



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**“Mejoramiento del suelo arenoso y limoso con Cloruro de Sodio y
Cal para sub rasante con pruebas de CBR-Cusco 2020”**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Quispe Huaman, Raul Jhosias Jhafeth (ORCID: 0000-0002-5069-6136)

Rodríguez Huaman, Luis (ORCID: 0000-0002-0306-7708)

ASESOR:

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

LINEA DE INVESTIGACION:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERU

2020

Dedicatoria

Con cariño a mi familia por ser el pilar en mi vida, por estar en todo momento guiando mis pasos y depositar su confianza en mí. Por el amor incondicional que tengo hacia ellos y agradecido eternamente con la vida por ponerme en su camino, que me han apoyado a cada paso de mi vida cumpliendo con mis objetivos trazados. Los adoro demasiado.

Luis Rodríguez Huamán

Es un gran orgullo dedicar este trabajo de investigación a mis padres, a mi esposa y a mis dos hermosas hijas por haberme motivado y apoyado incondicionalmente a seguir adelante. Es para mí una gran satisfacción ser parte de su vida y poder superarme en este proceso de mi carrera universitaria.

Raúl Jhosias J. Quispe Huamán

Agradecimiento

Agradezco de ante mano a Dios por darme la vida y brindarme serenidad en momentos difíciles, a mi familia por su apoyo constante, por sus enseñanzas e dedicación hacia mi persona y por ultimo a mis docentes por su valioso tiempo, paciencia y por haberme transmitido sabiduría durante mi vida académica.

Luis Rodríguez Huamán

Agradezco a Dios por protegerme y darme fuerzas, por guiarme durante todo este camino para poder alcanzar una de mis metas. A mi familia y en especial a mi esposa y mis dos hijas por ser los principales promotores de mis sueños gracias a ellos por confiar y creer en mí, gracias por estar presente en esta etapa tan importante de mi vida por cada momento durante todos estos años.

Raúl Jhosias J. Quispe Huamán

Índice del Contenido

Dedicatoria	II
Agradecimiento	III
Índice del Contenido.....	IV
Índice de Tablas.....	VII
Índice de Gráficos y Figuras.....	VIII
Índice de Anexos.....	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Formulación del Problema de Investigación	2
1.1.1. Problema General	2
1.1.2. Problemas Específicos.....	3
1.2. Justificación de la Investigación.....	3
1.2.1. Justificación de la Investigación	3
1.2.2. Viabilidad de la Investigación	4
1.2.3. Delimitaciones de la Investigación	5
1.2.4. Temporal	5
1.2.5. Limitación de la Investigación	5
1.3. Objetivo de la Investigación	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Hipótesis de la Investigación	6
1.4.1. Hipótesis General.....	6
1.4.2. Hipótesis Específica.....	6
II. MARCO TEORICO.....	7
2.1. Antecedentes.....	7
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes Internacionales	7
2.2. Bases Teóricas	8

2.2.1. Suelos	8
2.2.1.1. Sub-rasante	9
2.2.2. Propiedades del Suelo y su Determinación.....	10
2.2.2.1. Compacidad del Suelo.....	10
2.2.2.2. Resistencia al Suelo	10
2.2.3. Estabilización de Suelos	11
2.2.3.1. Métodos de Estabilización de Suelos	11
2.2.3.2. Propiedades Físicas de la Cal	12
2.2.3.3. Características y Propiedades Químicas de la Cal.....	12
2.2.4. Ejecución de la Estabilización con Cal IN SITU	12
2.2.4.1. Escarificación.....	12
2.2.4.2. Humectación del Suelo.....	12
2.2.4.3. Mezclado y Extendido de la Cal.....	13
2.2.4.4. Compactado y Acabado de la Superficie de la Capa.....	13
2.2.4.5. Curado.....	13
2.2.4.6. Control de Calidad	13
2.2.5. Ventajas de la Estabilización con Cal.....	13
2.3. Definición de Términos	14
III. METODOLOGIA.....	15
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	15
3.2. Variables y Operacionalización.....	15
3.3. Población y Muestra	15
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	17
3.5. Procedimientos	17
3.6. Método de Análisis de Datos	18
3.7. Aspectos Éticos	18
IV. RESULTADOS.....	19
4.1. Resultados de Laboratorio.....	19
4.2. Clasificación del Suelo.....	19
4.3. Datos de la Muestra.....	20
4.4. Análisis de Granulometría de Suelo por Tamizado.....	21

4.5. Determinación del Límite Líquido (L.L.), Limite Plástico (L.P.), y el Índice de Plasticidad (L.P.) de los suelos.....	22
4.6. Relación de Humedad - Densidad (Proctor Modificado)	23
4.7. Ensayo de CBR	28
V. DISCUSIÓN.....	43
VI. CONCLUSIÓN	44
VII. RECOMENDACIONES.....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	46
ANEXOS	48

Indice de Tablas

Tabla N°1 Categorías de la Sub-rasante	11
Tabla N°2 tipo de suelo.....	20
Tabla N°3 datos de la muestra.....	20
Tabla N°4 cuadro de análisis granulométrico	21
Tabla N°5 Limite Liquido (ASTM D4318)	22
Tabla N°6 Tabla Limite Liquido, Limite Plástico y Índice de Plasticidad	22
Tabla N°7 Tabla Proctor Modificado y Humedad muestra natural	23
Tabla N°8 Densidad máxima y humedad optima suelo natural.....	24
Tabla N°9 Tabla Proctor Modificado y Humedad con 4%	24
Tabla N°10 Densidad máxima y humedad optima con 4%	25
Tabla N°11 Tabla Proctor Modificado y Humedad con 8%	25
Tabla N°12 Densidad máxima y humedad optima con 8%	26
Tabla N°13 Tabla Proctor Modificado y Humedad con 12%	27
Tabla N°14 Densidad máxima y humedad optima con 12 %	27
Tabla N°15 Cuadro resumen de resultados de los ensayos de Proctor Modificado .	28
Tabla N°16 resumen de resultados de ensayos de CBR.....	42

Indice de Gráficos y Figuras

Figura N°1 Lugar de Ubicacion.....	16
Grafico N°1 grafico de análisis granulométrico	21
Grafico N°2 grafico de la Densidad vs la Humedad	23
Grafico N°3 grafico de la Densidad vs la Humedad con 4%	25
Grafico N°4 grafico de la densidad vs la humedad con 8%.....	26
Grafico N°5 grafico de la densidad vs la humedad con 12%.....	27
Grafico N°6 grafico de CBR vs la densidad seca del suelo natural	31
Grafico N°7 grafico de CBR vs la densidad, con incorporación de 12%	40

Índice de Anexos

Anexo N°01 Matriz de Operacionalización de Variables	48
Anexo N°02 Matriz de Consistencia	49
Anexo N°03 Aspectos Administrativos de la Investigación	50
Anexo N°04 Cronograma de Actividad	52
Anexo N°05 Panel Fotográfico	53
Anexo N°06 Ficha de Datos de Laboratorio	59
Anexo N°07 Porcentaje de Similitud TURNITIN	74

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizada con el fin de analizar y determinar como el Cloruro de Sodio con Cal se comporta en una sub rasante utilizando el ensayo de CBR. Dicho estudio se realizara con la dosificación del 4% 8% y 12% de Cloruro de Sodio con Cal al suelo natural de la zona a estudiar y con el cual se harán los ensayos de laboratorio respectivos y cumplir con los objetivos planteados.

