL ESTUDIO**

##### **2.1.1 En el Mundo**

**A. De Paz Roldan Jairo:** presento la tesis “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA BASE Y SUB BASE” para optar el título de ingeniero civil en la Universidad de San Carlos de Guatemala .Facultad de Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería Civil.Guatemala.Julio del 2010, proponiendo el uso del cloruro de sodio en bases y sub bases para un tratamiento adecuado de suelos para intensificar sus propiedades físicas y mecánicas (estabilización de suelos), concluyendo:

- El cloruro de sodio se debe dosificar acorde a la cantidad de material a utilizar
- Reduce la evaporación en los suelos, ya que atrapa la humedad que lo rodea y crea una capa en la parte superior de las capas compactas con sal, impidiendo que la humedad se evapore.

- La densidad seca máxima aumenta y el contenido de humedad óptimo disminuye con cada incremento con porcentaje de cloruro de sodio.

**B. De Reyes Ortiz Oscar Javier, Camacho Tauta Javier Fernando, Troncoso Rivera Juan Ricardo:** presentaron el trabajo de Investigación “USO DEL CLORURO DE SODIO EN BASES GRANULARES”. Para la Universidad Militar de Nueva Granada .Colombia.30 de Junio del 2006, en la que determinaron el efecto en las propiedades mecánicas que tiene al introducir cloruro de sodio industrial en bases granulares, las incidencias en las propiedades de la base granular se determinaron a partir de los ensayos de CBR, compresión simple y compresión diametral. La investigación inicio con la caracterización del material granular y el cloruro de sodio, posteriormente con la determinación de la humedad optima mediante el ensayo Proctor Modificado para el material en estado virgen y con la adición de NaCl. Se llegó a la conclusión:

- En la medida que se adiciones mayor porcentaje de cloruro de sodio al material granular, la humedad optima disminuye y la densidad seca máxima no presenta cambios significativos.
- La densidad seca maxima precenta cambios significativos.
- La resistencia del material granular determinada por el ensayo CBR se incrementa.

**C. De Juan Alejandro Rodríguez Lopez, Nasly Fernanda Mora Cantor:** presentaron la tesis “ANÁLISIS DEL EFECTO DE SILICATO DE SODIO EN BASES GRANULARES PARA CONTRARRESTAR LA PÉRDIDA DE CAPACIDAD DE SOPORTE POR EFECTO DE LA SATURACIÓN”, de la Universidad Distrital José Caldas .Facultad Tecnologica.Tecnologia en construcciones Civiles. Bogotá 2017, en la que analizaron el comportamiento

mecánico de una muestra de base granular al reaccionar con el químico silicato de sodio agregado en diferentes porcentajes, se halló la capacidad de soporte de la muestra de base granular sin la adición del químico, sometiéndolo a inmersión (saturación) y luego ejecutar el ensayo de CBR se llegó a la conclusión:

- Que al adicionar silicato de sodio a las muestras de base granular y realizar ensayos de CBR a cada una de ellas en condiciones secas y saturadas, se incrementó la capacidad de soporte en las muestras con adición de silicato de sodio en las dosificaciones del 23%, 46% y 69%.
- Se observó que la permanencia del agua de compactación incrementa con la adición del silicato de sodio a la muestra, debido a que este químico presenta mayor viscosidad en comparación a la del agua, generando una película de agua que retrasa la evaporación del fluido.

### 2.1.2 En el Perú

**A. De Yeltsin Edilberto Palomino Saldaña:** presento la tesis “INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016”, en la Universidad privada del Norte. Facultad de Ingeniería. Carrera de Ingeniería Civil. Cajamarca-Perú. 2016, en la que evaluaron 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, llegando a las siguientes conclusiones:

- Se incrementó 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 varía 9.69 % de la muestra patrón.

- 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%.

**B. De Gutiérrez Montes Carlos Alberto:** presento la tesis “ESTABILIZACION QUIMICA DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN EL PERU Y VENTAJAS COMPARATIVAS DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE CALCIO”. En la Universidad Ricardo Palma. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniera Civil. 2010, en la que se permite conocer las ventajas técnicas, económicas y ambientales de los productos químicos estabilizadores, estableciendo líneas de acción a seguir al momento de optar por una u otra alternativa de estabilización de una carretera no pavimentada ubicada en la costa peruana, habiendo llegado a las siguientes conclusiones:

- El Cloruro de Magnesio Hexahidratado es una sal muy Higroscópica, por lo cual funcionaria muy bien en regiones con climas secos; Por consiguiente, no es viable para la costa del Perú. (H.R. Mínima Promedio = 68%) ya que se sobrehidratria el suelo convirtiéndolo en muy resbaladizo.
- El Cloruro de Calcio con su H. R=42% se adecua mejor a las condiciones climáticas del Perú.

- Para el Cloruro de Magnesio se necesitan altas cantidades para tener altas concentraciones (28%) que a comparación del cloruro de calcio no sucede así (40%).

### **2.1.3 En el Cusco**

No se encontró información a la fecha.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Suelo**

Se define suelo como el material conformado por partículas orgánicas e inorgánicas presentes en la corteza terrestre, en ingeniería lo definimos como la superficie encargada de soportar las cargas de diversas estructuras: edificaciones, puentes, pavimentos, terraplenes, muros de contención, represas.

Para entender mejor la función del suelo como superficie en ingeniería se debe estudiar parámetros como sus propiedades físicas (materiales sólidos, líquidos (agua) y gaseosos (aire): granulometría (la distribución de las partículas que la conforman), su plasticidad, la humedad y la respuesta de esta ante esfuerzos mecánicos: resistencia al corte, la compactación.

Desde el punto de vista de la geotécnica se define el suelo como “agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) con líquido y gas en los espacios vacíos entre partículas sólidas, que se usa como material de construcción en diversos proyectos.” (Brjan.M.Das, 2013)

### **2.2.2 Clasificación de Suelos**

Para agrupar un suelo de acuerdo a sus propiedades, características y uso existen numerosos sistemas de clasificación, entre los principales están el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) que fue propuesto por Arthur Casagrande el año de 1942 y el American Association of State Highway Officials (AASTHO).

Para realizar la clasificación se tiene que realizar los ensayos de:

- Granulometría.
- Límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico).
- Índice de plasticidad.

Esta clasificación fracciona los suelos en: partículas gruesas y partículas finas.

### **2.2.3 Mejoramiento de Suelos**

La estabilización del suelo tiene como objetivo mejorar la resistencia del suelo y aumentar la resistencia al ablandamiento. El proceso más simple de estabilización que se conoce es la compactación.

Mejorar o estabilizar un suelo natural es un procedimiento en el que se optimiza sus propiedades mecánicas como su resistencia al corte, su capacidad de soporte y así evitar asentamientos irregulares en las estructuras, facilitando la ejecución de esta en obra (construcción), entre otros, dando mayor tiempo de vida útil a la obra, el mejoramiento de un suelo puede ser :

Física:

- Mezcla de suelos
- Geotextiles
- Vibroflotación

Química:

- Cloruros
- Polímeros
- Cemento
- Cal

### **2.2.4 Mejoramiento de Suelos Mediante Métodos Químicos.**

Al adicionar un químico a un suelo se mejoran sus propiedades físico-mecánicas para que la superficie tenga un buen comportamiento en el momento de su ejecución y una respuesta favorable antes las cargas que esta soportara en su desempeño de vida útil.

Entre los químicos más usados se encuentran:



**A. Cal**

Es muy efectiva para el secado de cualquier suelo con humedad. Tras el mezclado con la tierra arcillosa la cal viva absorbe el agua mediante una reacción exotérmica.

**B. Cemento Portland**

El cemento como estabilizador otorga una aceptable resistencia al suelo. El cemento se usa para estabilizar suelos arenosos y arcillosos, el cemento ayuda a incrementar la resistencia la cual crece con el tiempo de curado.

**C. Polímeros**

Son macromoléculas formadas por una o varias unidades químicas (monómeros) que se repiten a lo largo de toda una cadena. Aumenta la capacidad de soporte de carga y la resistencia al cizallamiento como una capa de desgaste, proporcionando mejor cohesión entre sus partículas, y su reducción con la vulnerabilidad al agua.

**D. Cloruro de Calcio**

El cloruro de calcio se obtiene como un subproducto en forma de salmuera en algunos procesos industriales, reduce las fuerzas de repulsión entre las arcillas, disminuye el polvo en los suelos (arcillas y limos).

**2.2.5 Cloruro de Sodio****A. Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio (NaCl)**

El cloruro de sodio es un compuesto químico cristalino y de color blanco que se halla en la naturaleza (océanos, ríos, depósitos salinos) comúnmente es conocido como sal de mesa, es un elemento higroscópico y deslicuente que absorbe el vapor de agua del medio ambiente y la humedad del aire y la disuelve en ella. La sal se forma constantemente por la acción ríos y corrientes sobre rocas que contienen cloruros y compuestos de sodio.

Su incidencia las propiedades mecánicas de carpetas granulares es favorable, ya que evita el efecto de la evaporación del agua y reduce la temperatura de congelamiento, controla la humedad en capas

granulares produciendo un incremento en su resistencia. (P.Garnica, 2002)

## B. Características Mineralógicas del Cloruro de Sodio (NaCl).

Tabla 1: Características Mineralógicas del NaCl

Categoría	Minerales Haluros
Formula Química	NaCl
Sistema Cristalino	Cubico
Color	Blanco cristalino
Dureza	2.5
Solubilidad	Agua

Fuente : Inacap -Universidad Tecnológica de Chile, 2014.

## C. Propiedades Físico-Químicas del NaCl.

Tabla 2: Propiedades Físico-químicas del NaCl

Propiedades Físicas	
Muestra	sal de cocina
Estado	solido
Apariencia	Incoloro ,inodoro(cristales finos o pulverizados)
Presión de Vapor	885°C
Densidad	2200 Kg/m <sup>3</sup> (2,2 g/cm <sup>3</sup> )
Propiedades Químicas	
Humedad	0.50%
Pureza	99%
Hierro	10 ppm
Calcio	0.20%
Magnesio	0.20%

Fuente: Quimpac Perú, Sal de Cocina Emsal, 2018.

## D. Aplicación del NaCl.

Al ser un estabilizante químico-natural modifica las propiedades físicas y químicas del suelo con lo que aumenta la resistencia a esfuerzos de tracción y compresión.

Al ser una sustancia soluble en el agua, le permite una rápida distribución interna en la masa del suelo (ocupa los espacios vacíos)

originando que el cloruro de sodio se cristalice impidiendo que haya una evaporación del agua.

Según 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. (Castillo, 2008)

Entre las formas de aplicar el cloruro de sodio al suelo tenemos:

- En grano:  
Consiste en aplicar directamente una cantidad (porcentaje) de cloruro al suelo, para que luego se homogenice con la mezcla.
- En Salmuera:  
Consiste en diluir el cloruro de sodio en el agua para luego mezclarlo con el material.

#### **E. Respuesta del Cloruro de Sodio Como Estabilizante.**

- El cloruro de sodio es de mucha utilidad en zonas donde el clima presenta problemas de congelamiento.
- Tiene mejor resultado si el suelo contiene finos.
- La capacidad de retención de humedad aumenta en suelos tratados con cloruro de sodio.
- Mejora la resistencia y cohesión de los suelos
- Otros autores evidencia 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. (Perez.A, 2002)

#### **2.2.6 Suelos Granulares.**

Un suelo granular es un suelo no cohesivo, formado por material sedimentario en el que el % de material fino (limos, arcillas) son inferiores al 35%, posee una estructura de granos aislados la cuales

no tienen adherencia, es un material denso (suelos), entre las propiedades a estudiar tenemos:

- Contenido de humedad y densidad
- Deformabilidad
- Resistencia mecánica

Las características que se debe tener en cuenta para su estudio son:

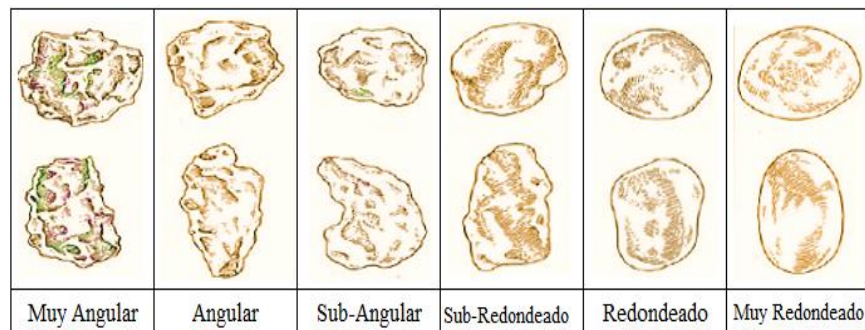
#### A. Color

#### B. Textura superficial:

- Áspero
- Liso
- Pulido

#### C. Forma:

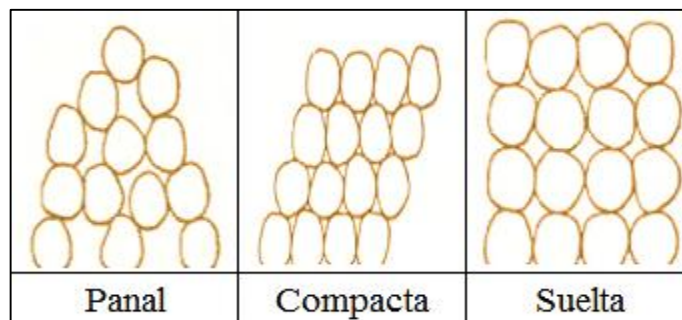
Tabla 3: Formas de la Partícula Granular



Fuente: Elaboración Propia ,2018.

#### D. Estructura:

Tabla 4: Estructura del Suelo Granular



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### 2.2.6 Compactación de suelos.

La compactación es un proceso de estabilización natural del área o superficie en la cual se aplicará una determinada carga (proceso de

densificación artificial), mediante este proceso se pretende que las partículas estén en mayor contacto unas con otras.

En suelos granulares al aplicar la compactación se produce una presión que expulsa el agua debido a la alta permeabilidad.

#### **A. Causas que influyen la Compactación:**

- El tipo del suelo
- Contenido de humedad (agua)
- Densidad seca
- Método de compactación

#### **B. Efectos de la Compactación:**

- Aumento del peso específico seco
- Incremento de la fricción y cohesión del suelo
- Reducción de la relación de vacíos
- Disminución de asentamientos (estabilización)

#### **C. Métodos de Compactación:**

Tabla 5: Métodos de Compactación

<b>MÉTODO</b>	<b>LABORATORIO</b>	<b>CAMPO</b>
Amasado	Harvard Miniatura	Rodillo
Vibratorio	Mesa Vibratoria	Rodillo Pata de Cabra
Estático	Sistemas de Pesos	Sistemas de Precarga
Impacto	Proctor Estándar Y Proctor Modificado	Su uso no es muy frecuente

Fuente: Juan C. Lagos Fernandez. Compactación de suelos, 2016.

### **2.2.7 ENSAYOS DE LABORATORIO**

#### **A. Contenido de Humedad**

El contenido de humedad es el porcentaje de agua existente en un agregado. (Relación agua –partículas sólidas), en ingeniería civil es muy importante este ensayo ya que sabremos cómo se comportará nuestro material en el lugar a construir.

Para determinar el contenido de agua en un material se requiere de un horno que mantenga una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , balanzas de precisión, recipientes o vasijas para verter el material; el recipiente debe ser resistente a la corrosión. Para muestras menores a 200gr se necesita recipientes con tapa, mientras que para muestras mayores a 200gr el recipiente debe ser sin tapa.

Dependiendo cual sea la muestra analizar, la porción representativa puede ser de acuerdo a lo establecido en las distintas normas existentes. (MTC, 2016)

Tabla 6: Cantidad de Espécimen Para Ensayo

ESPECIMEN DE ENSAYO			
TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS(PASA EL 100%)	TAMAÑO DE MALLA ESTANDAR	MASA MINIMA RECOMENDADA DE ESPECIMEN DE ENSAYO HUMEDO PARA CONTENIDOS DE HUMEDAD REPORTADOS	
		a + - 0,1%	a + - 1%
2 mm o menos	2 mm (N°10)	20 g	20 g
4.75 mm	4,760 mm (N°4)	100 g	20 g
9.5 mm	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19.0 mm	19,050 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37.5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75.0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales-MTC, 2018.

El cálculo del contenido de humedad es mediante la siguiente formula:

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

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

Ecuación 1: Contenido de Humedad

Donde:

- W = Es el contenido de humedad expresado porcentaje (%)
- Mcws = Es el peso del recipiente más el suelo húmedo, en gramos (g)
- Mcs = Es el peso del contenedor más el suelo seco en horno, en gramos (g)
- Mc = Es el peso del contenedor, en gramos (g)
- Mw = Es el peso del agua, en gramos (g)
- Ms = Es el peso de las partículas sólidas, en gramos (g)

## B. Límites de Consistencia

También conocido como límites de Atterberg sirve para definir la relación que existe entre límite líquido (LL) y plástico (LP) (solido)

de un suelo, la diferencia de estas dos da como resultado el índice de plasticidad (IP).

El objetivo de este ensayo es medir la relación de la cohesión y la humedad de un suelo.

$$IP = LL - LP$$

Ecuación 2: Índice de Plasticidad

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. (Zans, 1995)

Tabla 7: Características según el Índice de Plasticidad

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO
IP >20	Suelo muy arcilloso
20 > IP > 10	Suelos arcillosos
10 > IP > 4	Suelos Pocos Arcillosos
IP = 0	Suelos exentos de arcillas

Fuente: J.J Sanz Llano, Mecánica de Suelos, 1995.

### C. Análisis Granulométrico

La finalidad de este ensayo es saber la gradación (distribución y clasificación de partículas que conforman un suelo) la distribución de cada partícula están en base a una escala del tamaño retenidas en los tamices.

El ensayo se realiza con tamices de diferente enumeración, cada tamiz clasifica el suelo por sus características que tienen, la clasificación que se hace es de granos gruesos y de granos finos.

Uno de los métodos más usados es mediante tamizado, para el cálculo del de material retenido en cada tamiz, se usa la siguiente formula:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{W_{\text{tamiz}}}{W_1} \times 100$$

Ecuación 3: % de Retención de Material

Donde:

**W** tamiz: Peso de material retenido en cada tamiz.

**W<sub>1</sub>**: Peso de muestra secada en el horno.

#### **D. Ensayo de Proctor Modificado (Compactación)**

Se denomina compactación al proceso en el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación, el aumento de peso volumétrico es un medio no necesariamente es un fin en sí mismo. (.Castillo, 2005)

La finalidad del ensayo de Proctor modificado es El objetivo es obtener la máxima compacidad de un suelo granular mediante energía de compactación determinada, esto con la finalidad de evitar los asentamientos en la ejecución de la obra. Este ensayo es usado más en obras en donde el suelo va soportar mayor esfuerzo (aeropuertos, ferrocarriles, carreteras).

La diferencia del Proctor modificado y Proctor estándar es la energía usada en la compactación. El pisón usado para el Proctor modificado tiene un peso de 5 kilos y se deja caer a una altura de 45 cm mientras que el Proctor estándar el pisón tiene un peso 2.5 kg y se deja caer desde una altura de 30cm.