Dicho estudio se realizó en la vía carrozable que conecta las APV Agua Buena y APV Qotacalle, dicha vía carrozable está teniendo un incremento de circulación de vehículos, debido al incremento de la circulación de vehículos por esta vía, se vienen presentando un problema para los residentes que viven en esta zona, como son el incremento de baches, hundimientos y sobre todo un incremento de polvo.

El Cloruro de Sodio es un material ampliamente estudiado, el cual ayuda en la estabilización de suelos, esto se debe a la reacción que se produce debido al intercambio iónico entre el sodio y los minerales que componen el suelo, lo cual produce una acción cementante, lo cual indica un incremento en la capacidad de soporte y su incremento de resistencia a las cargas, también se ha utilizado por todas estas características antes señaladas se ha elegido este material para este estudio.

La Cal es un material aplicado desde hace décadas en lo que es construcción y vías, dicho material tiene como características más principales de reducción de humedad natural del suelo, aumento de la permeabilidad, mayor trabajabilidad, reducción del índice de plasticidad, todas estas características son relevante en el presente trabajo de investigación.

Al finalizar con el estudio, se concluyó que la dosificación óptima para mejorar la Sub-rasante de la vía carrozable que conecta las APV Agua Buena y APV Qotacalle sea de 8% de Cloruro de Sodio con Cal, debido a que este porcentaje aumenta su CBR hasta un 11% de la máxima densidad seca.

Palabras clave: Cloruro de Sodio, Cal, resistencia a la compresión, CBR.

ABSTRACT

The present research work was carried out with the purpose of analyzing and determining how sodium chloride with lime behaves in a subgrade using the CBR test. This study will be carried out with the dosage of 4%, 8% and 12% of sodium chloride with lime to the natural soil of the area to be studied and with which the respective laboratory tests will be carried out in order to fulfill the proposed objectives.

This study was carried out on the road that connects the APV Agua Buena and APV Qotacalle, this road is having an increase in vehicle traffic, due to the increase in vehicle traffic on this road, there is a problem for the residents living in this area, such as the increase of potholes, sinkholes and especially an increase in dust.

Sodium chloride is a widely studied material, which helps in soil stabilization, this is due to the reaction that occurs due to the ionic exchange between sodium and minerals that make up the soil, which produces a cementing action, which indicates an increase in the bearing capacity and increased resistance to loads, also has been used for all these characteristics mentioned above has been chosen this material for this study.

Lime is a material that has been used for decades in construction and roads. The main characteristics of this material are the reduction of natural soil moisture, increased permeability, greater workability, and reduction of the plasticity index, all of which are relevant to this research work.

At the end of the study, it was concluded that the optimum dosage to improve the subgrade of the road that connects the APV Agua Buena and APV Qotacalle is 8% sodium chloride with lime, because this percentage increases its CBR up to 11% of the maximum dry density.

Keywords: sodium chloride, lime, compressive strength, CBR (California Bearing Ratio)

I. INTRODUCCIÓN

Los deterioros de las carreteras que se pueden ver en la ciudad del Cusco se presentan muy a menudo en todo el mundo, debido a que son problemas generales, esto se da tanto en aquellas vías que son pavimentadas y no pavimentadas, debido a la presencia de suelos finos, las cuales debido a sus características presentan una baja capacidad de soporte y que en contacto con el agua, éstas presentan una variación volumétrica lo que producen deformaciones y ahuellamientos en las vías.

En el Perú actualmente existe una gran problemática en cuanto a la infraestructura vial ya que muchas de las carreteras y pavimento urbanos se encuentran en mal estado por malas prácticas en el proceso constructivo o por la escasa Calidad de los materiales. Si a ellos se le adiciona las condiciones climáticas en donde son estructurados y el incremento de la tasa vehicular, estos no llegan a cumplir con el tiempo de vida útil establecido generando así una baja Calidad de servicio.

Según el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones en el 2015 en un cuadro estadístico nos da a conocer que la red Vial total dentro del país es de 165,371.00 km en la cual solo 23,769.00 km es pavimentada. Por tal razón podemos deducir que solo se cuenta con el 14% de la red vial nacional pavimentada,

La desventaja a parte de tener este déficit de vías pavimentadas es que muchas de estas son de asfalto, no han cumplido con su periodo de vida útil y se encuentran deterioradas; ello es ocasionado muchas veces por el desconocimiento de la normatividad y el no poder elegir soluciones como asfalto y concreto.

Un claro ejemplo que podemos ver en la Ciudad del Cusco es la prolongación de la AV. La Cultura, en esta vía podemos observar varias deformaciones, tanto longitudinales como transversales en toda su extensión, iniciando en el 4to

paradero de San Sebastián y terminando a la altura del Colegio De Ingenieros Del Cusco.

Para encontrar una solución a este problema se han realizado numerosos estudios utilizando diferentes materiales, como Cal, Cemento, Cloruro de Sodio, etc., además de aditivos químicos. Según la dosis adecuada, se puede aumentar la capacidad de soporte del suelo, reduciendo así el daño al pavimento a construir. Empecemos por el "Cloruro de Sodio" o comúnmente conocido como "sal común", la característica básica de este material es absorber el agua del aire y de los materiales circundantes, reduciendo el punto de evaporación y aumentando la cohesión del suelo. Una de las principales propiedades químicas que debe tener es un buen coagulante, que se debe al intercambio iónico entre el sodio y los componentes minerales de la fina matriz del material, reduciendo así la resistencia mecánica necesaria para lograr la densificación requerida. Consolidación

La sal es un estabilizador natural que puede cambiar la estructura de la piedra y mejorar sus propiedades físicas, ayudando así a aumentar la resistencia a las fuerzas de tracción y compresión, y así reducir la permeabilidad. Es apto para todo tipo de suelos, pero su eficacia se verá reducida en presencia de materia orgánica. Conociendo esta problemática en este estudio, el objetivo principal es determinar la influencia del Cloruro de Sodio y la Cal en la estabilidad de las vías de Agua buena APV y el colegio La Salle.

1.1. Formulación del Problema de Investigación

1.1.1. Problema General

En base a la realidad problemática presentada se le atribuyó el siguiente problema general: ¿De qué manera la aplicación el Cloruro de Sodio y Cal mejora las características físicas y mecánicas de un suelo arenoso y limoso como base de una sub rasante de la APV Qotacalle, San Sebastián - Cusco?

X= Comportamiento del Cloruro de Sodio y Cal.

Y1= Propiedades Físicas

Y2= Propiedades Mecánicas

1.1.2. Problemas Específicos

Como problemas específicos tenemos:

- ¿De qué manera el Cloruro de Sodio y la Cal ayuda a mejorar las características físicas de un suelo arenoso y limoso como base de una sub rasante la APV Qotacalle, San Sebastián - Cusco?
- ¿De qué manera el Cloruro de Sodio y el Cal ayuda a mejorar las características mecánicas de un suelo arenoso y limoso como base de una sub rasante en la APV Qotacalle, San Sebastián - Cusco?

1.2. Justificación de la Investigación

1.2.1. Justificación de la Investigación

Asociación Pro-vivienda Qotacalle la cual pertenece al Distrito De San Sebastián, Provincia De Cusco, Departamento De Cusco no cuenta con una adecuada infraestructura vial urbana. Lo cual genera una inadecuada Calidad de vida a los pobladores e inadecuada transitabilidad vehicular y peatonal.

Adicionalmente a lo antes señalado, también se indica que existen un incremento en la circulación de vehículos, tanto particulares como también de maquinarias, este último debido la construcción y a la pronta apertura del Colegio La Salle, este colegio cuenta con una amplia cantidad de alumnado, los estudiantes de este colegio normalmente son acompañados por sus padres lo cuales en su gran medida poseen un vehículo personal para transportarse, debido a este incremento en los vehículos de circulación se vienen presentando algunos problemas como con el incremento de polvo ambiental el cual se hace presente por la velocidad a la cual pasas los vehículos, también se consideran

los vehículos pesados que se dirigen a dicho centro de estudio ya que el colegio La Salle esta aumenta su infraestructura.

Con el presente proyecto de investigación, se pretende dar a conocer el uso del Cloruro de Sodio y Cal para la estabilización de los suelos arenoso limoso, los cuales mejoran las características naturales del suelo de modo que aumente su capacidad portante, también mejora las características plásticas de los suelos.

También cabe señalar que estos dos productos a emplearse tienen características que evitan que el polvo generado por la circulación se reduzca, con lo cual se disminuirá los posibles problemas pulmonares que podrían presentar los residentes de esta localidad.

Al aumentar el valor de soporte de la sub-rasante, se evitará la remoción del suelo existente y que este sea reemplazado con otro material granular lo cual significaría un costo elevado. Al mejorar la sub-rasante con el uso del cloruro de sodio y Cal, esto ayudará a reducir el espesor de la capa de soporte de los pavimentos.

1.2.2. Viabilidad de la Investigación

Esta investigación es relevante para dar a conocer de una alternativa que brinde medios a los problemas de los suelos arenosos y limosos, que sea de bajo costo y de fácil aplicación, sin la utilización de equipos sofisticados, pero con toda la Calidad requerida en los manuales del MTC. Para que el suelo que conforme la estructura del pavimento pueda tener larga vida.

Al mismo tiempo, es importante dar a conocer que la estabilización de la sub-rasante con el cloruro de sodio y Cal, es sumamente fácil de implementar en las Calles, caminos vecinales que pasen a ser pavimentados. Esto favorece a las entidades públicas a ejecutar obras viales con un costo inferior al método tradicional que en la actualidad se viene utilizando, contribuyendo así al desarrollo a través de buenas vías de comunicación y preservando el medio ambiente con proceso constructivo no dañino

1.2.3. Delimitaciones de la Investigación

Espacial: la APV agua buena, APV Qotacalle y el colegio La Salle, del distrito de San Sebastián – provincia y departamento del Cusco,

1.2.4. Temporal

El tiempo de la investigación tomo como punto de partida en el mes de diciembre del 2020 con un período de 03 meses para poder obtener resultados que puedan dar una mejor apreciación de la investigación hecha.

1.2.5. Limitación de la Investigación

Las limitaciones que se presentaron durante el desarrollo de la presente tesis son las siguientes: Solo se realizan algunos ensayos con el equipo disponible en el laboratorio de mecánica de suelos.

1.3. Objetivo de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

El objetivo general fue “Analizar si el Cloruro de Sodio y Cal mejora las características físicas y mecánicas del suelo arenoso y limoso en la APV Qotacalle, San Sebastián – Cusco”

1.3.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos tenemos

- Determinar si la incorporación del Cloruro de Sodio y el Cal ayuda a mejorar las características físicas de un suelo arenoso y limoso como base de una sub rasante la APV Qotacalle, San Sebastián - Cusco
- Determinar si la incorporación del Cloruro de Sodio y el Cal ayuda a mejorar las características mecánicas de un suelo arenoso y limoso como base de una sub rasante en la APV Qotacalle, San Sebastián - Cusco

1.4. Hipótesis de la Investigación

1.4.1. Hipótesis General

La hipótesis general fue “el Cloruro de Sodio y Cal mejoran las características físicas y mecánicas del suelo arenoso y limoso en la APV Qotacalle, San Sebastián – Cusco”

1.4.2. Hipótesis Específica

Como hipótesis específicos tenemos

- La incorporación del Cloruro de Sodio y la Cal mejoran las características físicas del suelo arenoso y limoso como base de una sub rasante en la APV Qotacalle, San Sebastián – Cusco
- la incorporación del Cloruro de Sodio y la Cal mejoran las características mecánicas de un suelo arenoso y limoso como base de una sub rasante en la APV Qotacalle, San Sebastián - Cusco

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Nacionales

El Bach. Angulo Trelles, Rommel, Tesis ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE CON CAL: El foco de investigación especificado es comprobar que se ha mejorado el comportamiento de un suelo, el cual se clasifica como arcilloso, y es de mala Calidad, considerando su función en el suelo, se añaden diferentes porcentajes de Cal según su peso seco. La estructura del pavimento sirve como capa base de la carretera. Varios porcentajes de Cal reducirán la plasticidad, aumentarán el valor de carga y crearán una capa impermeable, es decir, se ha cambiado de un suelo inferior a un suelo de buena Subrasante. **(Angulo Trelles, Rommel, 2004)**

“El Bach. García Gonzales, Anabelén, Tesis DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA SUB-RASANTE INCORPORANDO CAL ESTRUCTURAL EN EL SUELO LIMO ARCILLOSO DEL SECTOR 14 DE MOLLEPAMPA DE CAJAMARCA, 2015: El enfoque de este estudio es mezclar Cal en suelo natural en una proporción de 2%, 4%, 6% y 8%, lo que aumentará su resistencia y reducirá su plasticidad. Se ha confirmado que la Cal aumentará gradualmente en una proporción El valor CBR de añadir 2% de Cal es 5,70%, el valor CBR del 4% de Cal es 6,60%, y la resistencia del 6% de Cal es el%, 4%, 6% y 8% de la arcilla del lecho de la carretera. Limo de CBR. Se obtiene un valor CBR del 7,50% y se añade un 8% de Cal para obtener un valor CBR del 8,30%. **(García Gonzales, Anabelén, 2015)**

2.1.2. Antecedentes Internacionales

“El Bach. Vásquez Jara, Jaime David, sustento el año 2008 su Tesis ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CAL: El objetivo principal de esta investigación es promover la Cal como estabilizador de suelos en la ingeniería vial, por lo que se analizó la incidencia de este producto estabilizador en suelos

altamente plásticos. Para realizar este análisis se desarrolló una hipótesis de diseño en la que se utilizaron datos obtenidos en el laboratorio para calcular las características de la cimentación de la estructura de pavimento flexible. En general, es posible verificar la efectividad del producto químico como sustituto del tratamiento del suelo, porque tiene la capacidad de mejorar las características básicas del suelo, pero por factores económicos también se ha mejorado su capacidad de soporte. Este producto no se puede utilizar como la mejor solución al problema. (Bach. Vásquez Jara, Jaime David, 2008)

“El Bach. Altamirano Navarro, Genaro José y el Bach. Díaz Sandino, Axel Exequiel, sustentaron en el año 2015 su Tesis ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS POR MEDIO DE CAL EN LAS VÍAS DE LA COMUNIDAD DE SAN ISIDRO DEL PEGÓN, MUNICIPIO POTOSÍ – RIVAS: El objetivo principal de su investigación fue estabilizar la arcilla en los caminos de la comunidad de San Isidro del Pegón con mezcla de Cal. Analizar los datos obtenidos para posteriormente añadir dosificaciones a la arcilla en diferentes proporciones de Cal (3%, 6%, 9% y 12%). Al utilizar porcentajes para determinar el rendimiento, se han realizado mejoras significativas en términos de plasticidad y densidad de compactación. Asimismo, debido a la reacción exotérmica entre la Cal y la arcilla, se incrementa la humedad requerida para el proceso, aumentando así significativamente la capacidad de soporte del suelo. Se obtuvo un porcentaje aceptable de Cal y se determinó que las mejores condiciones de suelo se pueden obtener con un 9% de Cal. (Bach. Altamirano Navarro, Genaro José y el Bach. Díaz Sandino, Axel Exequiel, 2015)

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Suelos

La tierra es uno de los materiales más utilizados por los seres humanos en la ingeniería civil. Esto se debe a que es un material natural compuesto por una mezcla

de partículas sólidas, fluido y gas. Por lo tanto, es necesario tener una buena comprensión de las propiedades mecánicas del suelo para que el comportamiento real del sistema sea más o menos similar al comportamiento predicho por el método de diseño utilizado. (Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/272164548_Comportamiento_mecanico_de_suelos_cohesivos_de_la_Sabana_de_Bogota_sobre_muestras_inalteradas_y_remoldeadas.)