Tabla 8: Elección de Método de Compactación

PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557			
Método	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%
Tipo de Material utilizado	Pasa Malla N°4	Pasa Malla 3/8"	Pasa Malla 3/4"
N° de Capas	5	5	5
N° de Golpes	25	25	56
Diámetro de molde (cm)	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.07
Altura del Molde (cm)	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05
Volumen del Molde (cm)	944 ± 0.14	944 ± 0.14	944 ± 0.25
Peso del Martillo W (kg)	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01
Altura caída del Martillo H (cm)	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
Energía de Compactación (kg/cm <sup>3</sup> )	27.485	27.485	27.363

Fuente: ASTM D-1557,2018



### E. Ensayo CBR (California Bearing Ratio)

La finalidad de este ensayo es determinar la capacidad de soporte de suelo (la resistencia al esfuerzo cortante), el procedimiento consiste en compactar el suelo, previamente habiendo obtenido el contenido de humedad óptimo y densidad seca del ensayo de Proctor, luego es sumergido por un tiempo de 96 horas, pasado ese tiempo se extrae el molde, y lo sometemos a penetración mediante un pistón, la gráfica obtenida nos mostrara los valores de carga que soporta un suelo.

El CBR se obtiene a partir de la carga unitaria (kilos/cm<sup>2</sup>), dicha carga es la penetración que se hizo a la muestra compacta y saturada, la ecuación se expresa en:

$$\text{C.B.R.} = \frac{\text{Carga Unitaria de Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}} \times 100$$

Ecuación 4: CBR (California Bearing Ratio)

### 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- CANTERA: Deposito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras.
- SUELO GRANULAR: o friccionantes son partículas relativamente grandes, gruesas como arena, grava, limos, al ser un suelo no cohesivo las partículas no tienden a juntarse ni adherirse.
- COHESIÓN: adherencia, fuerza que une las moléculas de un cuerpo, color, olor, forma de los granos y tamaño de los granos.
- DENSIDAD: compacto, apretado, muy pesado, en relación con su volumen.
- HUMEDAD ÓPTIMA: porcentaje de agua necesaria en el momento de la compactación, previamente en un laboratorio.
- LIMITE LÍQUIDO: es el contenido de humedad correspondiente al límite entre el estado semi-líquido y plástico. Se les practican estos ensayos a los materiales que pasen la malla no. 40.

- LIMITE PLÁSTICO: es el contenido de humedad correspondiente al límite entre el estado plástico y semi-sólido.
- MUESTRA: cantidad de material necesario para realizar todas las pruebas de laboratorio y aún repetir las incorrectas o aquellas cuyos resultados son dudosos.
- MUESTRA ALTERADA: llamadas también “perturbadas”, las cuales son alteradas con el fin de mejorar sus propiedades y obtener resultados favorables para la construcción. ejemplo: aplicación de aditivos, estabilización de suelo con químicos.
- MUESTRA INALTERADA: llamadas también “no perturbadas”, las cuales se extraen cuando se necesite conocer las condiciones de estabilización del terreno “in situ” como en el estudio de taludes, capacidad de soporte de un terreno.
- MUESTRAS REMOLDEADAS: muestra cuya estructura interna ha sido alterada por manipulación durante el proceso de muestreo y transporte al laboratorio.
- COMPACTACIÓN: estabilización de un terreno, en el que se aplica esfuerzo al terreno produciendo una densificación entre sus partículas.
- PROCTOR: Ensayo de laboratorio que determina la relación entre el contenido de humedad y peso unitario.
- CLORURO DE SODIO: Compuesto químico comúnmente conocido como sal de mesa (NaCl).

## **2.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.4.1 Hipótesis General**

- A.** El cloruro de sodio (Sal de Maras) influirá significativamente en las propiedades mecánicas del suelo granular de la cantera de Sencca-cusco.

### **2.4.2 Hipótesis Específico**

- A.** El Cloruro de Sodio (Sal de Maras) varía el contenido óptimo de humedad y densidad máxima seca del suelo granular de la cantera de Sencca.

B. El cloruro de sodio incrementa el valor de CBR (California Bearing Ratio) en la compactación del suelo granular de la cantera de Sencca al 100 % y 95 % de la M.D.S de 0.1”.

## 2.5 VARIABLES DE ESTUDIO

### 2.5.1 Variable Independiente

A. Cantidad del Cloruro de Sodio (Sal de Maras).

### 2.5.2 Variable Dependiente

A. Contenido de humedad.

B. Densidad Seca Máxima.

C. Valor de CBR (California Bearing Ratio)

### 2.5.3 Operacionalización de las Variables

Tabla 9: Operacionalización de Variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLES		DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
TIPO					
INDEPENDIENTE	Influencia del Cloruro de Sodio (Sal de Maras)	Cantidad de Cloruro de Sodio (Sal de Maras)	% de Cloruro de Sodio : 0%,10%,15%,25%,35%	En relación al % del contenido de humedad óptimo	Proveta , balanza de precisión.
DEPENDIENTE	Suelo Granular de la Cantera de Sencca	Contenido de Humedad Óptimo	% del Contenido de Humedad	Ensayo de Proctor Modificado- Metodo "C"	Molde :6" de diametro
		Densidad Seca Máxima	Grado de Compactación (g/cc)		Material Empleado:
					Material que pasa la malla N° 3/4
Capacidad de Soporte (CBR)	% CBR	Ensayo CBR- Laboratorio ( California Bearing Ratio)	N° de Capas:5		
				N° de Golpes: 56	Peso Pison: 10 lb- 4.54 kg
					Altura de Caída :18" - 45 cm
					Molde : 152.4 mm de diametro.
					Peso Pison: 10 lb- 4.54 kg
					Disco Espaciador : 150.88 mm de diametro exterior , 61.37 mm de espesor.

Fuente: Elaboración Propia, 2018

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

La investigación presente titulada: “INFLUENCIA DEL CLORURO DE SODIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA DE SENCCA-POROY” fue una investigación EXPERIMENTAL-CUANTITATIVA-CORRELACIONAL.

Por el tipo:

- Es CUANTITATIVA- CONTINUA porque los valores recolectados, obtenidos fueron medidos y analizados, estableció relación de causa efecto (se asumen valores decimales en los resultados-valores numéricos).
- Es EXPERIMENTAL porque se manipulo la variable independiente sobre la variable dependiente. (Control de las variables)
- Según el enfoque fue APLICADA (activa o dinámica) porque se propuso una método de estabilización del suelo granular usando cloruro de sodio. Según el lugar fue INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO porque la

investigación fue realizada en un laboratorio para su posterior análisis de datos en gabinete.(metodología experimental)

- Según el periodo fue TRANSVERSAL porque la tesis fue hecha en un determinado tiempo (estudio de las variables en un tiempo determinado)

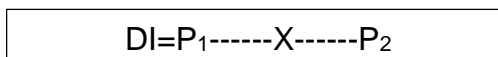
Por el nivel:

- Es CORRELACIONAL porque las variables de estudio dependen una de la otra (el material granular actuara de diferente manera en función del cloruro de sodio.)

### 3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- Por el propósito del estudio el diseño fue EXPERIMENTAL ya que se tuvo manejo de la variable independiente, pudimos comprobar y observar sus efectos en la variable dependiente.
- Por la cronología de la observación fue PROSPÉCTIVA por tener el control de las variable independiente y lo equipos con los que se trabajó.
- Por el número de mediciones fue TRANSVERZAL por realizarse más de una medición por que describió el estudio en un tiempo determinado.

Tabla 10: Diseño de Investigación



Fuente: Elaboración propia, 2018.

- DI=Diseño de Investigación.
- P<sub>1</sub>=Muestra de inicio o muestra patrón.
- X=Aplicación del Cloruro de Sodio.
- P<sub>2</sub>=observación de cambios originados por el cloruro de sodio al aplicar a la muestra de inicio.

### 3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El método que se usó en la presente investigación fue EXPERIMENTAL, porque se analizó la variable y medio el efecto de la variable independiente (Cloruro de Sodio) sobre la variable dependiente (suelo Granular de la

Cantera de Sencca; densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad del suelo)

Para el análisis EXPERIMENTAL de las variables se desarrollaron con los siguientes ensayos y normas:

- Ensayo de contenido de humedad: N.T.P 339.127/MTC E108
- Ensayo de límites de consistencia:
  - Limite líquido: N.T.P 339.129/MTC E 110
  - Limite plástico: N.T.P 339.127/MTC E 111
- Análisis granulométrico por tamizado: N.T.P 339.128/MTC E 107
- Clasificación de suelos:
  - Sucs: N.T.P 339.134
  - Aastho: aastho M-145
- Ensayo de Proctor modificado (compactación): N.T.P 339.141/MTC E 115
- Ensayo CBR (California Bearing ratio):N.T.P 339.145/MTC E 132

### **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.4.1 Población**

La población de la investigación fue el suelo granular de la cantera de Sencca –ubicado en la comunidad campesina de Sencca-distrito de Poroy –Cusco.

#### **3.4.2 Muestra**

La muestra fue el suelo granular obtenida de la Cantera del Sector de Sencca – Distrito de Poroy-Provincia del Cusco-Departamento del Cusco.

### **3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.5.1 Técnicas**

La técnica que se usó para la recopilación de la información fue la de OBSERVACIÓN EXPERIMENTAL y FICHAJE; porque se vio el fenómeno del efecto del cloruro de sodio en el material del suelo granular de la cantera de Sencca, para que posteriormente se

registraran en fichas para el almacenaje de la información y su futuro análisis.

### **3.5.2 Instrumentos**

Los instrumentos que se utilizaron fueron la LOS ENSAYOS DE LABORATORIO y FICHA DE OBSERVACIÓN DIRECTA donde se recolecto, registro los datos que estuvieron referidos al objetivo específico en el que se determinó las variables específicas

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 EJECUCIÓN**

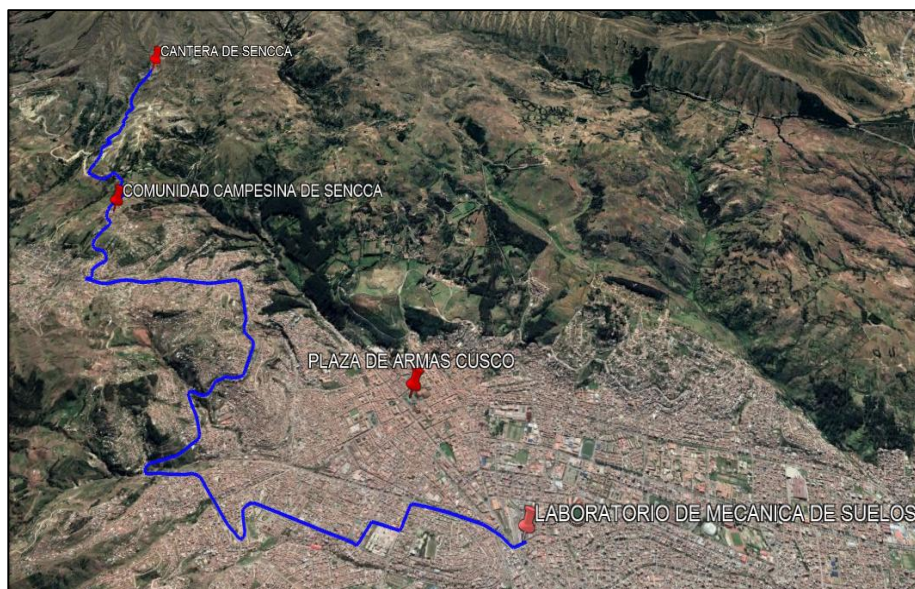
En la presente tesis de investigación se determinó cuál fue influencia del cloruro de sodio (NaCl- Sal de Maras) en el contenido óptimo de humedad, en la máxima densidad seca y en el CBR (California Bearing Ratio) en el suelo granular de la cantera de Sencca del distrito de Poroy-Provincia del Cusco. Los porcentajes de cloruro de sodio con los que se trabajo fue 0%,10%,15%,25%,35%.

Para dicha investigación se realizaron los ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de consistencia para que posteriormente determinemos la clasificación del suelo, luego se procedió a realizar el ensayo de Proctor Modificado (laboratorio) en la muestra patrón como con las muestras a las cuales se añadió porcentajes de cloruro de sodio (0%10%,15%,25%,35%) obteniéndose el contenido de humedad y la máxima densidad seca.



Habiendo obtenido los contenidos óptimos de humedad, se procedió a realizar el ensayo de CBR (California Bearing Ratio) en la muestra patrón (natural) como en las muestras dosificadas con cloruro de sodio para determinar la influencia de estas en el valor de CBR del suelo granular de la cantera de Sencca.

Grafico 1: Ubicación de la Cantera de Sencca.



Fuente: Google Earth ,2018.

## 4.2 TRABAJO EN CAMPO

Para ejecutar nuestro trabajo en campo se cumplieron previamente con las epp de seguridad, se hizo uso del chaleco, casco, zapatos punta de acero, casco y guantes.

### 4.2.1 Extracción la Muestra

La visita se realizó el día 5 de junio del presente año 2018.

#### A. Ubicación de la Cantera

- Ubicación; comunidad campesina de Sencca
- Distrito: Poroy
- Provincia: Cusco
- Departamento: cusco
- Altitud: 3919 m.s.n.m
- Longitud: 72°00'30''
- Latitud: 13°28'51''

- Distancia del laboratorio de Mec. De Suelo a la Cantera: 11.7KM

#### **B. Reseña de la Cantera**

- Por el tipo de explotación: Cantera a cielo abierto (ladera – se arranca de las faldas del cerro)
- Según el material a explotar: De material no consolidado (agregados con presencia de arcillas rojas.)
- Según su origen: Cantera de roca.
- Uso: el uso que se le da es como material de subrasante en estado natural.
- Situación legal: administrada por la comunidad campesina de Sencca, actualmente la cantera de está siendo explotada por la comunidad campesina de Sencca. Entre los usuarios más frecuentes de dicha cantera esta la Municipalidad del Cusco, Municipalidad de Wanchaq y la Municipalidad de Santiago

#### **C. Características Físico- Visuales**

- Color: gris
- Textura: áspera
- Forma: angular
- Estructura: suelta

#### **D. Extracción y transporte**

Se obtuvieron muestra tipo MAB, luego fueron transportadas el laboratorio de mecánicas de suelos.

Grafico 2: Cantera de Sencca.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### 4.3 TRABAJO EN LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

La muestra fue llevada a un laboratorio particular de mecánica de suelos donde se realizó su análisis, el alquiler del laboratorio fue la empresa “LAYBEM: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS-PAVIMENTO-CONCRETO.” en donde se realizó los ensayos con la muestra granular de la cantera de Sencca, en esta etapa también se cumplió con los requisitos de seguridad con el uso del guardapolvos, guantes, lentes, barbijo, casco y zapatos punta de acero.

Fotografía 1: Epp de Seguridad en Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

#### 4.3.1 Análisis y Ensayos de Laboratorio: Muestra Patrón

Extraído el material se procedió a llevar al laboratorio para sus respectivos análisis, características del material granular mediante los

ensayos de laboratorio, el lugar donde realice y ejecute los ensayos fue un laboratorio de Mecánica de Suelos Particular.

### **A. Ensayo de Contenido de Humedad**

Se procedió a realizar el ensayo de acuerdo a lo establecido en las siguientes normas:

MTC E 108

N.T.P 339.127

ASTM D2216

#### **1) Material utilizado:**

- Muestra tipo MAB extraída de la cantera.

#### **2) Equipos y herramientas:**

- Horno de secado
- Recipiente para el secado (aluminio)
- Balanza con aproximación de 0.1 gr (muestra mayor a 200gr)

#### **3) Procedimiento**

- Se procedió a extraer manualmente la muestra inalterada.
- Se llevó inmediatamente al laboratorio para que no ocurra una pérdida significativa de humedad de la muestra.
- Después de seleccionar la cantidad mínima, se procedió a pesar un recipiente y el material húmedo en una balanza, cuyos valores fueron registrados.
- Se colocó el material húmedo con el recipiente en el horno, la temperatura de secado en el horno fue a  $110 \pm 5$  °C.
- Después de 24 horas de secado se retiró el recipiente con la muestra, se esperó a que enfrié para poder manipularlo, inmediatamente después se determinó el peso del contenedor y material, cuyos valores fueron registrados.

### **B. Ensayo de Análisis Granulométrico**

El ensayo de análisis granulométrico se realizó para determinar la gradación de los materiales, la distribución de las partículas que

conforman un suelo, se procedió a realizar siguiendo lo establecido en el marco legal:

MTC E 107

N.T.P 339.128

ASTM D-422

AASHTO T 27-88

### 1) Material utilizado

- Muestra seca (previamente el suelo húmedo, se puso a la intemperie para su secado)

### 2) Equipos y herramientas:

- Lona para el cuarteo manual.
- Pala para realizar manualmente el cuarteo
- Balanza con aproximación de 0.1 gr para los materiales retenidos en la malla N°4
- Balanza con aproximación de 0.01 g para pesar el material que pasa la malla N°4.
- Juego de tamices de malla cuadrada:
- Bandeja, recipientes metálicos.
- Brocha y cepillo para la limpieza de los tamices.

### 3) Procedimiento

- Se realizó el secado de manera natural (intemperie) del material.
- Con la muestra seca, se procedió a verter el material en la lona para evitar que la muestra se contamine con sustancias extrañas y halla perdida de esta, se realizó el proceso de cuarteo manual del material con la pala, mediante este proceso homogenizamos el material (gruesos y finos).
- Seguidamente se pesó le muestra a tamizar, primero se tamizo por fracción retenida, para lo cual se usaron las mallas de 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", ⅜", ¼" hasta la malla N°4, se tamizo la muestra seca. Se procedió a pesar las fracciones retenidas en cada tamiz en la balanza con precisión de 0.1gr.

- Para el análisis granulométrico de la fracción fina se realizó mediante lavado de muestra, previamente se pesó y lavo por el tamiz N°200, una vez lavada la muestra se llevó al horno y se dejó secar a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Una vez retirada del horno se esperó a que enfrié, para pesarlo y tamizarlos por las mallas N°8, N°10, N°16, N°30, N°40, N°50, N°100, N°200.
- Al final los resultados fueron registrados para su debido proceso.

### **C. Ensayo de Límites de Consistencia**

#### **• Ensayo del Limite Líquido**

Es la humedad en el que un suelo se encuentra entre el estado plástico y el estado líquido, el procedimiento se ejecutó de acuerdo a las siguientes normas:

MTC E 110

N.T.P 339.129

ASTM D-4318

AASHTO T-89

#### **1) Material utilizado:**

- Material tamizado por la malla N° 40.
- Equipos y herramientas:
  - Tamiz N° 40.
  - 3 Capsulas de aluminio.
  - Recipiente de porcelana.
  - Balanza con precisión de 0.01gr.
  - Ranurador.
  - Copa de Casagrande.
  - Espátula.

#### **2) Procedimiento:**

- Se procedió a tamizar el material por la malla N° 40, obteniéndose 300 gr para el ensayo.