2.2.1.1. Sub-rasante

Su Calidad depende en gran medida del grosor del suelo, ya sea un suelo flexible o rígido. Medimos la capacidad portante o la resistencia al esfuerzo cortante y la deformación bajo cargas de tráfico. El cambio de volumen en el suelo que se hincha dañará seriamente la estructura sobre él, por lo que es necesario controlar el cambio de volumen debido a la humedad tanto como sea posible al construir la acera. (Jorge A. Alvarez Pabon –ingeniero de proyectos-ICPC)

La calzada puede estar compuesta de suelo natural, o puede lograrse mediante algunos procesos de mejora, como la estabilización mecánica, utilizando cemento Portland, Cal, asfalto y otros aditivos para la estabilización física y química. (Jorge A. Alvarez Pabon –ingeniero de proyectos-ICPC)

Funciones de la capa sub-rasante

La función de la sub-rasante no es solo considerar la cimentación de la acera, sino también soportar la carga transmitida por la acera y brindar apoyo. Las características que debe cumplir son: el valor máximo de f es de 3 pulgadas, la tasa máxima de expansión es del 5% y el grado mínimo de compactación es del 95%; el espesor mínimo de las carreteras de bajo flujo es de 30 cm y el espesor mínimo de carreteras con TPDA > 2000 vehículos es de 50 cm. (Disponible en: <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/Pavimentos.pdf>)

2.2.2. Propiedades del Suelo y su Determinación

La participación del suelo que forma la sub-rasante es el factor polivalente más importante a considerar a la hora de delimitar la estructura del pavimento (rigidez, flexibilidad, afirmado).

2.2.2.1. Compacidad del Suelo

Es el porcentaje de compactación del material. La compacidad del suelo es una característica importante en el camino, porque está directamente relacionada con la resistencia, deformabilidad y estabilidad, porque su firmeza debe estar plenamente determinada para evitar el asentamiento. (Braja M. Das, 2013, p. 60).

- **Ensayo Proctor**

Con el desarrollo de rodillos de servicio pesado y su aplicación en la compactación de campo, la prueba estándar de Proctor se modificó para representar mejor las condiciones de campo. (Braja M. Das, 2013, p. 60).

2.2.2.2. Resistencia al Suelo

No cabe duda de que las propiedades mecánicas del material son el factor más importante, y los ensayos realizados antes de este tienen como objetivo obtener la máxima estabilidad mecánica, de modo que la tensión se pueda transferir de manera uniforme y gradual. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección suelos y pavimentos)

- **Capacidad Portante**

La capacidad de carga de un material se define como la carga que puede soportar sin provocar un asentamiento excesivo. El índice más comúnmente utilizado para materiales es el índice CBR (California Bearing Ratio), que producirá un perfil de estrato para cada parte del estudio, a partir del cual se puede especificar un plan de prueba para determinar CBR. 95% de la densidad seca máxima y penetración de carga de 2,54 mm. Una vez obtenido el valor de CBR de diseño, se clasificará el departamento o subcategoría correspondiente al departamento:

Tabla N°1 Categorías de la Sub-rasante

CATEGORÍA DE SUB-RASANTE	CBR
Sub-rasante inadecuada	CBR < 3%
Sub-rasante pobre	3% ≤ CBR < 6%
Sub-rasante regular	6% ≤ CBR < 10%
Sub-rasante buena	10% ≤ CBR < 20%
Sub-rasante Muy buena	20% ≤ CBR < 30%
Sub-rasante excelente	CBR ≥ 30%

Nota. Adaptado de “Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección suelos y pavimentos”

2.2.3. Estabilización de Suelos

Por lo general, está hecho de materiales de Subrasante deficientes o insuficientes. El objetivo preciso es la estabilización, es decir, aumentar la resistencia mecánica para que las partículas trabajen de manera más eficiente y aseguren suficiente humedad.

2.2.3.1. Métodos de Estabilización de Suelos

Métodos Químicos

Este método se basa en la aplicación de productos químicos, debiendo tomarse en consideración las especificaciones técnicas del material, y debe ser provisto de manera cercana y uniforme con el suelo tratado y solidificado. Los principales materiales químicos utilizados como estabilizadores son:

- Cal.
- Cemento Portland.
- Cloruro de Sodio
- Cloruro de Calcio.

2.2.3.2. Propiedades Físicas de la Cal

- **Densidad:** Esta característica se debe a la temperatura de Calcinación, cuanto mayor es la temperatura de Calcinación, mayor es la densidad de la Cal.
- **Dureza:** Sus propiedades oscilan entre muy blandas y similares a la piedra original obtenida de ella, dependiendo de la temperatura de Calcinación.
- **Porosidad:** Esto depende de la naturaleza de la piedra Caliza y de las condiciones de Calcinación. La porosidad de la Cal viva afecta la actividad química de la sustancia.
- **Plasticidad:** La capacidad de un bloque de Cal para cambiar su forma cuando está bajo presión sin causar agrietamiento.

2.2.3.3. Características y Propiedades Químicas de la Cal

- **Reactividad de la Cal con agua:** La Cal viva reacciona violentamente con el agua para formar hidróxido de Calcio y liberar Calor, proceso que se denomina hidratación o Cal apagada.
- **Recorbanatación:** La humedad del aire cataliza la reacción entre el óxido de Calcio y el dióxido de carbono en el aire. La reacción general ocurre formando hidróxido de Calcio, que luego reacciona con dióxido de carbono.

2.2.4. Ejecución de la Estabilización con Cal IN SITU

2.2.4.1. Escarificación

El rayado o la hinchazón del suelo es esencial para lograr la profundidad y uniformidad de mezcla requeridas. Para realizar esta actividad se utilizará una motoniveladora o tractor de orugas.

2.2.4.2. Humectación del Suelo

Este aspecto es muy importante, porque en el suelo blando y húmedo, el óxido de Calcio permanecerá adherido a medida que cae, evitando así el peligro de ser arrastrado por el viento, incluso antes de que comience a actuar inmediatamente sobre el suelo. Mezclando.

2.2.4.3. Mezclado y Extendido de la Cal

Esta etapa consiste en mezclar Cal con el material a estabilizar, en carreteras con poca intensidad de tráfico es suficiente una motoniveladora. El proceso consiste en rotar el material rayado con la hoja de la niveladora y luego cubrirlo. Cal de lado a lado hasta notar una mezcla homogénea, es decir, cuando ya no se vean más grumos de Cal en el suelo, es obvio que el suelo tiene el mismo color.

2.2.4.4. Compactado y Acabado de la Superficie de la Capa

La compactación de la capa tratada se realiza después de utilizar técnicas convencionales en movimiento de tierras y nivelarla a la altura requerida para una capa estable con niveladora. Cuando se alcance una densidad igual o superior al 95% en la capa estable construida, el proceso de compactación se considerará completo.

2.2.4.5. Curado

La capa estable compactada se debe curar durante 3 a 7 días para que se endurezca, luego se debe colocar la capa compactada correspondiente, y la superficie debe mantenerse en condiciones húmedas con una pequeña cantidad de agua y compactarse cuando sea necesario.

2.2.4.6. Control de Calidad

Una vez completada la compactación, el objetivo principal es lograr un valor CBR específico. Se realizará una prueba de densidad de campo para que la densidad media sea superior al 95% de la densidad máxima obtenida en la prueba de Proctor.

2.2.5. Ventajas de la Estabilización con Cal

El uso de óxido de Cal (Cal viva o hidratada) permite obtener una serie de ventajas técnicas y económicas:

- Reutilizar el terreno disponible en la carretera, reduciendo la necesidad de materiales de préstamo. Reducir el costo de movimiento de tierras, afectando especialmente el transporte y tiempo de ejecución de materiales.
- Reutilice la tierra disponible en la carretera y reduzca la necesidad de materiales de préstamo. Reducir el costo de movimiento de tierras, afectando especialmente el transporte y tiempo de ejecución de materiales.
- En comparación con el uso de otros adhesivos, la razón por la que se utiliza la Cal para la estabilización es que no presenta una solidificación rápida, por lo que tiene una gran flexibilidad en la organización de las diferentes etapas de ejecución (mezclado, pavimentación, compactación, etc.).

2.3. Definición de Términos

- **Baches:** Son depresiones que se forman en la superficie debido al desgaste provocado por el tráfico de vehículos y la desintegración local.
- **CBR:** El valor de soporte correspondiente del suelo establecido en laboratorio por infiltración en el bloque de suelo.
- **Sub-rasante:** La superficie completa de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno) se puede utilizar como base para la combinación de la estructura completa de aceras o carreteras confirmadas.

III. MÉTODOLÓGIA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación

La investigación que aquí se plantea es CUANTITATIVA, donde se estudia la necesidad de la implementación de aditivos que mejoren las propiedades físicas y mecánicas de un suelo arenoso limoso sin incurrir en altos costos y que no generen un impacto considerable o significativo en el medio ambiente en el cual se realiza la investigación.

Igualmente es de tipo DESCRIPTIVA, pues alcanza los objetivos de la investigación a partir de la disertación teórica y el análisis de los componentes esenciales de la realidad estudiada.

3.2. Variables y Operacionalización

Variables

X= comportamiento del Cloruro de Sodio y el Cal.

Y1= propiedades físicas

Y2= propiedades mecánicas

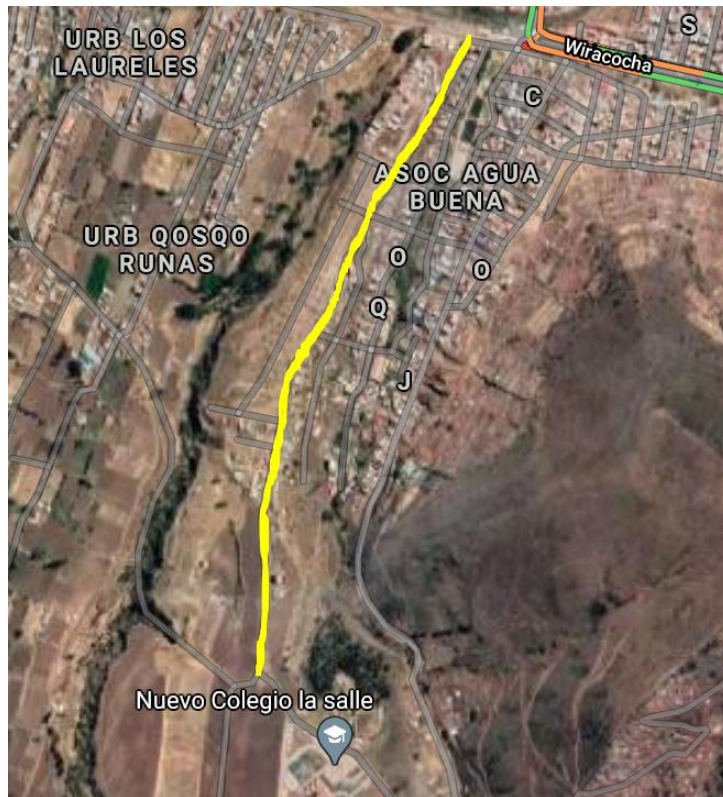
3.3. Población y Muestra

POBLACIÓN

En la presente investigación la población se delimitara a las APV Agua Buena, APV Qotacalle y que conecta al colegio la Salle, esta se encuentra en el Distrito De San Sebastián, Provincia De Cusco, Departamento De Cusco.

El tramo de estudio se indica en color amarillo, dicha zona de estudio se encuentra en medio de asociaciones pro-viviendas y campos agrícolas, el presente trabajo busca mejorar la situación actual de la vía antes indicada y con esto mejorar la Calidad de vía de los residentes de las respectivas asociaciones.

Figura N°1 Lugar de Ubicacion



Fuente: Elaboración Propia

La via en estudio en la actualidad es una via que conecta varias viviendas y un colegio que esta por aperturar sus labores, con este ultimo se incrementaran la cantidad de vehiculos circulantes y como la via es trocha en este momento y presenta varios undimientos, esta causando un daño a la poblacion de esta via, debido a que se esta empezando a levantar mas polvadera, lo cual puede causar daños pulmomares a los pobladores que viven y usasn esta via

Muestra

La muestra para el presente trabajo será como referencia el APV Qotacalle la cual se encuentra al medio de la carretera en mención, con una distancia aproximada de 442m. Desde el punto de inicio de la carreta hasta la mencionada APV Qotacalle.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La tecnología utilizada consistirá en recolectar muestras de la vía a estudiar para identificar el tipo de suelo y sus propiedades físicas y mecánicas originales, mientras se muestrea visualmente el tipo de tránsito en la zona. Para ello, se utilizará la prueba de supervisor mejorada y la prueba de CBR, y podemos formular una tabla en base a los datos obtenidos por el laboratorio.

Validez

La validez de este trabajo de investigación se llevará a cabo en base a las pruebas obtenidas en el laboratorio y sujeto a las normas técnicas vigentes.

Confiabilidad

La confiabilidad de la investigación cualitativa se refiere a la confianza o garantía de que el investigador puede aceptar los resultados de acuerdo con el procedimiento de investigación. Se recomienda que los investigadores utilicen procedimientos de investigación (inventar, descubrir, explicar y registrar) para coordinar la toma de decisiones con el fin de buscar consistencia en los resultados. Para la investigación cuantitativa, la seguridad del instrumento corresponde a la durabilidad de los datos obtenidos, y se elimina el riesgo de diferencias entre diferentes situaciones y tiempos de aplicación. En algunos estudios cuantitativos experimentales se utilizan instrumentos mecánicos y electrónicos de diversos grados y complejidad, y sus características aseguran la precisión de la medición. (Confiabilidad y validez en la investigación cuantitativa por Luis Diego Mata Solís)

3.5. Procedimientos

Para el presente trabajo de investigación se realizara la extracción de muestra del suelo natural de la vía a estudiar la cual se encuentra a la altura de la APV Qotacalle, con dicha muestra se procederá a realizar los estudios de laboratorio correspondientes del suelo natural, para posteriormente añadir en

proporciones de 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio y Cal, la cual estará compuesta de 50% de Cloruro de Sodio y el otro 50% de Cal respectivamente el suelo natural de la vía a estudiar la cual se encuentra a la altura de la APV Qotacalle, con dicha muestra se procederá a realizar los estudios de laboratorio correspondientes del suelo natural, para posteriormente añadir en proporciones de 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio y Cal, la cual estará compuesta de 50% de Cloruro de Sodio y el otro 50% de Cal respectivamente

- análisis de las características del suelo natural con el Cloruro de Sodio y Cal, para su uso en la sub rasante
- De acuerdo a las consideraciones requeridas por el MTC y el AASHTO se procederá a dar validez al uso de estos componentes para ser usados en la sub rasante
- Evaluación del costo beneficio utilizando Cloruro de Sodio y Cal, comparándolo con el uso de materiales químicos.