- Se saturó el material, luego se mezcló por un tiempo de 15 minutos.
- Antes de proceder al ensayo se verificó que la copa de Casagrande estuviera calibrada.
- Ya con la mezcla bien homogenizada se colocó la pasta en la cuchara de la copa, se usó la espátula para esparcirla, luego se pasó el Ranurador, y se procedió a girar la manija del instrumento haciendo caerla registrando el número de golpes hasta que la ranura se cierre de nuevo; este proceso se repitió para obtener los 3 valores para determinar el contenido de humedad y el número de golpes.
- Después de cerrar la ranura, se tomó una porción de la muestra que está en la cuchara de Casagrande, previamente se anotó el código de cada envase, se puso la muestra en un recipiente, se pesó y llevó al horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Se retiró la muestra del horno y se pesó el contenido del recipiente con una balanza de precisión de 0.01gr.
- Este proceso se realizó tres veces.

#### • **Ensayo del Límite Plástico**

Es el contenido de humedad en el que un suelo se halla entre el estado semisólido y el estado plástico, la ejecución se realizó de acuerdo a lo establecido en las normas:

MTC E 111

N.T.P 339.129

ASTM D-4318

AASHTO T-90

#### 1) Material utilizado

- Material tamizado por la malla N° 40.
- Equipos y Herramientas:
  - Tamiz N°40.
  - Horno
  - Recipientes para determinar la humedad de las muestras.
  - Superficie de rodadura (vidrio grueso).

- Balanza con aproximación a 0.01gr.

## 2) Procedimiento

- Anotamos el código de cada envase, pesamos los envases vacíos.
- Con el material restante del límite líquido (la mezcla que hicimos anteriormente), rodamos la maza entre la base de vidrio y la palma de la mano hasta obtener un hilo de diámetro uniforme a una velocidad de 80 a 90 ciclo por minuto
- Realizamos este procedimiento hasta que el hilo alcance un diámetro de 3mm a 3.2mm lo cual no debe tomar más 2 minutos.
- Cuando el hilo obtiene un diámetro de 3mm y no se desmoronado, lo rompemos en 6 u ocho pedazos para formar de nuevo una maza elipsoidal, realizamos de nuevo el procedimiento hasta que se desmorone con dicho diámetro (3.2mm)
- Efectuamos hasta que el hilo se rompa en 3 pedazos (3mm) u obtenemos los 3.2 mm.
- Echo esto procedemos a ponerlo en cada tapa del recipiente, lo llevamos al horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Después de 24 horas retiramos la muestra y los pesamos en una balanza de precisión de 0.01 gr.
- Este proceso se repitió 2 veces.

## **D. Ensayo de Compactación de Suelo usando Energía modificada (Proctor Modificado) (MTC, 2016, pág. 105)**

Se ejecutó el ensayo de Proctor Modificado para determinar el contenido de humedad óptimo como la máxima densidad seca (peso específico seco), se ejecutó siguiendo lo establecido en las normas:

MTC E115  
N.T.P 339.141  
ASTM D 1557  
AASHTO T 180



Se realizó el ensayo, cada ensayo con 4 puntos.

Este ensayo patrón se realizó sin adición de cloruro de sodio

**1) Equipos y herramientas:**

- Balanza digital de 20 Kg con precisión de 0.1gr.
- Molde de Proctor modificado.
- Badilejo
- Martillo de goma
- Bolsas plásticas
- Recipientes
- Pisón de sección circular con un peso de 4.54 Kg.
- Sal de Maras (Cloruro de Sodio)
- Probeta de 1000 ml.

**2) Procedimiento:**

- Se usó el método “**C**”
- Se empleó 6 Kg por punto (4 puntos en total).
- Se procedió a mezclar el material, con sus respectivos porcentajes de agua, hasta observar que el material presento una adecuada compacidad.
- Para cada punto se incrementó el agua de 2% en 2% hasta obtener el contenido de humedad óptimo.
- Ya con el material más el % de agua añadido en cada punto, se procedió a colocarlo en bolsas plásticas para su saturación.
- Se pesó el molde de Proctor modificado (no se pesó el collarín y el disco espaciador), estos datos fueron registrados al igual que el volumen del molde,
- Para la ejecución del ensayo de coloco el disco espaciador en la base y el collarín del molde, se puso el papel filtro para agregar el material dentro del molde y se comenzó a realizar la compactación con el pisón.
- La compactación con el pisón fue de 56 golpes por capa (5 capas por punto).

- Se retiró el collarín del molde de compactación y se engrasó el material del molde con la ayuda de un badilejo y comba de goma.
- Pesamos el molde y se tomó una muestra para determinar el contenido de humedad.
- Los datos registrados fueron para obtener la relación de la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo.

### **E. Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR-California Bearing Ratio)**

Mediante el ensayo CBR se midió la relación geométrica entre la carga que resiste el material en este caso el suelo granular bajo condiciones de humedad y densidad dadas, este índice se usa para determinar la capacidad de soporte del suelo en la subrasante y capas de base, subbase y afirmado.

El ensayo se realizó de acuerdo a lo establecido en la norma:

MTC E 132

N.T.P 339.145

AASTM D-1883

AASHTO T-193

Se realizó el ensayo de acuerdo al contenido de humedad óptimo obtenido previamente en el ensayo de Proctor Modificado.

#### **1) Equipos y Herramientas**

- 3 moldes de C.B.R: cada molde consta de:
- 3 Discos espaciadores
- 3 Sobrecargas saturadas
- 3 Sobrecargas anulares
- 3 Bases perforadas
- 3 collares
- 3 placas con vástagos
- 3 diales de expansión
- Probeta de 1000 ml
- Pisón de Proctor Modificado

- Comba de goma
- Badilejo
- Balanza de Precisión de 1gr
- 3 juegos de taras para cada molde
- Papel filtro

## 2) Procedimiento

- Por ensayo de CBR se usó 3 moldes.
- Se preparó la muestra con el contenido de humedad óptimo obtenido del ensayo de Proctor Modificado.
- Procedí a colocar en una bolsa la muestra saturada, este proceso se repitió para los 2 moldes restantes.
- Se pesó el molde con la base, se calculó el volumen del molde, se procedió a compactar el material en 5 capas, por capa se dio primero 12 golpes, este proceso se repitió para los siguientes moldes con 25 y 56 golpes por capa respectivamente.
- Finalizada la compactación procedemos a retirar el collarín y enrasamos la muestra, se desmonta el molde, se volvió a montar, pero esta vez de manera invertida, retiramos el disco espaciador, cabe resaltar que se puso papel filtro en la base. Lo pesamos y dichos valores fueron registrados.
- Pesado el molde con el material, se colocó la placa perforada y los anillos para que produzcan presión en el material
- Se sumergió el molde en agua con las sobrecargas por 4 días, se colocó el dial, tomamos la primera lectura, repetimos este proceso los días que estuvo sumergido anotando la expansión, la hora y la fecha
- Finalizó los 4 días, se retiró los moldes del agua, las sobrecargas y lo dejamos drenar por 20 minutos
- Se volvió a colocar las sobrecargas en cada molde para llevarlo a la prensa hidráulica y se procedió a ejecutar la penetración, registrando cada lectura, para que luego se trabaje gabinete.

Fotografía 2: Moldes de CBR



Fuente: Elaboración Propia ,2018.

#### **4.3.2 Análisis y Ensayos de Laboratorio: Muestra con Cloruro de Sodio (Sal de Maras)**

##### **A. Ensayo de Compactación de Suelo usando Energía Modificada (Proctor Modificado)**

Se ejecutó el ensayo de Proctor Modificado para determinar el contenido de humedad óptimo como la máxima densidad seca, se ejecutó siguiendo lo establecido en las normas:

MTC E115

N.T.P 339.141

ASTM D 1557

AASHTO T 180

Se realizó 4 ensayos de Proctor modificado con adición de cloruro de sodio en distintos porcentajes, cada ensayo con 4 puntos.

##### **1) Equipos y herramientas:**

- Balanza digital de 20 Kg con precisión de 0.1gr.
- Molde de Proctor modificado.
- Badilejo
- Martillo de goma
- Bolsas plásticas
- Recipientes

- Pisón de sección circular con un peso de 4.54 Kg.
- Sal de Maras (Cloruro de Sodio)
- Probeta de 1000 ml.

## **2) Procedimiento**

- Se usó el método “C”,
- 6 Kg por punto (4 puntos en total)
- Se aplicó el cloruro de sodio en gramos de acuerdo al porcentaje de agua y cantidad de material (ml) que se usó por punto para el molde de Proctor.
- Se procedió a mezclar el material, tantos finos como gruesos con sus respectivos porcentajes de agua Y Cloruro de Sodio, hasta observar que el material presento una adecuada compacidad.
- Para cada punto se incrementó el agua de 2% en 2% hasta obtener el contenido de humedad óptimo.
- Ya con el material más el porcentaje de agua y cloruro de sodio agregado añadido en cada punto, se procedió a colocarlo en bolsas plásticas para su saturación.
- Se pesó el molde de Proctor modificado (no se pesó el collarín y el disco espaciador), estos datos fueron registrados al igual que el volumen del molde,
- Para la ejecución del ensayo de coloco el disco espaciador en la base y el collarín del molde, se puso el papel filtro para agregar el material dentro del molde y se comenzó a realizar la compactación con el pisón.
- La compactación con el pisón fue de 56 golpes por capa (5 capas por punto).
- Se retiró el collarín del molde de compactación y se enraso el material del molde con la ayuda de un badilejo y comba de goma.
- Pesamos el molde y se tomó una muestra para determinar el contenido de humedad.

Este proceso se repitió para las distintas dosificaciones con cloruro de sodio (10%,15%,25%,35%) de acuerdo al porcentaje de agua.

### **B. Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR-California Bearing Ratio)**

Mediante el ensayo CBR se midió la relación geométrica entre la carga que resiste el material en este caso el suelo granular bajo condiciones de humedad y densidad dadas, este índice se usa para determinar la capacidad de soporte del suelo en la subrasante y capas de base, subbase y afirmado.

El ensayo se realizó de acuerdo a lo establecido en la norma:

MTC E 132

N.T.P 339.145

ASTM D-1883

AASHTO T-193

Se realizó el ensayo de acuerdo al contenido de humedad óptimo obtenido previamente en el ensayo de Proctor Modificado.

#### **1) Equipos y Herramientas**

- 3 moldes de CBR.
- 3 Discos espaciadores
- 3 Sobrecargas saturadas
- 3 Sobrecargas anulares
- 3 Bases perforadas
- 3 collares
- 3 placas con vástagos
- 3 diales de expansión
- Probeta de 1000 ml
- Pisón de Proctor Modificado
- Comba de goma
- Badilejo
- Balanza de Precisión de 1gr
- 3 juegos de taras para cada molde

#### **2) Procedimiento:**

- Se realizaron 4 ensayos de CBR con distintos porcentajes de Cloruro de Sodio (10%,15%,25%,35%)
- Por ensayo de CBR se usó 3 moldes.
- Se preparó la muestra con el contenido de humedad óptimo obtenido del ensayo de Proctor Modificado.
- De acuerdo al porcentaje del contenido óptimo de humedad Y la cantidad del material se agregó porcentajes de cloruro de sodio al agua para mezclarlo con el material.
- Procedimos a colocarlo en una bolsa para que la muestra se sature, este proceso se repitió para los 2 moldes restantes.
- Pesamos el molde con la base, se calculó el volumen del molde, se compacto el material en 5 capas, por capa se dio primero 12 golpes, este proceso se repitió para los siguientes moldes con 25 y 56 golpes por capa respectivamente.
- Finalizada la compactación procedemos a retirar el collarín y enrasamos la muestra, se desmonta el molde, se volvió a montar, pero esta vez de manera invertida, retiramos el disco espaciador, cabe resaltar que se puso papel filtro en la base, lo pesamos, dichos valores fueron registrados.
- Pesado el molde con el material, se colocó la placa perforada y los anillos para que produzcan presión en el material.
- Se sumergió el molde en agua con las sobrecargas por 4 días, se colocó el dial, tomamos la primera lectura, repetimos este proceso los días que estuvo sumergido anotando la expansión, la hora y la fecha
- Finalizado los 4 días, se retiró los moldes del agua, las sobrecargas y lo dejamos drenar por 20 minutos
- Se volvió a colocar las sobrecargas en cada molde para llevarlo a la prensa hidráulica y se procedió a ejecutar la penetración, registrando cada lectura, luego se procedió a su análisis de datos en gabinete.

#### 4.4 TRABAJO EN LABORATORIO QUÍMICO: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE CLORURO DE SODIO, DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA DE SENCCA Y AGUA POTABLE.

Se ejecutó los análisis físico-químicos de los materiales usados en la investigación como es el material granular extraído de la cantera de Sencca, el cloruro de sodio que en este caso fue la sal de maras y el agua potable que se usó para los respectivos ensayos. Dichos análisis fueron ejecutados en entidades particulares, la finalidad del análisis es para saber cuáles son las características y agentes que conforman nuestras variables.

##### 4.4.1 Material Granular.

Tabla 11: Análisis Físico-químico suelo granular de la cantera de Sencca.

Ph	8.05
Cloruros ppm	58.4
Sulfatos ppm	216.12
Alcalinidad ppm NaHCO <sub>3</sub>	157.4
Materia Orgánica %	1.4
Sales Solubles totales ppm	555.6

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

##### 4.4.2 Sal de Maras (Cloruro de Sodio).

Tabla 12: Análisis Físico-químico del NaCl

Humedad %	0.72
Pureza %	96.6
Calcio %	0.27
Magnesio	0.19
Sulfatos %	0.24
Carbonatos %	0.13
Materia Nitrogenada %	ausente
Hierro ppm	7.2
Materia Insolubles %	1.25

Fuente: Elaboración Propia ,2018.

##### 4.4.3 Agua Potable

Tabla 13: Análisis Físico-químico del Agua Potable

Ensayos	Unidad	Resultados
Ph <sup>R</sup>		7,66
Turbiedad (*)	NTU	1,82
Color(*)	UCV	5
Conductividad(*9	us/cm	1442,5
Dureza Total(*)	mgCaCO <sub>3</sub> /L	133,18
Dureza Cálcica(*)	mgCaCO <sub>3</sub> /L	130,67
Sulfatos (*)	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	199,45
Cloruros CL(*)	mg CL/L	168,95
Alcalinidad Total(*)	ppm	164,00

Fuente: Elaboración Propia ,2018.

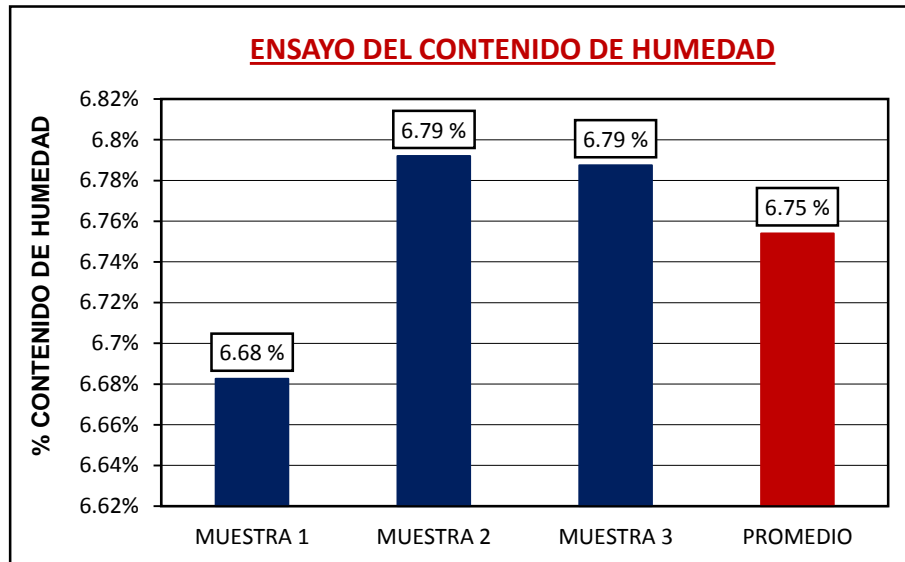


## 4.5 RESULTADOS

Habiendo finalizado los ensayos de laboratorio y realizado el procesamiento de datos en gabinete, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

### 4.5.1 Ensayo de Contenido de Humedad

Grafico 3: Ensayo de Contenido de Humedad



Fuente: Elaboración Propia ,2018.

Contenido de humedad: 6.75%

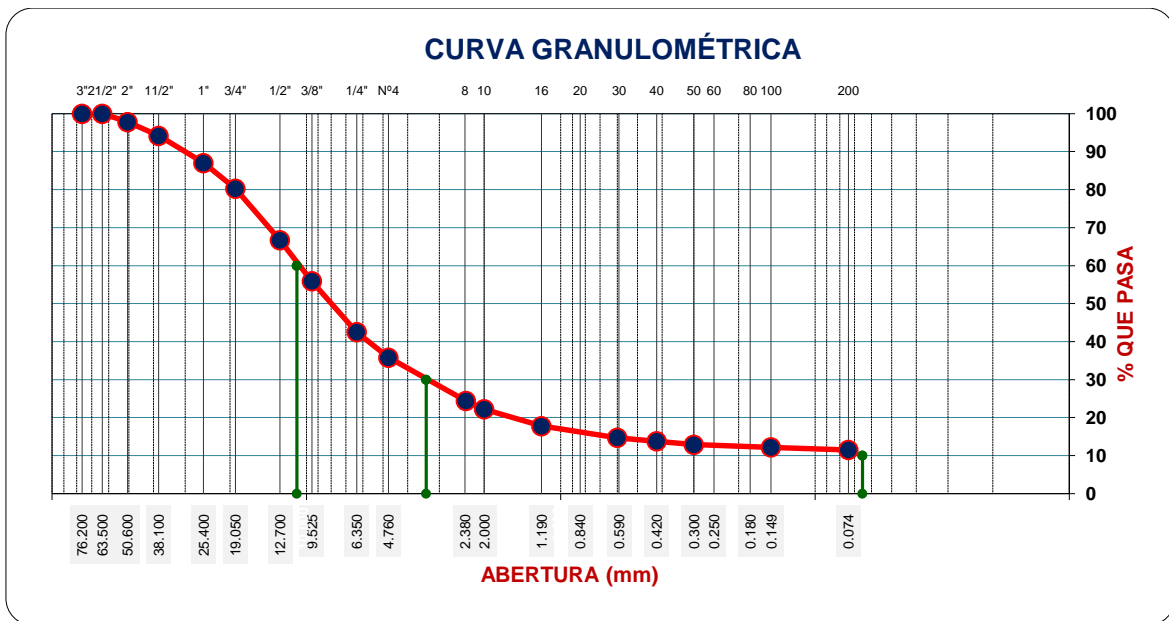
### 4.5.2 Ensayo de Análisis Granulométrico

Tabla 14: Material retenido en los tamices.

Malla		Peso	% Ret	% Ret	% que
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa
3"	76.200				100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0	0.0	100.0
2"	50.600	329.0	2.2	2.2	97.8
1 1/2"	38.100	545.9	3.6	5.8	94.2
1"	25.400	1095.4	7.2	13.0	87.0
3/4"	19.050	1015.3	6.7	19.7	80.3
1/2"	12.700	2065.4	13.6	33.3	66.7
3/8"	9.525	1641.8	10.8	44.1	55.9
1/4"	6.350	2036.1	13.4	57.5	42.5
No4	4.760	1019.9	6.7	64.2	35.8
8	2.360	122.2	11.4	75.6	24.4
10	2.000	23.5	2.2	77.8	22.2
16	1.190	47.7	4.4	82.2	17.8
30	0.600	33.5	3.1	85.3	14.7
40	0.420	9.2	0.9	86.2	13.8
50	0.300	9.9	0.9	87.1	12.9
100	0.149	7.9	0.7	87.8	12.2
200	0.074	7.8	0.7	88.5	11.5
< 200		123.3	11.5	100.0	

Fuente: Elaboración Propia ,2018.