3.6. Método de Análisis de Datos

Para el método de análisis de datos nos apoyaremos de las normas AASHTO y las normas brindadas por el Ministerio De Transporte Y Comunicaciones, las cuales nos proveen diversos parámetros para evaluar los factores fundamentales como son: periodo de análisis, tránsito, confiabilidad, serviciabilidad, módulo de reacción de la sub rasante, transferencias de cargas y perdida de soporte, estos serán hallados según estudios realizados y otros por medio de tablas ya delimitadas.

3.7. Aspectos Éticos

En la presente elaboración de investigación se considera iniciar por aspectos éticos para la recolección de la información necesaria para la presente investigación, y de este modo se respeten los derechos de autor. La información citada en el presente trabajo de investigación se encuentra citada con cada uno de los autores de los cuales se pudo sacar información relevante para el presente trabajo de investigación, se utilizará la norma APA a fin de garantizar la validez y confiabilidad de la información presentada.

IV. RESULTADOS

En el presente capítulo se detallaran los materiales utilizados y la muestra obtenida a la altura de la APV Qotacalle, características del suelo natural encontradas en laboratorio y la incorporación del Cloruro de Sodio y Cal en los porcentajes de 4%, 8% y 12% respectivamente, con los cuales se realizaron diferentes ensayos como detallaremos más profundamente a continuación.

Materiales

Se recolecto el suelo natural a estudiar, el cual se encuentra al frente de la APV Qotacalle la cual está a la mitad longitudinal de la carretera a estudiar.

El objetivo principal al describir la muestra, es hacer inferencia a la población que se estudia teniendo base la información que contiene dicha muestra, por lo que el objetivo conlleva al estudio del problema del muestreo. (Parra Olivares, 2003)

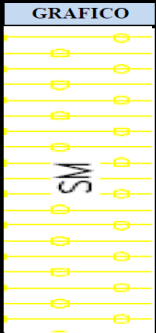
4.1. Resultados de Laboratorio

De acuerdo a los ensayos realizados en laboratorio y así como con el procesamiento de datos en el presente capítulo se mostrarán los resultados obtenidos en dichos ensayos.

4.2. Clasificación del Suelo

La clasificación del suelo de acuerdo a la S.U.C.S. Es de "SM" que de acuerdo a la tabla brindada por norma seria de S= Arena M= Limo y de acuerdo al AASHTO se clasifico como A-4(0) lo cual nos indica que es un suelo limoso no plástico y con una descripción del suelo de acuerdo al laboratorio de Arenas Limosas, la muestra tiene 22.80% de grava, 36.71 % de arena y 40.50% de finos.

Tabla N°2 tipo de suelo

S.U.C.S	AASHTO	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO
SM	A-4 (0)		Arenas Limosas , la muestra tiene 22.80% de grava, 36.71 % de arena y 40.50% de finos

Fuente: resultado de laboratorio

4.3. Datos de la Muestra

La muestra cómo se detalló con anterioridad se obtuvo a la altura de la APV Qotacalle, la cual se encuentra a la mitad de la vía de estudio, una vez procesada la muestra en el laboratorio se pudieron obtener los datos que mencionamos a continuación:

Tabla N°3 datos de la muestra

CLASIFICACION DEL SUELO	
S.U.C.S. (ASTM D 2487)	SM
Arena limosa con grava	
AASHTO (ASTM D3282)	A-4 (0)
Suelo limoso	
DATOS DE LA MUESTRA	
Peso Total del Suelo	19904,00
Peso de la Fraccion	589,00
D60	0,56
D30	
D10	
Cu	
Cc	
Lim Liquido (ASTM D4318)	18,33
Lim Plastico (ASTM D4318)	NP
Indice de Plasticidad	NP
% Humedad (ASTM D2216)	1,94
GRAVA (%)	22,80
ARENA (%)	36,71
FINOS (%)	40,50

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Análisis de Granulometría de Suelo por Tamizado

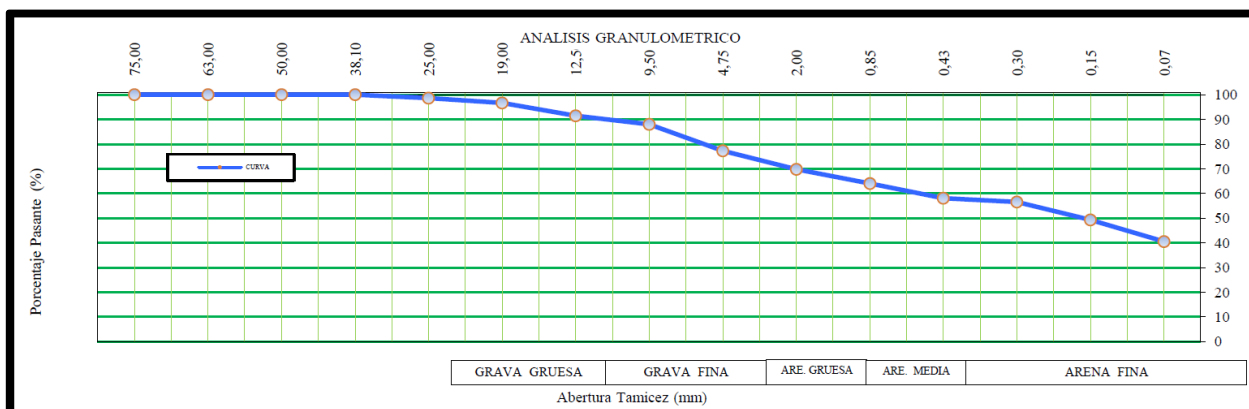
Se procedió a realizar la granulometría de la muestra obtenida en la vía de estudio y acuerdo a los ensayos realizados en laboratorio se obtuvo los datos siguientes

Tabla N°4 cuadro de análisis granulométrico

ANALISIS GRANULOMETRICO					
(ASTM D422 / ASTMD 2487 /MTC E204)					
MALLA (Abertura)		PESO	%	%	%
PLG.	mm.	RETENIDO (gr.)	RETENIDO	ACUMULADO	PASANTE
3"	75,00				
2 1/2"	63,00				
2"	50,00				100,00
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	269,00	1,35	1,35	98,65
3/4"	19,00	400,00	2,01	3,36	96,64
1/2"	12,50	1041,00	5,23	8,59	91,41
3/8"	9,50	681,00	3,42	12,01	87,99
N° 4	4,75	2147,00	10,79	22,80	77,20
N° 10	2,00	56,44	7,40	30,20	69,80
N° 20	0,85	43,79	5,74	35,94	64,06
N° 40	0,43	46,00	6,03	41,97	58,03
N° 50	0,30	11,79	1,55	43,51	56,49
N° 100	0,15	55,41	7,26	50,77	49,23
N° 200	0,07	66,61	8,73	59,50	40,50
< 200	Fondo	309,0	40,5	100,0	0,0

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°1 grafico de análisis granulométrico



Fuente: Elaboración Propia

4.5. Determinación del Límite Líquido (L.L.), Limite Plástico (L.P.), y el Índice de Plasticidad (L.P.) de los suelos

Para este ensayo solo se utilizó el material que solo paso por la maya N°40.