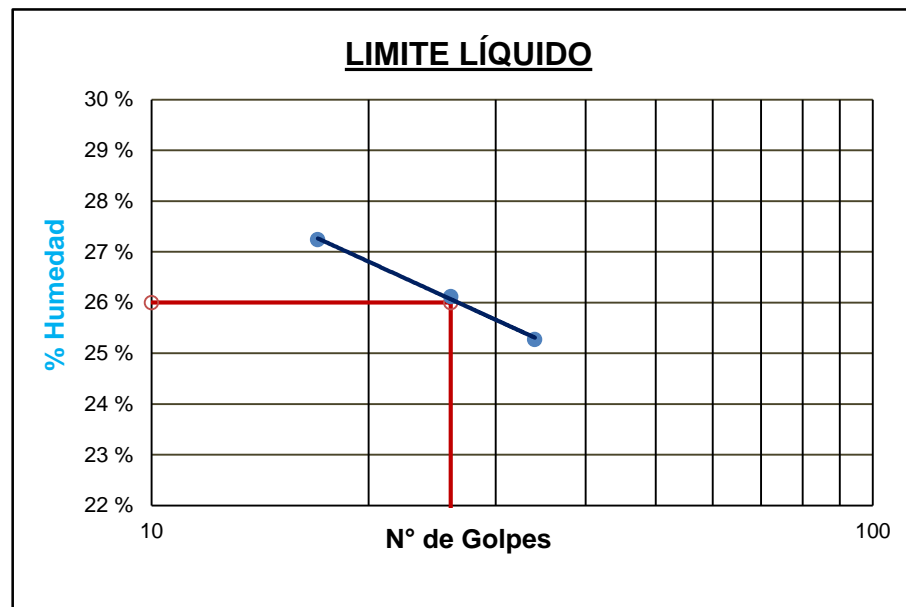
Gráfico 4: Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración Propia ,2018.

### 4.5.3 Ensayo de Límites de Consistencia

Gráfico 5: Determinación del límite líquido.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Límite plástico: 26%
- Límite líquido: 16.5 %
- Índice de plasticidad: 9.5%

Con relación a su índice de plasticidad clasificamos este suelo como poco arcilloso.

#### 4.5.4 Clasificación de Suelos

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Grafico 6: Clasificación de suelos S.U.C.S

Clasificación de Suelos				
S.U.C.S	GRAVAS	Gravas Limpias	<b>GP</b>	Gravas Mal Graduadas
		Gravas con Finos	<b>GC</b>	Gravas Arcillosas

Fuente: Elaboración Propia ,2018.

Tabla 15: Clasificación aastho

<b>CLASIFICACIÓN GENERAL</b>	<b>Suelo Granular</b>	Pasa menos del 35 % por el tamiz n°200
<b>GRUPO</b>	<b>A-2</b>	
<b>SUB-GRUPO</b>	<b>A-2-4</b>	
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)</b>		
#10		
#40		
#200	<b>≤ 35</b>	
<b>ESTADO DE CONSISTENCIA</b>		
<b>LIMITE LIQUIDO</b>	<b>≤ 40</b>	
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	<b>≤ 10</b>	
<b>ÍNDICE DE GRUPO</b>	<b>0</b>	
<b>TIPO</b>	Gravas y arenas limosas o arcillosas	
<b>CALIDAD</b>	Excelente a Buena	

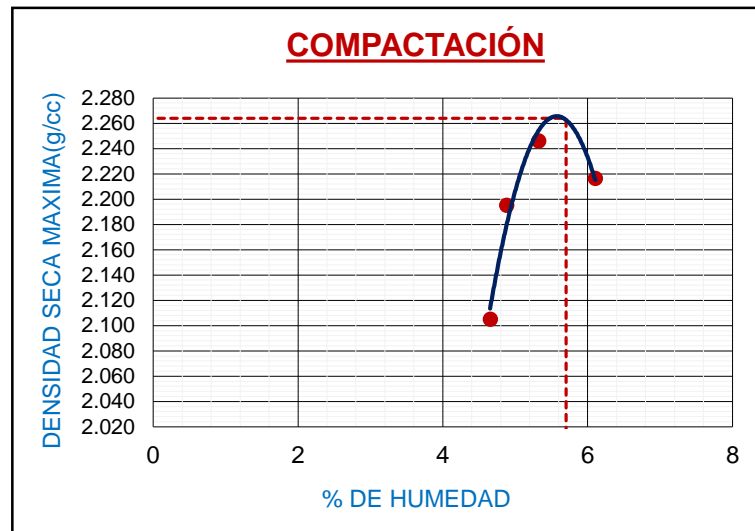
Fuente: Elaboración Propia, 2018

#### 4.5.5 Ensayo de Proctor Modificado (Compactación)

##### A. Proctor Modificado sin Cloruro de Sodio

El resultado de la relación del contenido de humedad con la máxima densidad seca fue la siguiente:

Grafico 7: Proctor Modificado Muestra Patrón



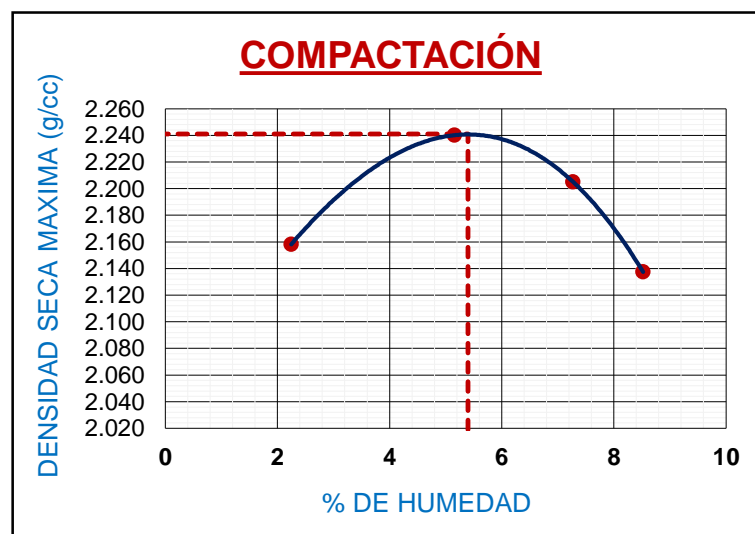
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

- Contenido de humedad óptimo: 5.7 %
- Densidad máxima seca: 2.264 g/cc

##### B. Proctor modificado con Adición de Cloruro de Sodio (Sal de Maras)

###### I. Material Granular con 10% de Cloruro de Sodio (Sal de Maras)

Grafico 8: Proctor Modificado -10% de NaCl

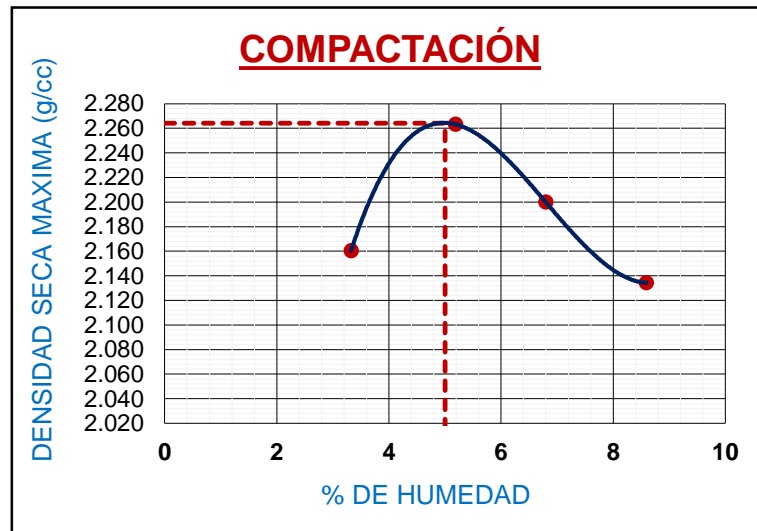


Fuente: Elaboración Propia, 2018.

- Contenido de humedad optimo: 5.4%
- Densidad Máxima Seca: 2.241 g/cc

## II. Material granular con 15% de cloruro de sodio (Sal de Maras)

Grafico 9: Proctor Modificado -15% de NaCl

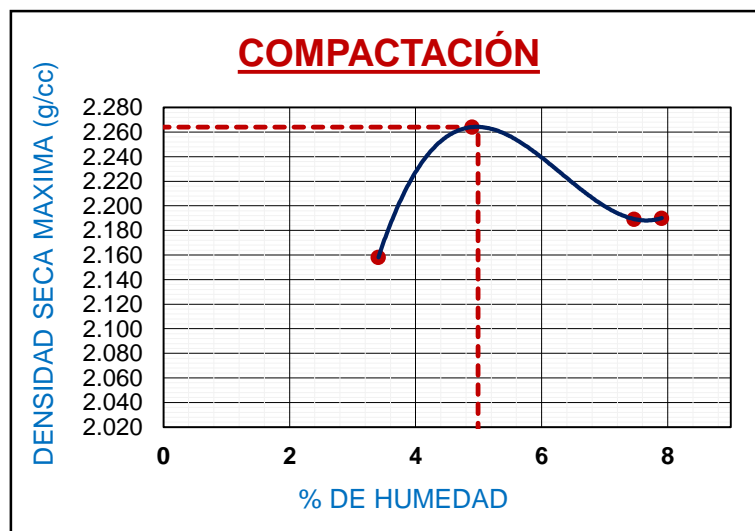


Fuente: Elaboración Propia ,2018.

- Contenido de humedad optimo: 5%
- Densidad máxima seca: 2.264 g/cm<sup>3</sup>

## III. Material granular con 25% de cloruro de sodio (sal de maras)

Grafico 10: Proctor Modificado-25%de NaCl

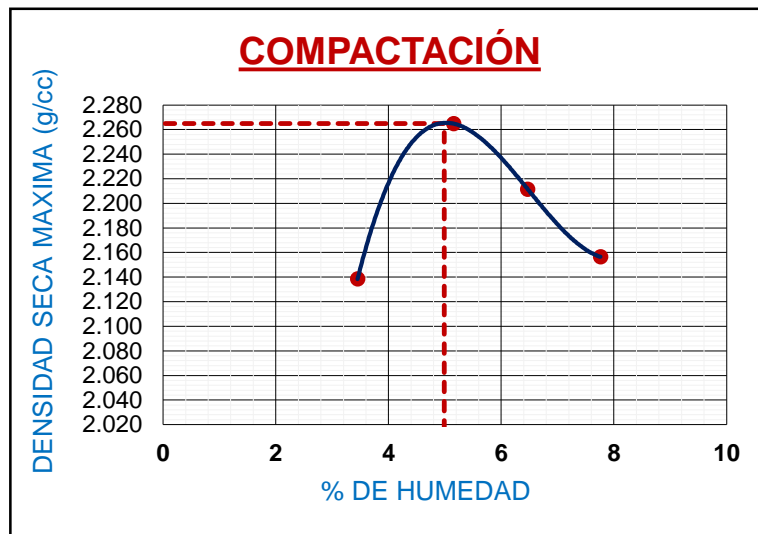


Fuente: Elaboración Propia ,2018.

- Contenido de humedad optimo: 4.99 %
- Densidad máxima seca: 2.264 g/cc

## IV. Material granular con 35% de cloruro de sodio (sal de maras)

Grafico 11: Proctor Modificado -35% de NaCl



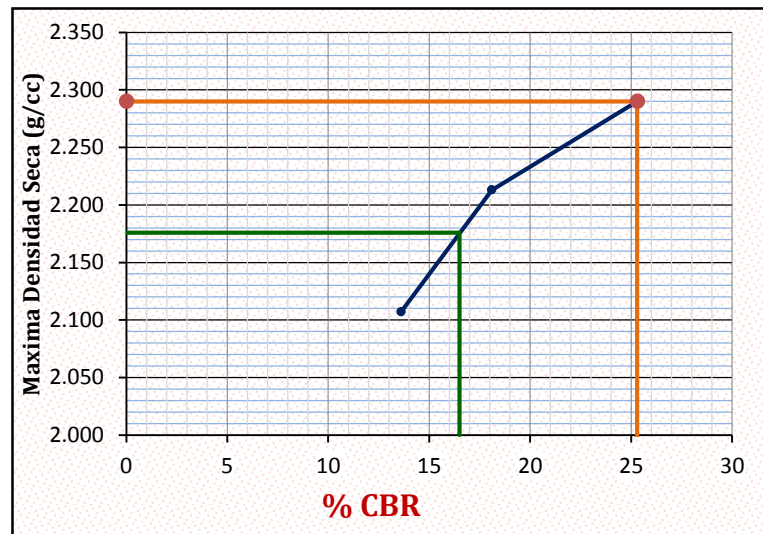
Fuente: Elaboración Propia ,2018.

- Contenido de humedad óptimo: 4.99%
- Densidad máxima seca: 2.265 g/cc

#### 4.5.6 Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)

##### A. Ensayo CBR (California Bearing Ratio)-Muestra Patrón.

Grafico 12: Ensayo CBR / 0% de NaCl



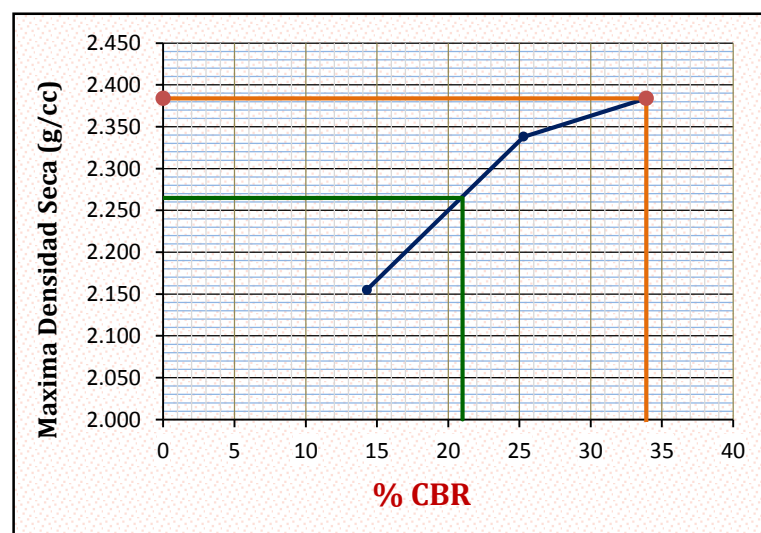
Fuente: Elaboración Propia ,2018.

- Máxima Densidad Seca (M.D.S) : 2.290 g/cc
- 95 % de la M.D.S: 2.176 g /cc
- CBR (100% M.D.S) 0.1": 25.3 %
- CBR (95% M.D.S) 0.1": 15.5 %

##### B. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)-Muestra con Cloruro de Sodio (Sal de Maras).

###### I. CBR con 10% de NaCl

Grafico 13: Ensayo CBR / 10 % de NaCl



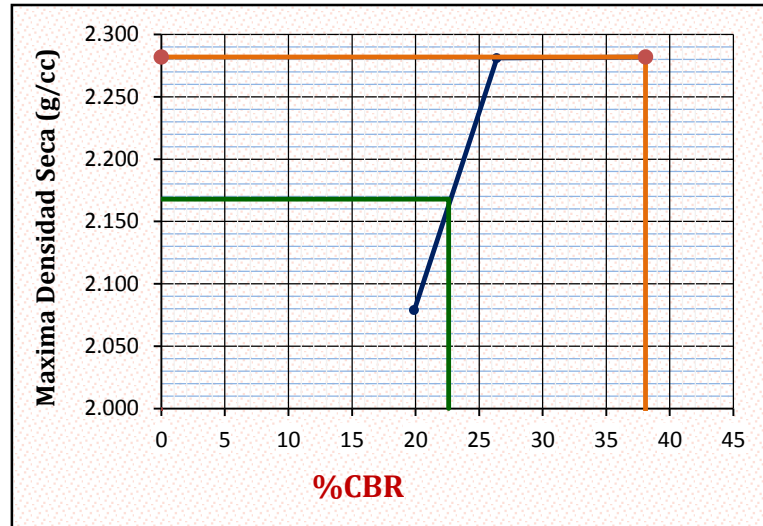
Fuente: Elaboración Propia ,2018

- Máxima Densidad Seca (M.D.S): 2.384 g/cc

- 95 % de la M.D.S: 2.265 g/cc
- CBR (100% M.D.S) 0.1": 33.9 %
- CBR (95% M.D.S) 0.1": 20.2 %

## II. CBR con 15 % de Cloruro de Sodio (Sal de Maras)

Grafico 14: Ensayo CBR / 15% de NaCl

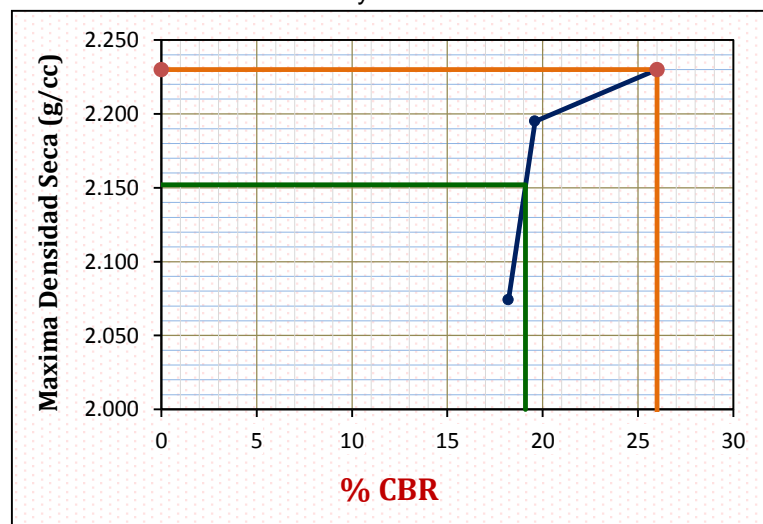


Fuente: Elaboración Propia, 2018.

- Máxima Densidad Seca (M.D.S): 2.264 g/cc
- 95 % de la M.D.S: 2.151 g/cc
- CBR (100% M.D.S) 0.1": 38.1 %
- CBR (95% M.D.S) 0.1": 23 %

## III. CBR con 25% de Cloruro de Sodio (Sal de Maras)

Grafico 15: Ensayo CBR / 25% de NaCl



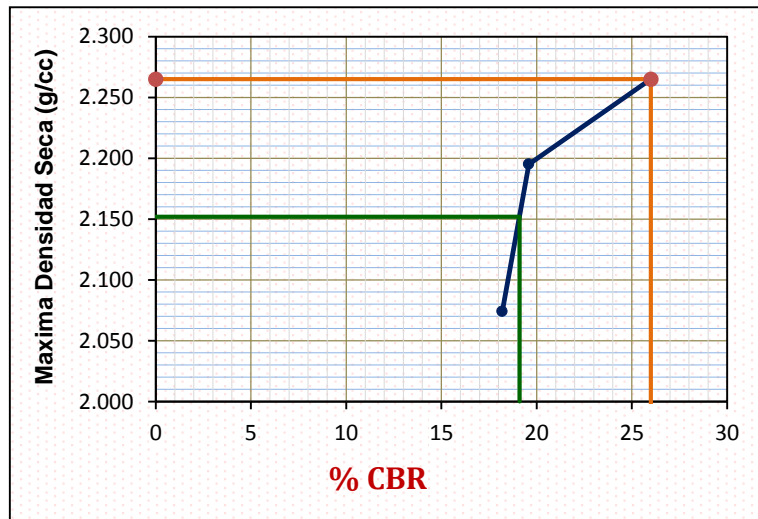
Fuente: Elaboración Propia, 2018.



- Máxima Densidad Seca (M.D.S): 2.285 g/cc
- 95 % de la M.D.S: 2.171 g/cc
- CBR (100% M.D.S) 0.1": 34.3 %
- CBR (95% M.D.S) 0.1": 25.7 %

#### IV. CBR con 35% de Cloruro de sodio ( Sal de Maras)

Grafico 16: Ensayo CBR / 35% de NaCl



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

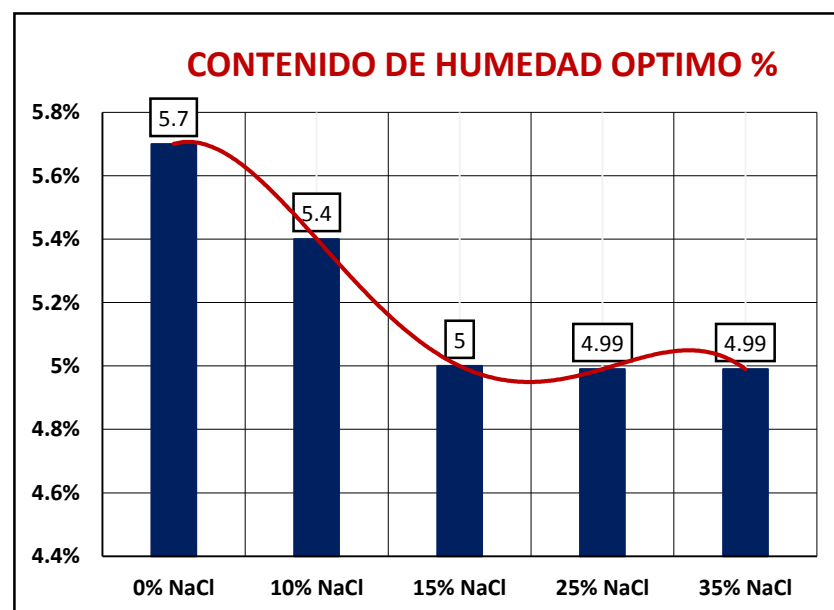
- Máxima Densidad Seca (M.D.S): 2.298 g/cc
- 95 % de la M.D.S: 2.183 g/cc
- CBR (100% M.D.S) 0.1": 26 %
- CBR (95% M.D.S) 0.1": 19.4 %

## 4.6 DISCUSIÓN

### 4.6.1 Proctor Modificado

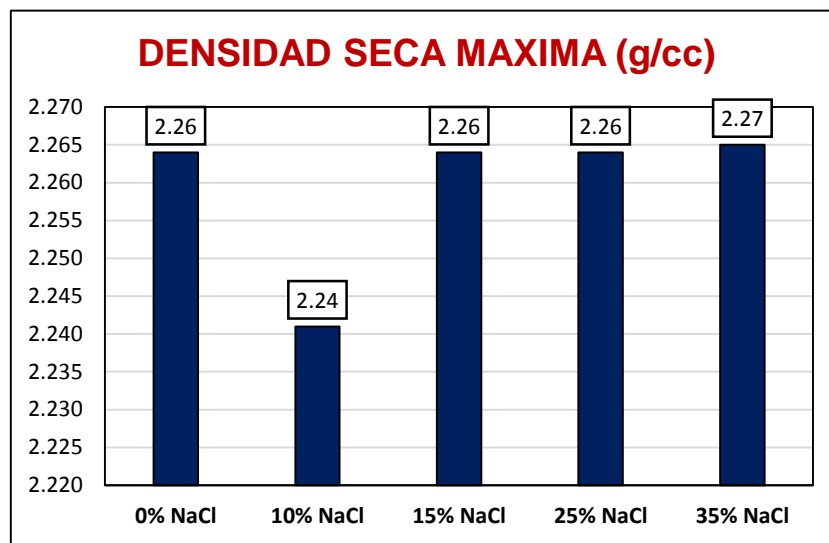
En el ensayo se obtuvo resultados del Contenido de Humedad Óptimo como la Densidad Seca Máxima, se observó que no existe un descenso de la densidad seca máxima que los valores se mantienen igual, tanto en la muestra patrón sin adición de cloruro de sodio (Sal de Maras) como las muestras con adición de cloruro de sodio, en cuanto al contenido de humedad óptimo se observó que si disminuyó, el contenido de humedad más bajo fueron de las muestras con 25% y 35% de NaCl cuyos contenidos de humedad óptimo fueron de 4.99%, descendieron en 12.45% comparándolo con la muestra patrón. Estos resultados son similares a los obtenidos por Oscar Javier Reyes Ortiz, Javier Fernando Camacho Tauta, Juan Ricardo Troncoso Rivera en la investigación que realizaron para la Universidad Militar de Nueva Granada-Colombia titulada "USO DEL CLORURO DE SODIO EN BASES GRANULARES", y también con los resultados de Paz Roldan Jairo que presentó la tesis "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA BASE Y SUB BASE". Los resultados que fueron discutidos anteriormente se muestran a continuación:

Gráfico 17: Cuadro comparativo de Contenido de Humedad Óptimo



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Grafico 18: Cuadro comparativo de Densidad Seca Máxima (g/cc)



Fuente: Elaboración Propia ,2018.

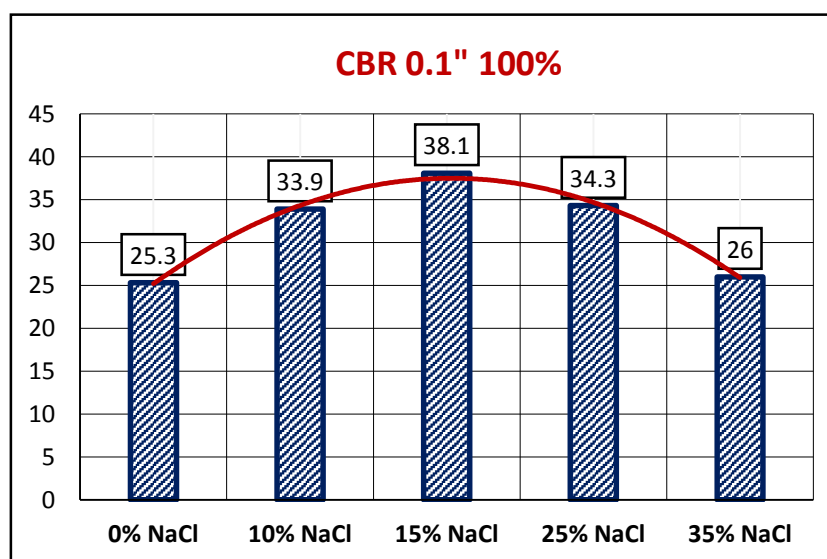
#### 4.6.2 Ensayo CBR (California Bearing Ratio)

Como se observa en el grafico 19 (pag.53) la curva de tendencia muestra que el punto más alto en el % de CBR fue el ensayo con 15% de NaCl y también vemos que el descenso comienza a partir del ensayo con 25% de NaCl.

Comparando los ensayos con NaCl con la muestra patrón cuyo % de CBR fue de 25.3% se obtuvo lo siguiente:

La muestra con 10% de NaCl aumento su porcentaje en un 34.1%, la muestra con 15% de NaCl aumento en un 51.2%, la muestra con 25%

Grafico 19: Ensayos de CBR



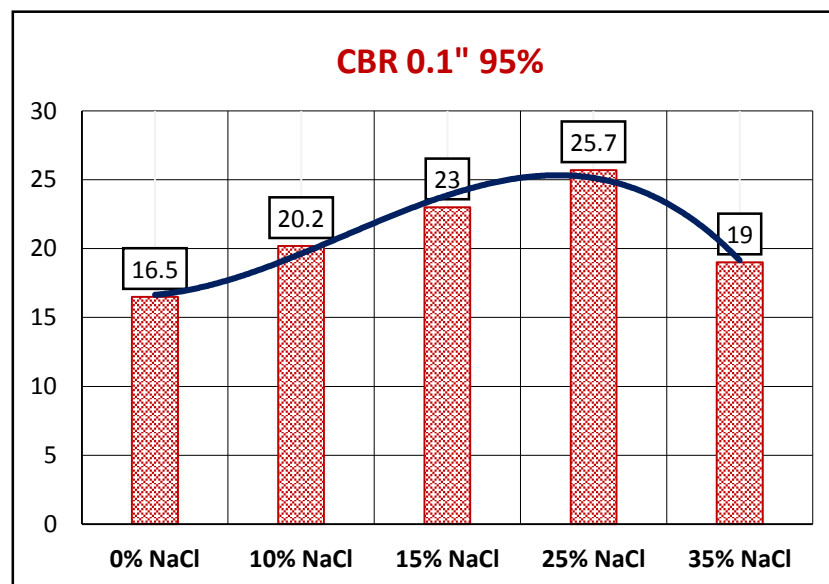
Fuente: Elaboración Propia ,2018.

de NaCl aumento en un 36% y la muestra con 35% de NaCl aumento en un 2.8%.

Con esto concluimos que el ensayo de CBR (California Bearing Ratio) aumento el valor de CBR en un 51.2% (C.B.R 0.1" al 100%) en su punto más alto ( CBR con 15% de NaCl) ,empezó a bajar el CBR a partir del 25 % de NaCl . Todos estos resultados de CBR fueron a 56 golpes de compactación.

Con respecto al CBR al 95% de la M.D.S (0.1") los valores de CBR aumentan en comparación de la muestra patrón que tiene un valor de 16.5 % CBR , las muestras con cloruro de sodio aumentaron en: con 10% de NaCl aumento en un 21.16%, con 15% de NaCl aumento en un 38.23% , con 25% de NaCl aumento en un 54.12% y con 35% de NaCl aumento un 14.7%, es partir de la última muestra con 35 de NaCl que empieza a bajar el valor de CBR .

Grafico 20: Ensayos de CBR



Fuente: Elaboración Propia ,2018.

## 4.7 CONCLUSIONES

1. El NaCl (Sal de Maras) influye en las propiedades mecánicas del suelo granular de la cantera de Sencca, mejorando la capacidad de soporte.
2. En cuanto al contenido de humedad óptimo cuanto más cloruro de sodio (Sal de Maras) se le agregue este ira disminuyendo, en el cuarto y quinto punto (25% y 35% de NaCl) se observó que redujo hasta un 12.45% en comparación de la muestra patrón, caso contrario ocurrió en la máxima densidad seca donde no se apreció cambios.
3. Con relación a la influencia del NaCl (Sal de maras) en el ensayo de CBR (California Bearing Ratio) se concluyó que el porcentaje más óptimo fue de 15% de NaCl en el que él % CBR aumento en un 51.2% en comparación de la muestra patrón (0% de NaCl).
4. En los dos últimos ensayos de CBR (25% de NaCl y 35% de NaCl) se observó que el valor de CBR empieza a bajar , es más notorio en el último ensayo CBR(35% de NaCl) , en donde el incremento de % CBR fue solo de 2.8% con relación a la muestra patrón.

#### 4.8 RECOMENDACIONES Y/O OBSERVACIONES

1. El cloruro de granos gruesos es recomendable pulverizarlo, agregarlo al material y recién agregarle el agua, ya que se hace muy tedioso disolverlo en agua.
2. Recomiendo que se haga CBR con más puntos de cloruro de sodio a partir del 15% hasta el 23% para saber en qué punto se incrementa y en cual empieza bajar su capacidad de soporte el material.
3. Realizar ensayos comparativos de CBR con la humedad natural del terreno con un CBR saturado y hacer el análisis correspondiente para este ensayo.
4. Se observó que al tratar de quebrar con la mano las muestras dosificadas retiradas del horno (contenido de humedad) mostraron mayor resistencia que la muestra patrón, con lo cual se llegó a la conclusión que una muestra de material granular dosificada incrementa su resistencia, haciendo que sus partículas del suelo granular muestren mejor cohesión.
5. Al tener resultados positivos en la disminución del contenido óptimo de humedad se podría usar este cloruro como estabilizante para la reducción del polvo en superficies de carreteras, ya que la sal tiene propiedades delicuescentes (capacidad de absorber moléculas de agua del aire húmedo).
6. Al momento de compactar en el ensayo de Proctor modificado, influyo el tipo de arcilla que contenía el material granular, la arcilla del material granular que use era rojo, en el mismo lugar existe otra cantera cuya arcilla es amarilla, al momento de realizar la compactación la arcilla amarilla requería más agua y en cuanto al valor de CBR se observó que la resistencia del Material granular se incrementaba más para la compactación de 12 golpes.

### Bibliografía

1. .Castillo, R. (2005). *Ingeniería de Suelos en Vías Terrestres*. Mexico: Limusa.
2. Brjan.M.Das. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Nevada,EEUU: Cengage Learning.
3. CASTILLO, R. .. (2005). *Ingeniería de Suelos en Vías Terrestres*. Mexico: Limusa.
4. Castillo, R. d. (2008). *Ingeniería de Suelos en Vías Terrestres*. Mexico: Limusa.
5. MTC. (2016). Manual de ensayos de materiales. En MTC, *Manual de Ensayos de Materiales* (pág. 105). Peru: MTC.
6. MTC. (2016). *Manual de Ensayos de Materiales*. Peru: MTC.
7. P.Garnica. (2002). *Mecánica de Materiales para Pavimentos*. Mexico: Editorial Instituto Mexicano.
8. Perez.A. (2002). *Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio para su uso en vías terrestres*. Mexico: Instituto Mexicano del Transporte.
9. Zans, L. J. (1995). *Mecánica de Suelos*. barcelona: Editions Eyrolles.
10. INACAP (2014) *Características Mineralógicas de NaCl* .Chile .Universidad Tecnología de Chile.
11. QUIMPAC PERU (2018) *Propiedades Físico químicas del NaCl-Sal de Cocina ENSAL*.
12. Juan.C.Lagos. (2016) *Métodos de Compactación de Suelos*.

ANEXO  
ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS





## ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO

<b>PROYECTO</b>	INFLUENCIA DEL CLORURO DE SODIO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO
	GRANULAR DE LA CANTERA DE SENCCA-POROY
<b>PROCEDENCIA</b>	CANTERA DE SENCCA
<b>TESISTA</b>	EDWARD RAMOS CARREÑO

### Granulometría

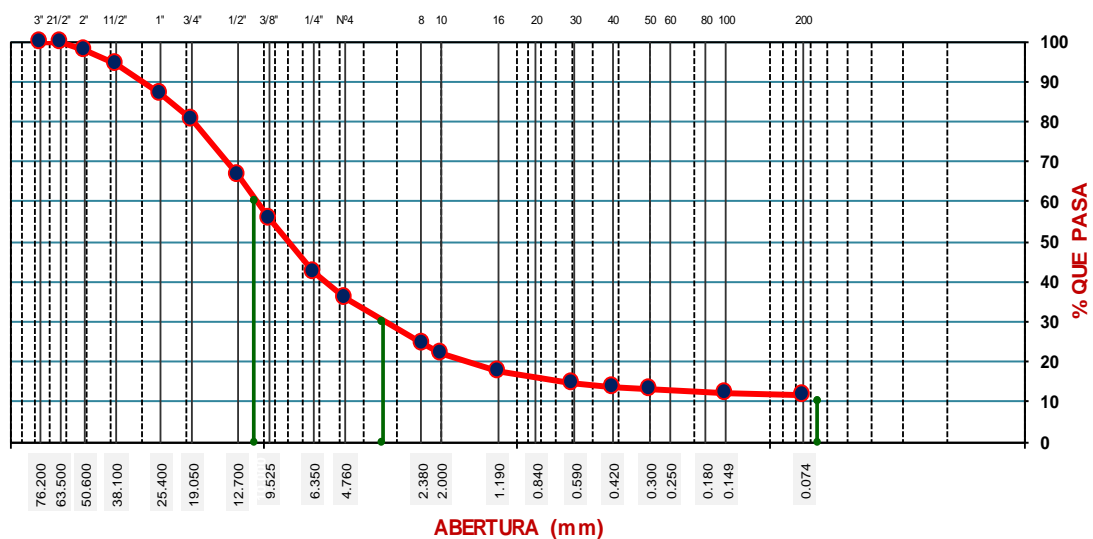
#### Datos de ensayo

Peso Total	15210.0
Peso de fracción	385.0
Peso de muestra lavada	13641.0

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-	
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa	caciones
3"	76.200			100.0		
2 1/2"	63.500	0.0	0	0.0	100.0	
2"	50.600	329.0	2.2	2.2	97.8	
1 1/2"	38.100	545.9	3.6	5.8	94.2	
1"	25.400	1095.4	7.2	13.0	87.0	
3/4"	19.050	1015.3	6.7	19.7	80.3	
1/2"	12.700	2065.4	13.6	33.3	66.7	
3/8"	9.525	1641.8	10.8	44.1	55.9	
1/4"	6.350	2036.1	13.4	57.5	42.5	
No4	4.760	1019.9	6.7	64.2	35.8	
8	2.360	122.2	11.4	75.6	24.4	
10	2.000	23.5	2.2	77.8	22.2	
16	1.190	47.7	4.4	82.2	17.8	
30	0.600	33.5	3.1	85.3	14.7	
40	0.420	9.2	0.9	86.2	13.8	
50	0.300	9.9	0.9	87.1	12.9	
100	0.149	7.9	0.7	87.8	12.2	
200	0.074	7.8	0.7	88.5	11.5	
< 200		123.3	11.5	100.0		

Clasificación SUCS	GP-GC	LL:	26.00	Cu	167.692
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)	I.P.:	9.50	Cc	16.1