A continuación, se procedió a la incorporación de agua o disminución de agua según la necesidad que tenga el material y a continuación procederemos a mezclar la muestra estudiada hasta el punto de obtener una pasta semi-líquida homogénea.

Tabla N°5 Limite Liquido (ASTM D4318)

RECIPIENTE N°	N°	I	A	M
N° DE GOLPES	N°	19	26	34
RECIPIENTE + SUELO HUMED	grs	49,73	53,00	53,76
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs	47,86	51,18	51,87
PESO DEL RECIPIENTE	grs	38,59	41,22	40,18
PESO DE AGUA	grs	1,87	1,82	1,89
PESO DEL SUELO SECO	grs	9,27	9,96	11,69
% DE HUMEDAD	%	20,17	18,27	16,17

Fuente: Elaboración Propia

El laboratorio indica que no se realizó el ensayo de limite plástico, debido a que la muestra de estudio presenta o contiene arena, lo cual se detalló líneas arriba en la clasificación del tipo de suelo, que determino de acuerdo al AASHTO se clasifico como A-4(0) lo cual nos indica que es un suelo limoso no plástico

Obteniendo como resultados de la muestra natural in limite liquido de 18.33

Tabla N°6 Tabla Limite Liquido, Limite Plástico y Índice de Plasticidad

LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICIDAD
18.33	NP	NP

Fuente: Elaboración Propia

4.6. Relación de Humedad - Densidad (Proctor Modificado)

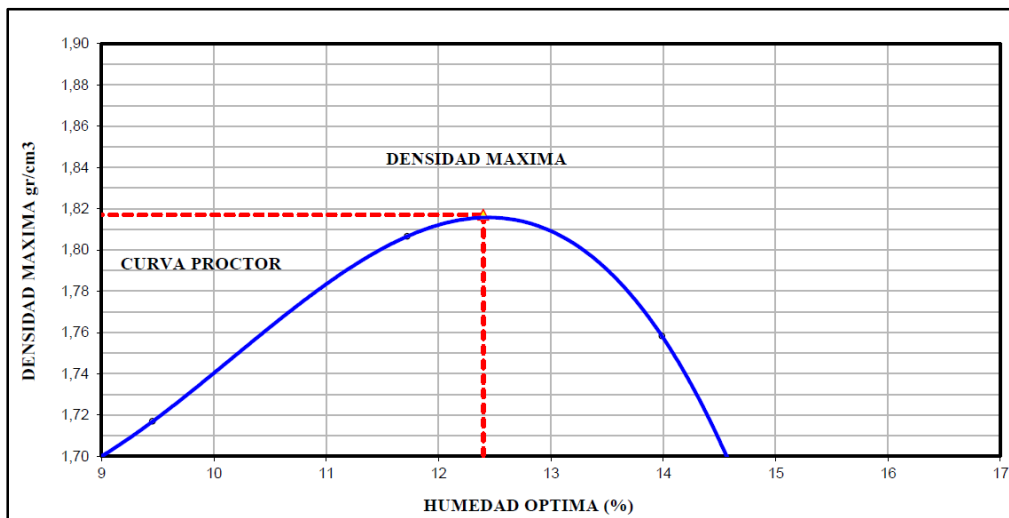
Con los datos antes señalados y obtenidos en laboratorio se procedió a realizar el ensayo de Proctor modificado. Y que de acuerdo a la muestra natural a estudiar se obtuvieron los siguientes cuadros.

Tabla N°7 Tabla Proctor Modificado y Humedad muestra natural

TIPO PROCTOR: (MODIFICADO)	UND	PUNTOS			
		1	2	3	4
METODO DE COMPACTACION		C	C	C	C
PESO SUELO + MOLDE	gr	10421	10567	10863	10833
PESO MOLDE	gr	6570	6570	6570	6570
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr	3851	3997	4293	4263
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	gr/cm ³	1,811	1,879	2,018	2,004
	UND	RECIPIENTES			
RECIPIENTE N°	cod	0	0	0	0
PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	gr	432,20	442,20	264,00	394,40
PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	gr	403,00	404,00	236,30	346,00
PESO DEL RECIPIENTE	gr	0,00	0,00	0,00	0,00
PESO DE AGUA	gr	29,20	38,20	27,70	48,40
PESO DE SUELO SECO	gr	403,00	404,00	236,30	346,00
CONTENIDO DE AGUA	%	7,25	9,46	11,72	13,99
PESO VOLUMETRICO SECO	gr/cm ³	1,688	1,717	1,807	1,758

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°2 grafico de la Densidad vs la Humedad



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°8 Densidad máxima y humedad optima suelo natural

DENSIDAD MAXIMA	HUMEDAD OPTIMA
1.82 gr/cm ³	12.40%

Fuente: Elaboración Propia

Una vez finalizados los ensayos de la muestra natural a estudiar en el presente trabajo de investigación se procedió a incorporar el Cloruro de Sodio y Cal en los porcentajes antes señalados que son de 4%, 8% y 12%.

Con dichas incorporaciones podremos obtener diferentes datos para poder ser evaluados y de este modo poder hacer una comparación, para determinar con cuál de los porcentajes el suelo de estudio tiene una mejor trabajabilidad y una mejor capacidad de carga.

A la muestra de estudiar se le incorporo 4% de Cloruro de Sodio y Cal, con esta combinación se procedió a realizar el ensayo de Proctor modificado.

Y que de acuerdo a la muestra que contiene 4% de Cloruro de Sodio y Cal la cual es una mezcla homogénea se obtuvieron los siguientes cuadros.

Tabla N°9 Tabla Proctor Modificado y Humedad con 4%

TIPO PROCTOR: (MODIFICADO)	UND	PUNTOS			
		1	2	3	4
METODO DE COMPACTACION		C	C	C	C
PESO SUELO + MOLDE	gr.	11021	11143	11302	11345
PESO MOLDE	gr.	6570	6570	6570	6570
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr.	4451	4573	4732	4775
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	gr/cm ³	2,093	2,150	2,225	2,245

HUMEDAD	UND	RECIPIENTES			
		0	0	0	0
RECIPIENTE N°	cod.	0	0	0	0
PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	gr.	432,20	343,30	279,60	312,20
PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	gr.	395,00	309,00	245,60	269,30
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	0,00	0,00	0,00	0,00
PESO DE AGUA	gr.	37,20	34,30	34,00	42,90
PESO DE SUELO SECO	gr.	395,00	309,00	245,60	269,30
CONTENIDO DE AGUA	%	9,42	11,10	13,84	15,93
PESO VOLUMETRICO SECO	gr/cm ³	1,913	1,935	1,954	1,936