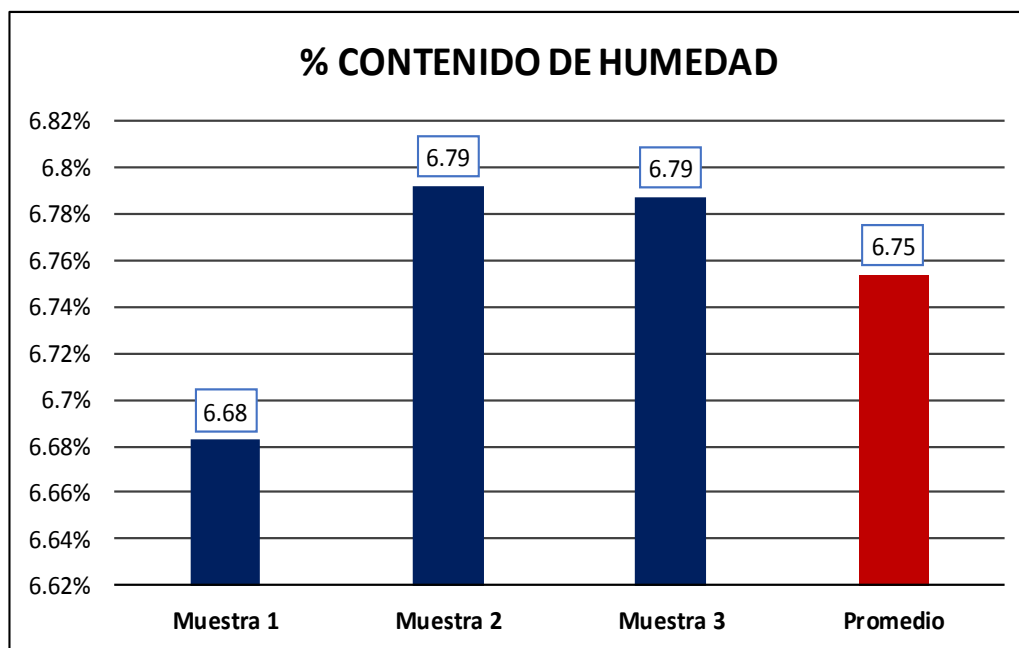
### CURVA GRANULOMETRICA





<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>N.T.P 339.127</b>
	<b>MTC E 108</b>
	ASTMD-2216
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	INFLUENCIA DEL CLORURO DE SODIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA DE SENCCA-POROY
<b>PROCENDENCIA</b>	CANTERA DE SENCCA-DISTRITO DE POROY
<b>TESISTA</b>	EDWARD RAMOS CARREÑO
<b>FECHA</b>	06 de marzo del 2018

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Muestra N°	1	2	3	
Peso del Recipiente (gr)	445	443.2	445.3	
Muestra humeda (gr)	2500	2500	2500	
Peso rec.+Muestra Humeda (gr)	2945	2943.2	2945.3	
Peso rec.+Muestra Seca (gr)	2788.4	2784.2	2786.4	
Peso del Agua (gr)	156.6	159	158.9	
Peso del Suelo Seco (gr)	2343.4	2341	2341.1	
Procentaje de Humedad (%)	6.68	6.79	6.79	<b>6.75</b>



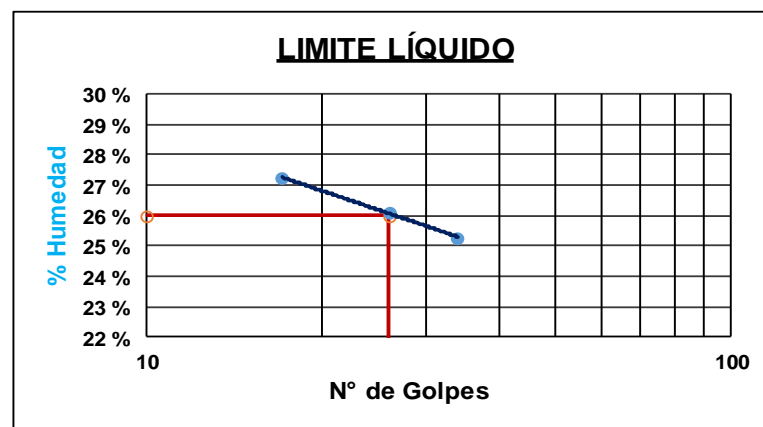


<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	<b>LIMITE LIQUIDO</b> N.T.P 339.129 MTC E110 ASTM D-4318 AASHTO T-89	<b>LIMITE PLASTICO</b> N.T.P 339.129 MTC E 111 ASTM D-4318 AASHTO T-90
	<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b> INFLUENCIA DEL CLORURO DE SODIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA DE SENCCA-POROY	
<b>PROCEDENCIA</b>	CANTERA DE SENCCA-POROY	
<b>TESISTA</b>	EDWARD RAMOS CARREÑO	
<b>FECHA</b>	Cusco , 08 de Junio del 2018.	

LIMITE LÍQUIDO	N.T.P 339.129		
Muestra N°	1	2	3
Peso recipiente	24.49	24.58	24.13
N° de Golpes	34	26	17
Peso Recipiente+Muestra Humedad (g)	63.15	63.16	60.7
Peso Recipiente + Muestra seca (g)	55.35	55.17	52.87
Peso Suelo Humedo (g)	38.66	38.58	36.57
Peso Suelo Seco (g)	30.86	30.59	28.74
Peso del agua	7.8	7.99	7.83
% Humedad	25.3	26.1	27.2

LIMITE PLÁSTICO	N.T.P 339.129		
Muestra N°	1	2	
Peso Recipiente (g)	3.79	3.82	
Peso Recipiente+Muestra Humedad (g)	16.14	16.35	
Peso Recipiente + Muestra seca (g)	14.34	14.63	
Peso Suelo Humedo (g)	12.35	12.53	
Peso Suelo Seco (g)	10.55	10.81	
Peso del agua	1.8	1.72	
% Humedad	17.1	15.9	
<b>% Promedio Contenido de Humedad</b>	<b>16.5</b>		

<b>Limite Líquido (%)</b>	<b>26</b>
<b>Limite Plástico (%)</b>	<b>16.5</b>
<b>Índice de Plasticidad (%)</b>	<b>9.5</b>





<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>	N.T.P 339.141 MTC E115 ASTM D-1557 AASHTO T 180
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	INFLUENCIA DEL CLORURO DE SODIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA DE SENCCA-POROY
<b>PROCEDENCIA</b>	CANTERA DE SENCCA-POROY
<b>TESISTA</b>	EDWARD RAMOS CARREÑO
<b>FECHA</b>	Cusco , 15 de Junio del 2018.

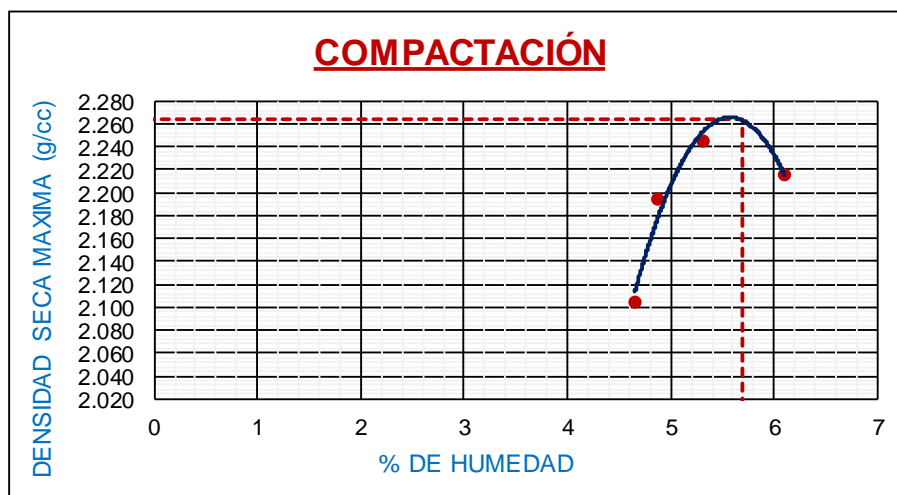
Peso del Molde (gr) : 6765  
 Volumen (c.c) : 2115  
 Golpes por Capa : 56  
 Numero de Capas : 5

COMPACTACIÓN				
Prueba N°	1	2	3	4
Peso Molde	6765	6765	6765	6765
Volumen del Molde	2115	2115	2115	2115
Peso Molde +Muestra Humeda (g)	11424	11634	11768	11739
Peso suelo Humedo Compactado (g)	4659	4869	5003	4974
Densida Humedad (g/cc)	2.203	2.302	2.365	2.352

HUMEDAD				
Recipiente N°	1	2	3	4
Peso Reciepiente (g)	39.34	39.31	39.31	39.33
Peso Recipiente + Suelo Humedo (g)	234.37	209.09	203.77	206.2
peso Recipiente + Suelo Seco (g)	225.7	201.19	195.46	196.6
Peso del Agua (g)	8.67	7.9	8.31	9.6
Peso Suelo Seco (g)	186.36	161.88	156.15	157.27
Contenido de Humedad (%)	4.6523	4.8802	5.3218	6.1042
Densidad Seca (g/cc)	2.105	2.195	2.246	2.216

**Máxima Densidad Seca (g/cc) : 2.264**

**Contenido de Humedad Optimo (%) : 5.7**





<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO CON 10% CLORURO DE SODIO (SAL DE MARAS)</b>	N.T.P 339.141 MTC E115 ASTM D-1557 AASHTO T 180
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	<b>INFLUENCIA DEL CLORURO DE SODIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA DE SENCCA-POROY</b>
<b>PROCEDENCIA</b>	CANTERA DE SENCCA-POROY
<b>TESISTA</b>	EDWARD RAMOS CARREÑO
<b>FECHA</b>	Cusco , 18 de Junio del 2018.

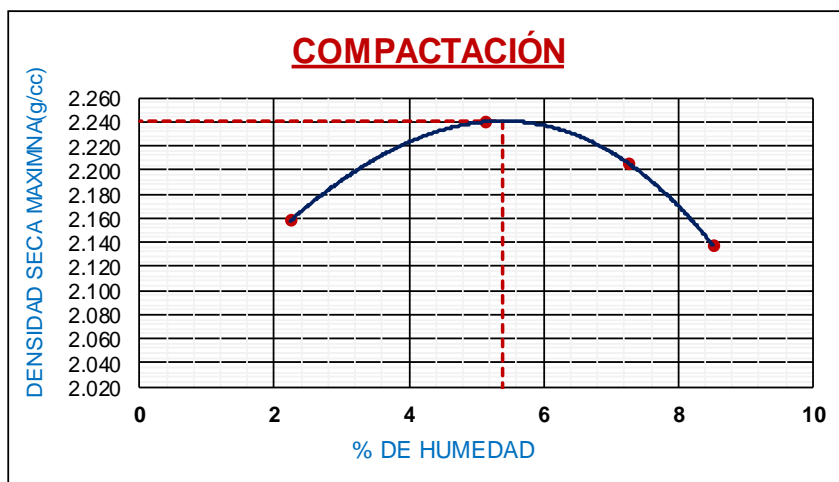
Peso del Molde (g) : 6765  
 Volumen (c.c) : 2115  
 Golpes por Capa : 56  
 Numero de Capas : 5

COMPACTACIÓN				
Prueba N°	1	2	3	4
Peso Molde	6765	6765	6765	6765
Volumen del Molde	2115	2115	2115	2115
Peso Molde + Muestra Humeda (g)	11432	11747	11768	11671
Peso suelo Humedo Compactado (g)	4667	4982	5003	4906
Densida Humedad (g/cc)	2.207	2.356	2.365	2.320

HUMEDAD				
Recipiente N°	1	2	3	4
Peso Recipiente (g)	296.4	77.7	85.5	88.2
Peso Recipiente + Suelo Humedo (g)	1111.7	779.7	835.2	837.2
peso Recipiente + Suelo Seco (g)	1093.8	745.3	784.4	778.4
Peso del Agua (g)	17.9	34.4	50.8	58.8
Peso Suelo Seco (g)	797.4	667.6	698.9	690.2
Contenido de Humedad (%)	2.2448	5.1528	7.2686	8.5193
Densidad Seca (g/cc)	2.158	2.240	2.205	2.138

**Máxima Densidad Seca (g/cc) : 2.241**

**Contenido de Humedad Optimo (%) : 5.4**





<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO CON 15% DE CLORURO DE SODIO (SAL DE MARAS)</b>	N.T.P 339.141 MTC E115 ASTMD-1557 AASHTO T 180
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	<b>INFLUENCIA DEL CLORURO DE SODIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA DE SENCCA-POROY</b>
<b>PROCEDENCIA</b>	CANTERA DE SENCCA-POROY
<b>TESISTA</b>	EDWARD RAMOS CARREÑO
<b>FECHA</b>	Cusco , 20 de Junio del 2018.

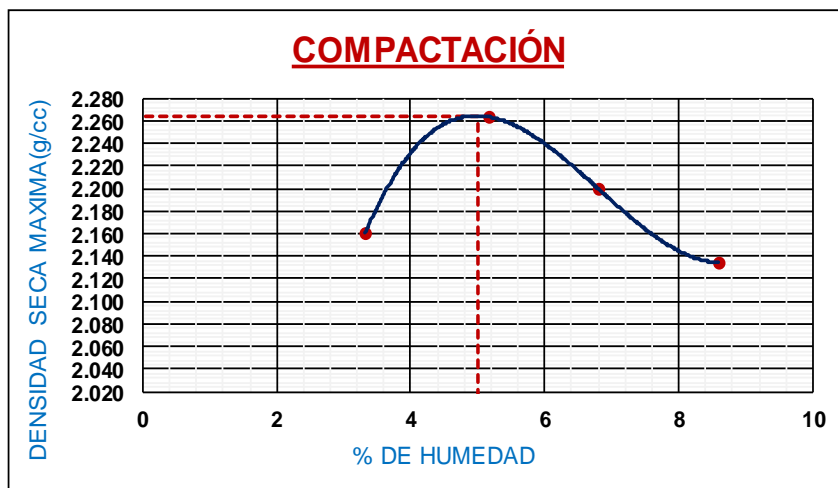
Peso del Molde (g) : 6765  
 Volumen (c.c) : 2115  
 Golpes por Capa : 56  
 Numero de Capas : 5

COMPACTACIÓN				
Prueba N°	1	2	3	4
Peso Molde	6765	6765	6765	6765
Volumen del Molde	2115	2115	2115	2115
Peso Molde + Muestra Humeda (g)	11486	11800	11734	11667
Peso suelo Humedo Compactado (g)	4721	5035	4969	4902
Densida Humedad (g/cc)	2.232	2.381	2.349	2.318

HUMEDAD				
Recipiente N°	1	2	3	4
Peso Reciepiente (g)	173.9	174.9	293.9	149.1
Peso Recipiente + Suelo Humedo (g)	972.9	974.2	1093.1	949.1
peso Recipiente + Suelo Seco (g)	947.2	934.8	1042.2	885.8
Peso del Agua (g)	25.7	39.4	50.87	63.3
Peso Suelo Seco (g)	773.3	759.9	748.3	736.7
Contenido de Humedad (%)	3.3234	5.1849	6.7981	8.5924
Densidad Seca (g/cc)	2.160	2.263	2.200	2.134

**Máxima Densidad Seca (g/cc) : 2.264**

**Contenido de Humedad Optimo (%) : 5**





<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO CON 25% DE CLORURO DE SODIO (SAL DE MARAS)</b>	N.T.P 339.141 MTC E115 ASTMD-1557 AASHTO T 180
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	INFLUENCIA DEL CLORURO DE SODIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA DE SENCCA-POROY
<b>PROCEDENCIA</b>	CANTERA DE SENCCA-POROY
<b>TESISTA</b>	EDWARD RAMOS CARREÑO
<b>FECHA</b>	Cusco , 27 de Junio del 2018.

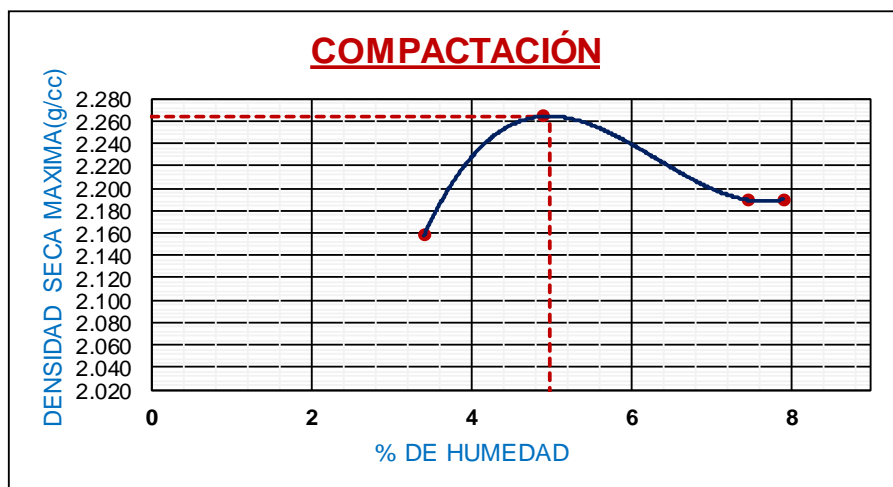
Peso del Molde (g) : 6765  
 Volumen (c.c) : 2115  
 Golpes por Capa : 56  
 Numero de Capas : 5

COMPACTACIÓN				
Prueba N°	1	2	3	4
Peso Molde	6765	6765	6765	6765
Volumen del Molde	2115	2115	2115	2115
Peso Molde + Muestra Humeda (g)	11485	11788	11741	11763
Peso suelo Humedo Compactado (g)	4720	5023	4976	4998
Densida Humedad (g/cc)	2.232	2.375	2.353	2.363

HUMEDAD				
Recipiente N°	1	2	3	4
Peso Recipiente (g)	77.7	85.5	88.2	296.4
Peso Recipiente + Suelo Humedo (g)	881.3	916.5	917.2	1096.4
peso Recipiente + Suelo Seco (g)	854.8	877.7	859.6	1037.8
Peso del Agua (g)	26.5	38.8	57.6	58.6
Peso Suelo Seco (g)	777.1	792.2	771.4	741.4
Contenido de Humedad (%)	3.410	4.8978	7.467	7.904
Densidad Seca (g/cc)	2.158	2.264	2.189	2.190

**Máxima Densidad Seca (g/cc) : 2.264**

**Contenido de Humedad Optimo (%) : 4.99**





<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO CON 35% DE CLORURO DE SODIO (SAL DE MARAS)</b>	N.T.P 339.141 MTC E115 ASTM D-1557 AASHTO T 180
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	<b>INFLUENCIA DEL CLORURO DE SODIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA DE SENCCA-POROY</b>
<b>PROCEDENCIA</b>	CANTERA DE SENCCA-POROY
<b>TESISTA</b>	EDWARD RAMOS CARREÑO
<b>FECHA</b>	Cusco , 29 de Junio del 2018.

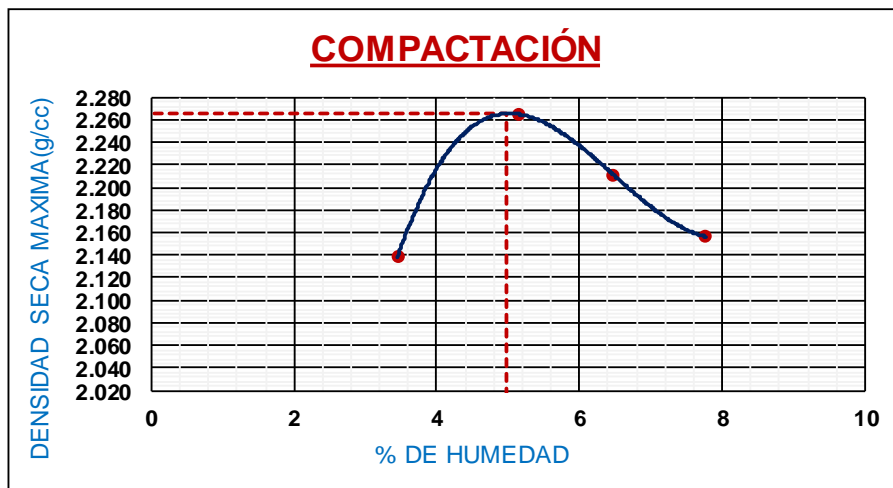
Peso del Molde (gr) : 6765  
 Volumen (c.c) : 2115  
 Golpes por Capa : 56  
 Numero de Capas : 5

COMPACTACIÓN				
Prueba N°	1	2	3	4
Peso Molde	6765	6765	6765	6765
Volumen del Molde	2115	2115	2115	2115
Peso Molde +Muestra Humeda (g)	11444	11802	11745	11680
Peso suelo Humedo Compactado (g)	4679	5037	4980	4915
Densida Humedad (g/cc)	2.212	2.382	2.355	2.324

HUMEDAD				
Recipiente N°	1	2	3	4
Peso Reciepiente (g)	149.1	173.9	174.9	293.3
Peso Recipiente + Suelo Humedo (g)	964.4	998	1018.9	1133.2
peso Recipiente + Suelo Seco (g)	937.2	957.6	967.6	1072.7
Peso del Agua (g)	27.2	40.4	51.3	60.5
Peso Suelo Seco (g)	788.1	783.7	792.7	779.4
Contenido de Humedad (%)	3.451	5.155	6.472	7.762
Densidad Seca (g/cc)	2.138	2.265	2.211	2.156

**Máxima Densidad Seca (g/cc) : 2.265**

**Contenido de Humedad Optimo (%) : 4.99**

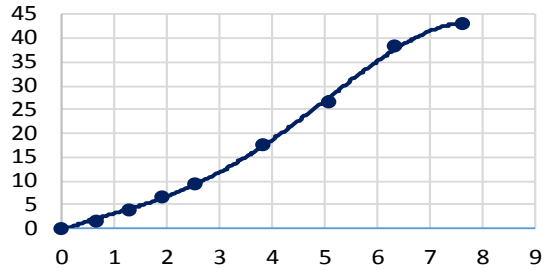






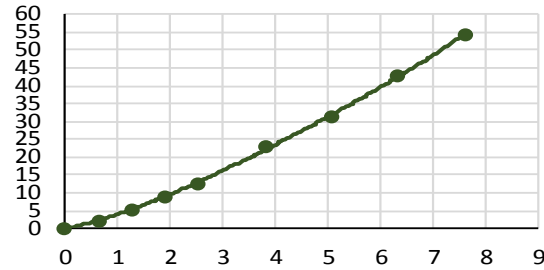
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**

**PENETRACION-12 GOLPES**



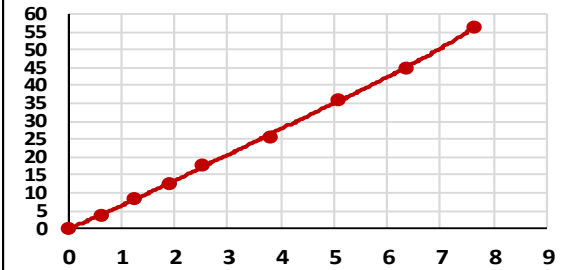
C.B.R. (0.1")-12 Golpes	13.6
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	25
Densidad Seca	2.107

**PENETRACION-25 GOLPES**



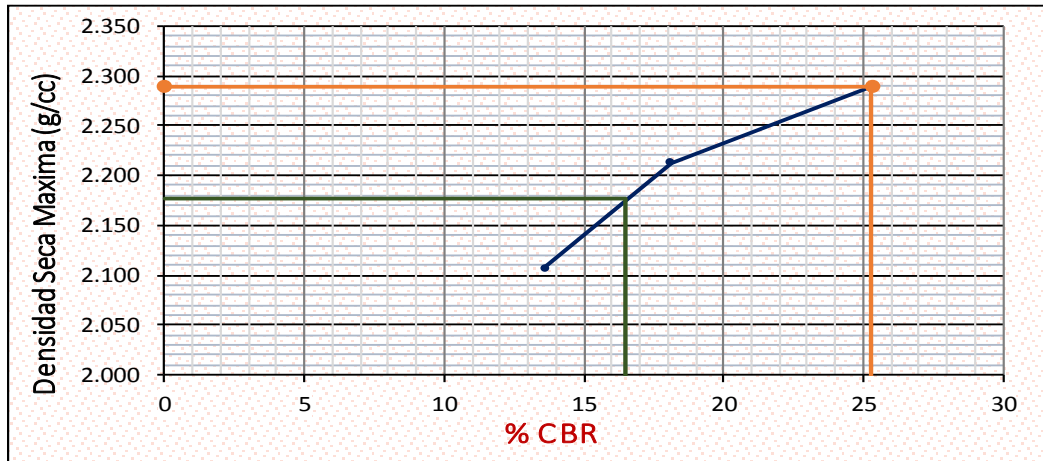
C.B.R. (0.1")-25 Golpes	18.1
C.B.R. (0.2")-25 Golpes	29.6
Densidad Seca	2.213

**PENETRACION-56 GOLPES**



C.B.R. (0.1")-56 Golpes	25.7
C.B.R. (0.2")-56 Golpes	34.4
Densidad Seca	2.290

**DETERMINACION DEL C.B.R**

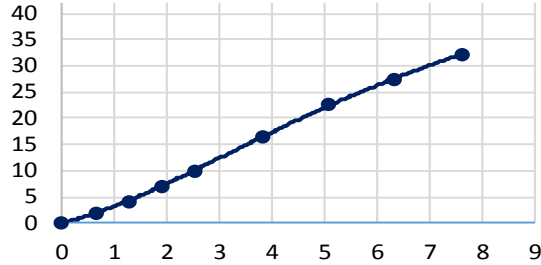


Maxima Densidad Seca (M.D.S)	2.290	
95 % de la M.D.S	2.176	
C.B.R (100% M.D.S) 0.1"	25.3	%
C.B.R (95% M.D.S) 0.1"	16.5	%



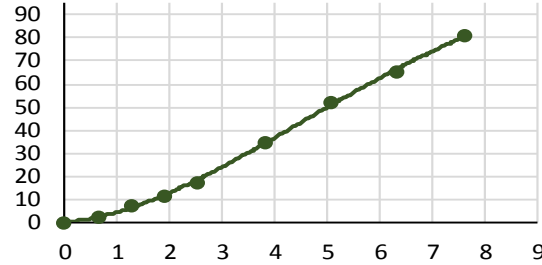
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**

**PENETRACION-12 GOLPES**



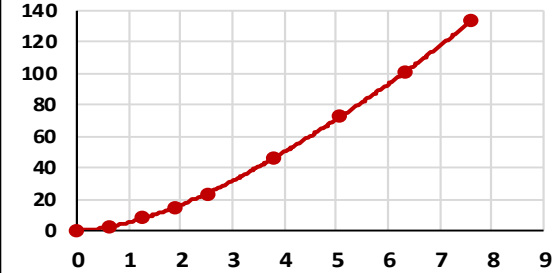
C.B.R. (0.1")-12 Golpes	14.3
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	21.38
Densidad Seca	2.061

**PENETRACION-25 GOLPES**



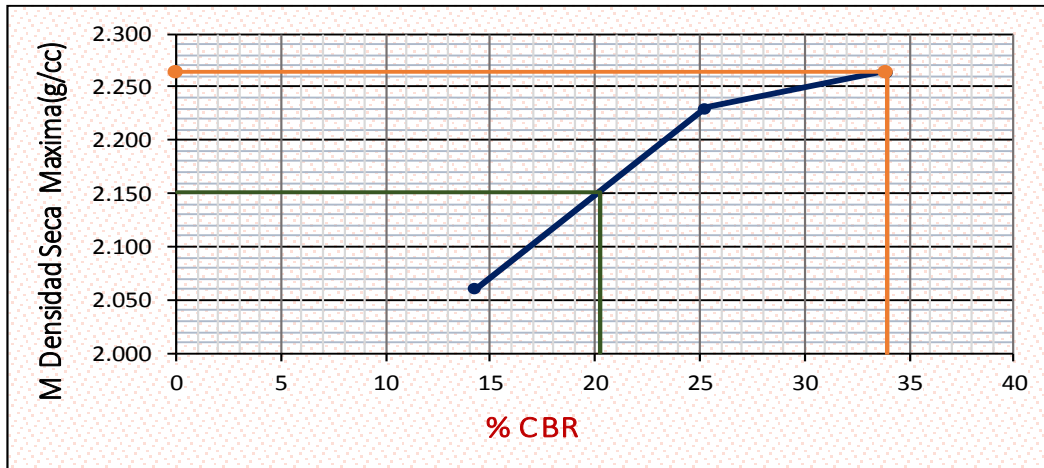
C.B.R. (0.1")-25 Golpes	25.3
C.B.R. (0.2")-25 Golpes	49.7
Densidad Seca	2.230

**PENETRACION-56 GOLPES**



C.B.R. (0.1")-56 Golpes	33.9
C.B.R. (0.2")-56 Golpes	69.5
Densidad Seca	2.265

**DETERMINACION DEL C.B.R**

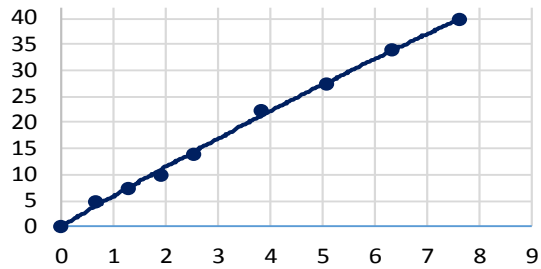


Maxima Densidad Seca (M.D.S)	2.265	
95 % de la M.D.S	2.152	
C.B.R (100% M.D.S) 0.1"	33.9	%
C.B.R (95% M.D.S) 0.1"	20.2	%



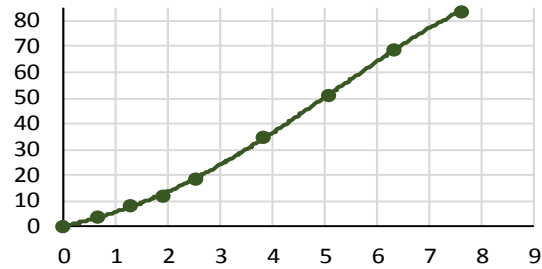
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**

**PENETRACION-12 GOLPES**



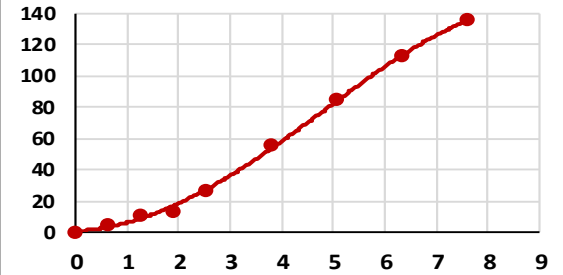
C.B.R. (0.1")-12 Golpes	19.9
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	26.2
Densidad Seca	2.079

**PENETRACION-25 GOLPES**



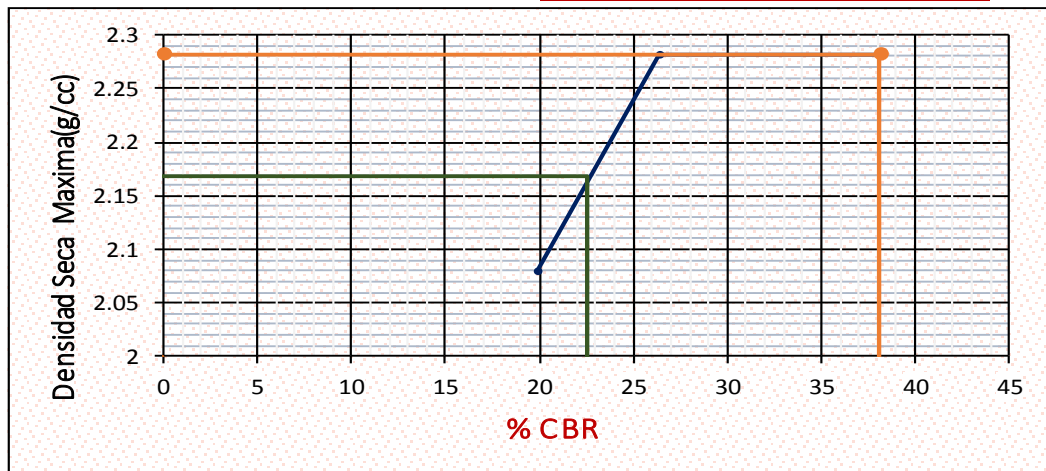
C.B.R. (0.1")-25 Golpes	26.4
C.B.R. (0.2")-25 Golpes	48.5
Densidad Seca	2.232

**PENETRACION-56 GOLPES**




C.B.R. (0.1")-56 Golpes	38.1
C.B.R. (0.2")-56 Golpes	80.4
Densidad Seca	2.282

**DETERMINACION DEL C.B.R.**

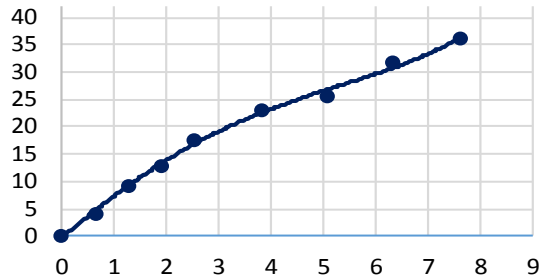


Maxima Densidad Seca (M.D.S)	2.264	
95 % de la M.D.S	2.151	
C.B.R (100% M.D.S) 0.1"	38.1	%
C.B.R (95% M.D.S) 0.1"	23	%

 UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS				ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)- 25% NaCl.					
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>				INFLUENCIA DEL CLORURO DE SODIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA DE SENCCA-POROY					
<b>PROCEDENCIA</b>				Cantera de Sencca-Poroy	<b>FECHA</b>	13/07/2018	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (GR/CM3)</b>	<b>2.264</b>	
<b>TESISTA</b>				EDWARD RAMOS CARREÑO		<b>CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO</b>		<b>4.99</b>	
<b>COMPACTACION</b>					<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
<b>Molde N°</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Recipiente N°</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del Molde (gr)		7114	6838	7063	Peso del Recipiente (gr)		24.91	24.81	24.59
Volumen del MOLDE (cm3)		2097	2106	2076	Peso Recipiente+Suelo Hum. (gr)		160.3	147.1	157.6
Cantidad de Muestra (gr)		6000	6000	6000	Peso Recipiente + Suelo Seco (gr)		154	141.5	151.9
Numero de Capas		5	5	5	Peso del Agua (gr)		6.25	5.54	5.73
Numero de Capas		12	25	56	Peso Suelo Seco (gr)		129.1	116.7	127.3
Peso del Molde + Muestra (gr)		11683	11685	12020	Contenido de Humedad (%)		4.84	4.75	4.50
Peso Suelo Humedo Compactado (gr)		4569	4847	4957	Densidad Seca (gr/cm3)		2.079	2.197	2.285
Densidad Humeda (gr/cm3)		2.18	2.30	2.39					
<b>Fecha</b>		<b>Hora</b>		<b>Molde</b>					
				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>			
				0	0	0			
				0	0	0			
				0	0	0			
				0	0	0			
				0	0	0			
				0	0	0			
				0	0	0			
<b>Aplicación de Carga</b>									
Penetración		Prsion Patron (Kg/cm2)	Molde A		Molde B		Molde C		
Plg	mm		Dial	Prsion Patron (Kg/cm2)	Dial	Prsion Patron (Kg/cm2)	Dial	Prsion Patron (Kg/cm2)	
0	0		0	0	0	0	0	0	
0.25	0.64		14	4.2	15	4.49	8	2.62	
0.50	1.27		33	9.3	35	9.8	25	7.15	
0.75	1.9		47	12.99	57	15.65	40	11.13	
1.00	2.54	<b>70</b>	65	17.51	89	17.77	64	24.14	
1.50	3.81		85	23.08	155	37.65	140	41.61	
2.00	5.08	<b>105</b>	94	25.47	221	59.03	238	63.51	
2.50	6.35		118	31.82	280	74.56	341	90.57	
3.00	7.62		134	36.06	336	89.26	442	116.97	

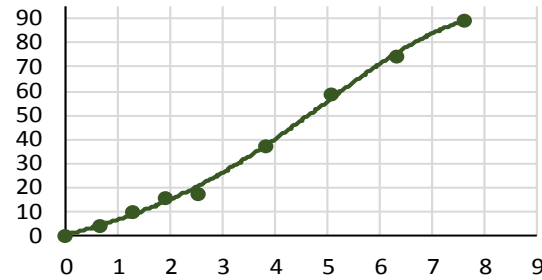
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**

**PENETRACION-12 GOLPES**



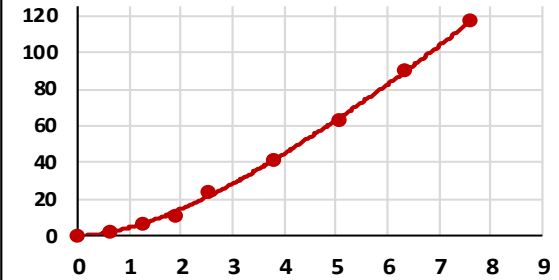
C.B.R. (0.1")-12 Golpes	24.9
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	24.1
Densidad Seca	2.179

**PENETRACION-25 GOLPES**



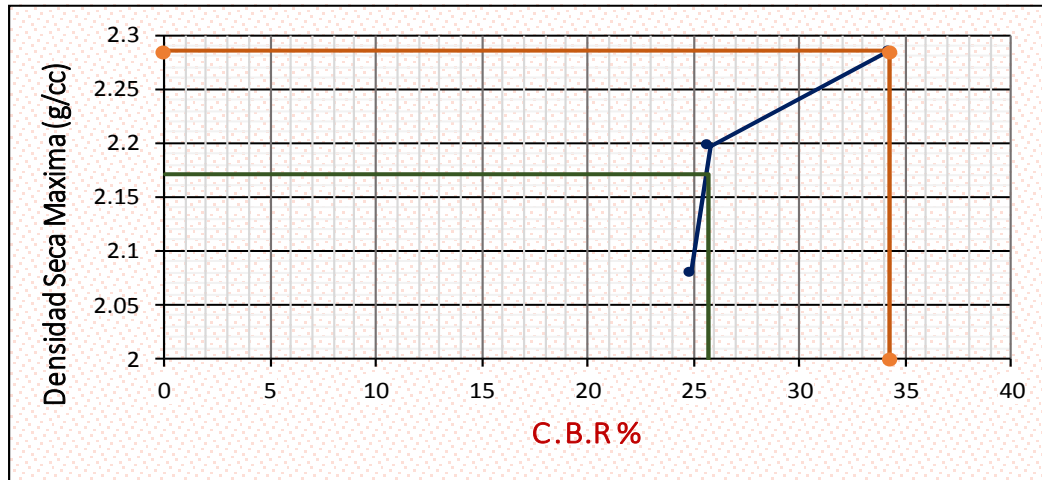
C.B.R. (0.1")-25 Golpes	25.8
C.B.R. (0.2")-25 Golpes	55.7
Densidad Seca	2.301

**PENETRACION-56 GOLPES**




C.B.R. (0.1")-56 Golpes	34.3
C.B.R. (0.2")-56 Golpes	60.3
Densidad Seca	2.451

**DETERMINACION DEL C.B.R**



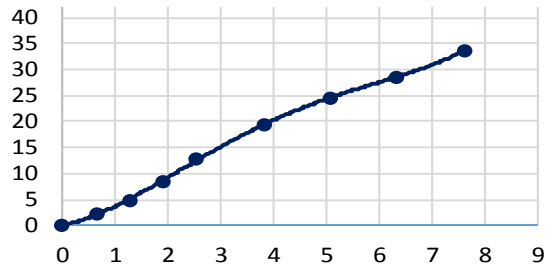
Maxima Densidad Seca (M.D.S)	2.285	
95 % de la M.D.S	2.171	
C.B.R (100% M.D.S) 0.1"	34.3	%
C.B.R (95% M.D.S) 0.1"	25.7	%



 <b>UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS</b>			<b>ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)- 35% NaCl.</b>																																																																																																													
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>			INFLUENCIA DE LA SALINIDAD DEL AGUA EN LOS SUELOS GRANULARES DE LA CANTERA DE SENCCA-DISTRITO DE POROY-CUSCO																																																																																																													
<b>PROCEDENCIA</b> <b>TESISTA</b>			Cantera de Sencca-Poroy	<b>FECHA</b>	18/07/2018																																																																																																											
			EDWARD RAMOS CARREÑO		<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (GR/CM3)</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO</b>																																																																																																											
					<b>2.265</b> <b>4.99</b>																																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">COMPACTACION</th> </tr> <tr> <th>Molde N°</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del Molde(gr)</td> <td>7702</td> <td>7695</td> <td>7758</td> </tr> <tr> <td>Volumen del MOLDE (cm3)</td> <td>2112</td> <td>2108</td> <td>2104</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de Muestra (gr)</td> <td>6000</td> <td>6000</td> <td>6000</td> </tr> <tr> <td>Numero de Capas</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Numero de Capas</td> <td>12</td> <td>25</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>Peso del Molde + Muestra (gr)</td> <td>12271</td> <td>12531</td> <td>12806</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Humedo Compactado (gr)</td> <td>4569</td> <td>4836</td> <td>5048</td> </tr> <tr> <td>Densidad Humeda (gr/cm3)</td> <td>2.16</td> <td>2.29</td> <td>2.40</td> </tr> </tbody> </table>			COMPACTACION				Molde N°	1	2	3	Peso del Molde(gr)	7702	7695	7758	Volumen del MOLDE (cm3)	2112	2108	2104	Cantidad de Muestra (gr)	6000	6000	6000	Numero de Capas	5	5	5	Numero de Capas	12	25	56	Peso del Molde + Muestra (gr)	12271	12531	12806	Peso Suelo Humedo Compactado (gr)	4569	4836	5048	Densidad Humeda (gr/cm3)	2.16	2.29	2.40	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">CONTENIDO DE HUMEDAD</th> </tr> <tr> <th>Reciepiente N°</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del Reciepiente (gr)</td> <td>39.3</td> <td>39.31</td> <td>39.25</td> </tr> <tr> <td>Peso Reciepiente+Suelo Hum. (gr)</td> <td>198.8</td> <td>194.8</td> <td>201.5</td> </tr> <tr> <td>Peso Reciepiente + Suelo Seco (gr)</td> <td>192.1</td> <td>188.1</td> <td>194.7</td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua (gr)</td> <td>6.63</td> <td>6.66</td> <td>6.81</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (gr)</td> <td>152.8</td> <td>148.8</td> <td>155.5</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td>4.34</td> <td>4.48</td> <td>4.38</td> </tr> <tr> <td>Densidad Seca (gr/cm3)</td> <td>2.07</td> <td>2.20</td> <td>2.30</td> </tr> </tbody> </table>			CONTENIDO DE HUMEDAD				Reciepiente N°	1	2	3	Peso del Reciepiente (gr)	39.3	39.31	39.25	Peso Reciepiente+Suelo Hum. (gr)	198.8	194.8	201.5	Peso Reciepiente + Suelo Seco (gr)	192.1	188.1	194.7	Peso del Agua (gr)	6.63	6.66	6.81	Peso Suelo Seco (gr)	152.8	148.8	155.5	Contenido de Humedad (%)	4.34	4.48	4.38	Densidad Seca (gr/cm3)	2.07	2.20	2.30																															
COMPACTACION																																																																																																																
Molde N°	1	2	3																																																																																																													
Peso del Molde(gr)	7702	7695	7758																																																																																																													
Volumen del MOLDE (cm3)	2112	2108	2104																																																																																																													
Cantidad de Muestra (gr)	6000	6000	6000																																																																																																													
Numero de Capas	5	5	5																																																																																																													
Numero de Capas	12	25	56																																																																																																													
Peso del Molde + Muestra (gr)	12271	12531	12806																																																																																																													
Peso Suelo Humedo Compactado (gr)	4569	4836	5048																																																																																																													
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.16	2.29	2.40																																																																																																													
CONTENIDO DE HUMEDAD																																																																																																																
Reciepiente N°	1	2	3																																																																																																													
Peso del Reciepiente (gr)	39.3	39.31	39.25																																																																																																													
Peso Reciepiente+Suelo Hum. (gr)	198.8	194.8	201.5																																																																																																													
Peso Reciepiente + Suelo Seco (gr)	192.1	188.1	194.7																																																																																																													
Peso del Agua (gr)	6.63	6.66	6.81																																																																																																													
Peso Suelo Seco (gr)	152.8	148.8	155.5																																																																																																													
Contenido de Humedad (%)	4.34	4.48	4.38																																																																																																													
Densidad Seca (gr/cm3)	2.07	2.20	2.30																																																																																																													
			<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Fecha</th> <th rowspan="2">Hora</th> <th colspan="3">Molde</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			Fecha	Hora	Molde			1	2	3			0	0	0			0	0	0			0	0	0			0	0	0			0	0	0			0	0	0																																																																					
Fecha	Hora	Molde																																																																																																														
		1	2	3																																																																																																												
		0	0	0																																																																																																												
		0	0	0																																																																																																												
		0	0	0																																																																																																												
		0	0	0																																																																																																												
		0	0	0																																																																																																												
		0	0	0																																																																																																												
			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="9">Aplicación de Carga</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Penetracion</th> <th rowspan="2">Prsion Patron (Kg/cm2)</th> <th colspan="2">Molde A</th> <th colspan="2">Molde B</th> <th colspan="2">Molde C</th> </tr> <tr> <th>Plg</th> <th>mm</th> <th>Dial</th> <th>Presion Patron (Kg/cm2)</th> <th>Dial</th> <th>Prsion Patron (Kg/cm2)</th> <th>Dial</th> <th>Presion Patron (Kg/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0.25</td> <td>0.64</td> <td></td> <td>7</td> <td>2.4</td> <td>9</td> <td>2.89</td> <td>16</td> <td>4.75</td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>1.27</td> <td></td> <td>17</td> <td>5.0</td> <td>23</td> <td>6.61</td> <td>29</td> <td>8.21</td> </tr> <tr> <td>0.75</td> <td>1.9</td> <td></td> <td>30</td> <td>8.48</td> <td>37</td> <td>10.34</td> <td>40</td> <td>11.13</td> </tr> <tr> <td>1.00</td> <td>2.54</td> <td>70</td> <td>46</td> <td>12.73</td> <td>50</td> <td>13.79</td> <td>67</td> <td>18.30</td> </tr> <tr> <td>1.50</td> <td>3.81</td> <td></td> <td>71</td> <td>19.37</td> <td>96</td> <td>26.00</td> <td>136</td> <td>36.59</td> </tr> <tr> <td>2.00</td> <td>5.08</td> <td>105</td> <td>91</td> <td>24.67</td> <td>164</td> <td>43.99</td> <td>195</td> <td>52.18</td> </tr> <tr> <td>2.50</td> <td>6.35</td> <td></td> <td>106</td> <td>28.65</td> <td>237</td> <td>63.25</td> <td>237</td> <td>63.25</td> </tr> <tr> <td>3.00</td> <td>7.62</td> <td></td> <td>125</td> <td>33.68</td> <td>279</td> <td>74.30</td> <td>305</td> <td>81.12</td> </tr> </tbody> </table>			Aplicación de Carga									Penetracion		Prsion Patron (Kg/cm2)	Molde A		Molde B		Molde C		Plg	mm	Dial	Presion Patron (Kg/cm2)	Dial	Prsion Patron (Kg/cm2)	Dial	Presion Patron (Kg/cm2)	0	0		0	0	0	0	0	0	0.25	0.64		7	2.4	9	2.89	16	4.75	0.50	1.27		17	5.0	23	6.61	29	8.21	0.75	1.9		30	8.48	37	10.34	40	11.13	1.00	2.54	70	46	12.73	50	13.79	67	18.30	1.50	3.81		71	19.37	96	26.00	136	36.59	2.00	5.08	105	91	24.67	164	43.99	195	52.18	2.50	6.35		106	28.65	237	63.25	237	63.25	3.00	7.62		125	33.68	279	74.30	305	81.12
Aplicación de Carga																																																																																																																
Penetracion		Prsion Patron (Kg/cm2)	Molde A		Molde B		Molde C																																																																																																									
Plg	mm		Dial	Presion Patron (Kg/cm2)	Dial	Prsion Patron (Kg/cm2)	Dial	Presion Patron (Kg/cm2)																																																																																																								
0	0		0	0	0	0	0	0																																																																																																								
0.25	0.64		7	2.4	9	2.89	16	4.75																																																																																																								
0.50	1.27		17	5.0	23	6.61	29	8.21																																																																																																								
0.75	1.9		30	8.48	37	10.34	40	11.13																																																																																																								
1.00	2.54	70	46	12.73	50	13.79	67	18.30																																																																																																								
1.50	3.81		71	19.37	96	26.00	136	36.59																																																																																																								
2.00	5.08	105	91	24.67	164	43.99	195	52.18																																																																																																								
2.50	6.35		106	28.65	237	63.25	237	63.25																																																																																																								
3.00	7.62		125	33.68	279	74.30	305	81.12																																																																																																								

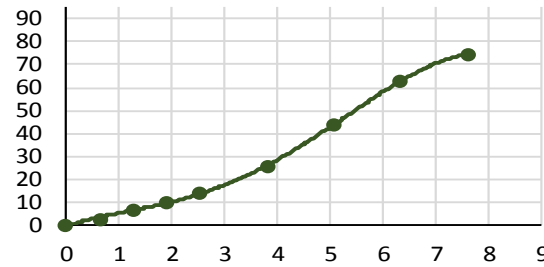
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**

**PENETRACION-12 GOLPES**



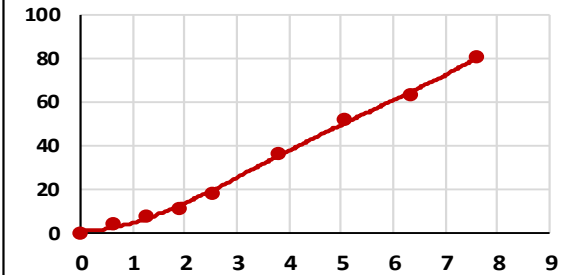
C.B.R. (0.1")-12 Golpes	18.2
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	23.4
Densidad Seca	2.074

**PENETRACION-25 GOLPES**



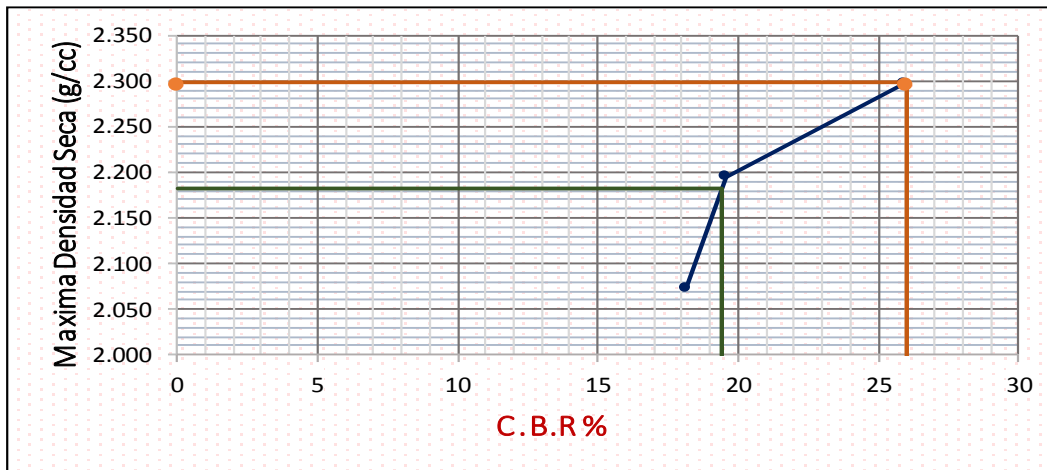
C.B.R. (0.1")-25 Golpes	19.6
C.B.R. (0.2")-25 Golpes	41.7
Densidad Seca	2.195

**PENETRACION-56 GOLPES**



C.B.R. (0.1")-56 Golpes	26.0
C.B.R. (0.2")-56 Golpes	49.5
Densidad Seca	2.330

**DETERMINACION DEL C.B.R**



Maxima Densidad Seca (M.D.S)	2.298	
95 % de la M.D.S	2.183	
C.B.R (100% M.D.S) 0.1"	26	%
C.B.R (95% M.D.S) 0.1"	19.4	%

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA DE  
SENCCA, SAL DE MARAS Y AGUA POTABLE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº0411-18-LAQ

SOLICITANTE: EDWARD RAMOS CARREÑO

DIRECCION : Urb. SAN BORJA J-8B

DISTRITO : WANCHAQ

PROVINCIA : CUSCO

MUESTRA : SAL GRANULADO

PROCEDENCIA: MARAS

FECHA : C/14/08/2018

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

=====

Humedad %	0.72
Pureza % (NaCl)	96.60
Calcio %	0.27
Magnesio %	0.19
Sulfatos %	0.24
Carbonatos %	0.13
Materia Nitrogenada %	Ausente
Hierro ppm	7.20
Materia Insolubles %	1.25

=====

\* NTP 209.015

Cusco, 20 de Agosto 2018

UNSAAC

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios Analíticos

LABORATORIO  
 DE  
 ANÁLISIS  
 QUÍMICO

RESPONSABLE DEL LABORATORIO  
 DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº0411-18-LAQ

SOLICITANTE: EDWARD RAMOS CARREÑO  
 DIRECCION : Urb. SAN BORJA J-8B  
 DISTRITO : WANCHAQ  
 PROVINCIA : CUSCO  
 MUESTRA : SAL GRANULADO  
 PROCEDENCIA: MARAS  
 FECHA : C/14/08/2018

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

Humedad %	0.72
Pureza % (NaCl)	96.60
Calcio %	0.27
Magnesio %	0.19
Sulfatos %	0.24
Carbonatos %	0.13
Materia Nitrogenada %	Ausente
Hierro ppm	7.20
Materia Insolubles %	1.25

\* NTP 209.015

Cusco, 20 de Agosto 2018

UNSAAC  
 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios Analíticos  
 Laboratorio de Análisis Químico  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

**Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.**

Av. Tullumayo 768  
Cusco - Perú  
Telefax: 084-234727  
Celular: 975 713500  
RPC: 974787 151  
RPM: # 713522  
laboratoriolouispasteur@yahoo.es  
www.lablouispasteur.pe



**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-1519-2018**  
**SO-0497-2018**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

Solicitante: Edward Ramos Carreño  
Dirección Legal: Urb. San Borja Baja J-8-B - Cajamarca

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

Nombre del Producto: Agua potable  
Matriz química: Agua potable  
Fecha de Ingreso de Muestra: 2018/06/02  
Fecha de Ensayo: 2018/06/02

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS**

Toma de muestra realizada por: Sr. Edward Ramos Carreño  
Fecha de Toma de Muestra: 2018/06/02  
Procedencia de la Muestra: Agua de red pública.  
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 Frasco de vidrio de 500ml.  
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2018/06/07

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH <sup>*</sup>	-	7,95
Turbiedad(*)	NTU	1,82
Color(*)	UCV	5
Conductividad(*)	µs/cm	1442,5
Dureza total (*)	mgCaCO <sub>3</sub> /L	133,18
Dureza Calcio(*)	mgCaCO <sub>3</sub> /L	130,67
Sulfatos(*)	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	198,45
Cloruros Cl(*)	mgCl/L	168,95
Alcalinidad Total(*)	ppm	164,00

[\*] Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL -DA.  
Resultado referencial por superar el tiempo establecido por el método para su determinación.

**Métodos de Referencias:**

pH: 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 22<sup>nd</sup> Edition, Part 2140-Color, Visual Comparison Method  
Turbidez: 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 22<sup>nd</sup> Edition, Part 2130-Turbidity, 9. Nephelometry Method, Pág. 2-13  
20<sup>th</sup> EDITION, Part 2340-Turbidity, C-2014, Technical Method, Pág. 2-44  
Conductividad: 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 22<sup>nd</sup> Edition, Complicity Part 2150, 9. Laboratory Method, Pág. 2-34  
Cloruro: 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 22<sup>nd</sup> Edition, Part 4500-Cl, Chloride, 9. Argentometric Method, Pág. 4-172  
Sulfato: 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 22<sup>nd</sup> Edition, Part 4500-Sulfate, 9. Turbidimetric Method, Pág. 4-120  
Color: 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 22<sup>nd</sup> Edition, Part 2140-Color, 9. Turbidimetric Method, Pág. 2-44  
Alcalinidad: 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 22<sup>nd</sup> Edition, Part 2320-Alkalinity, 9. Titration Method, Pág. 2-34

  
Bigs. Patricia Miranda Pacheco  
COLBROP, N° 6536  
DIRECTOR TÉCNICO



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 3: Secado del Material Granular



Fuente: Elaboración Propia ,2018

Fotografía 4: Disgregación del Material Seco con la Comba de Goma.



Fuente: Elaboración Propia ,2018.



Fotografía 5: Ensayo de Limite Liquido



Fuente: Elaboración Propia ,2018

Fotografía 6: Ensayo de Limite Plástico



Fuente: elaboración Propia ,2018

Fotografía 7: Cuarteo del Material Granular



Fuente: Elaboración Propia ,2018.

Fotografía 8: Proceso de Cuarteo del Material



Fuente: Elaboración Propia ,2018

Fotografía 9: Ensayo de Análisis Granulométrico



Fuente: elaboración Propia ,2018

Fotografía 10: Tamizado material # N° 3/4 para ensayo de Proctor Modificado



Fuente: Elaboración Propia ,2018.

Fotografía 11: Proceso de compactación -Proctor modificado



Fuente: Elaboración Propia ,2018.

Fotografía 12: Moldes de CBR sumergidos



Fuente: elaboración Propia ,2018.

Fotografía 13: EPP de Seguridad en Laboratorio de Mecánicas de Suelos.



Fuente: Elaboración Propia ,2018.

Fotografía 14: EPP-Elementos de Protección Personal en Campo



Fuente: elaboración Propia ,2018.