Fuente: Elaboración Propia

Grafico N°3 grafico de la Densidad vs la Humedad con 4%

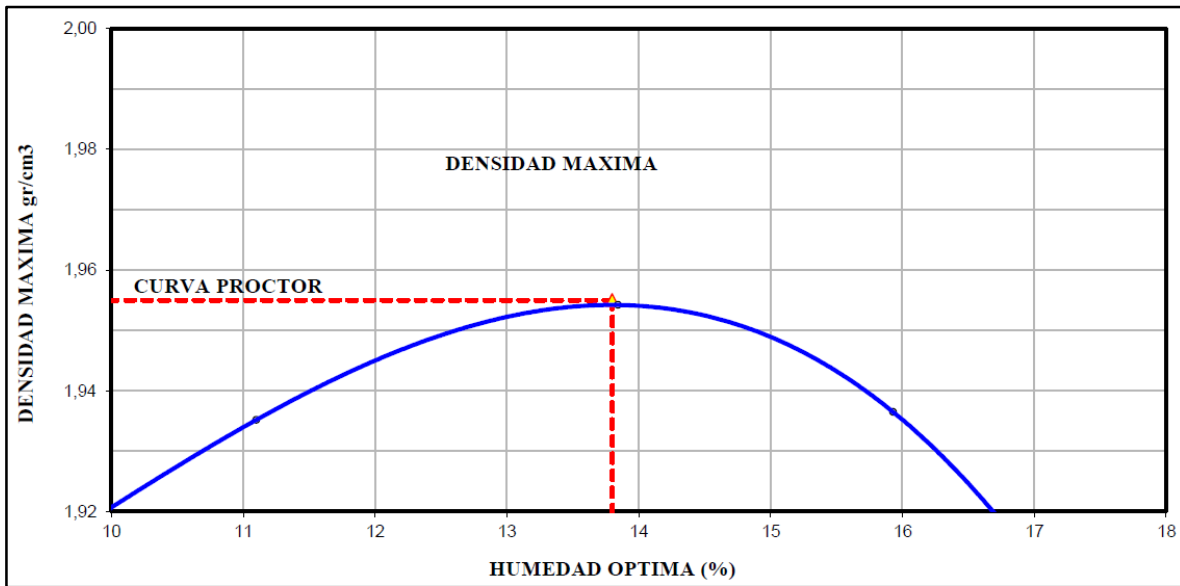


Tabla N°10 Densidad máxima y humedad óptima con 4%

DENSIDAD MÁXIMA	HUMEDAD ÓPTIMA
1.96 gr/cm ³	13.80%

Fuente: Elaboración Propia

A la muestra de estudiar se le incorporo 8% de Cloruro de Sodio y Cal, con esta combinación se procedió a realizar el ensayo de Proctor modificado.

Y que de acuerdo a la muestra que contiene 8% de Cloruro de Sodio y Cal la cual es una mezcla homogénea se obtuvieron los siguientes cuadros.

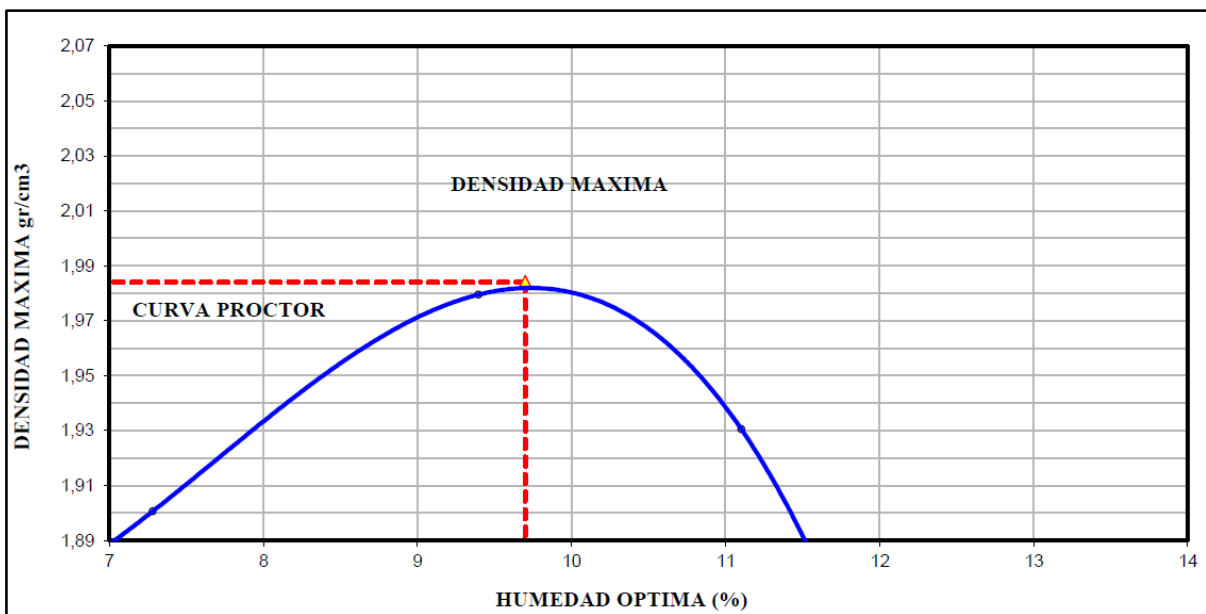
Tabla N°11 Tabla Proctor Modificado y Humedad con 8%

TIPO PROCTOR: (MODIFICADO)	UND	PUNTOS			
		1	2	3	4
METODO DE COMPACTACION		C	C	C	C
PESO SUELO + MOLDE	gr.	10743	10907	11176	11132
PESO MOLDE	gr.	6570	6570	6570	6570
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr.	4173	4337	4606	4562
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	gr/cm ³	1,962	2,039	2,165	2,145

HUMEDAD	UND	RECIPIENTES			
RECIPIENTE N°	cod.	0	0	0	0
PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	gr.	433,30	343,30	289,90	322,20
PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	gr.	410,00	320,00	265,00	290,00
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	0,00	0,00	0,00	0,00
PESO DE AGUA	gr.	23,30	23,30	24,90	32,20
PESO DE SUELO SECO	gr.	410,00	320,00	265,00	290,00
CONTENIDO DE AGUA	%	5,68	7,28	9,40	11,10
PESO VOLUMETRICO SECO	gr/cm3	1,856	1,901	1,979	1,930

Fuente: Elaboración Propia

Grafico N°4 grafico de la densidad vs la humedad con 8%



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°12 Densidad máxima y humedad óptima con 8%

DENSIDAD MAXIMA	HUMEDAD OPTIMA
1.98 gr/cm3	9.70%

Fuente: Elaboración Propia

A la muestra de estudiar se le incorporo 12% de Cloruro de Sodio y Cal, con esta combinación se procedió a realizar el ensayo de Proctor modificado.

Y que de acuerdo a la muestra que contiene 12% de Cloruro de Sodio y Cal la cual es una mezcla homogénea se obtuvieron los siguientes cuadros.

Tabla N°13 Tabla Proctor Modificado y Humedad con 12%

TIPO PROCTOR: (MODIFICADO)	UND	PUNTOS			
		1	2	3	4
		C	C	C	C
METODO DE COMPACTACION					
PESO SUELO + MOLDE	gr.	11054	11253	11414	11459
PESO MOLDE	gr.	6570	6570	6570	6570
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2127	2127	2127	2127
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr.	4484	4683	4844	4889
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	gr/cm3	2,108	2,202	2,277	2,299

HUMEDAD	UND	RECIPIENTES			
		0	0	0	0
RECIPIENTE N°	cod.	0	0	0	0
PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	gr.	454,40	205,00	157,10	423,40
PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	gr.	416,00	184,50	138,10	367,00
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	0,00	0,00	0,00	0,00
PESO DE AGUA	gr.	38,40	20,50	19,00	56,40
PESO DE SUELO SECO	gr.	416,00	184,50	138,10	367,00
CONTENIDO DE AGUA	%	9,23	11,11	13,76	15,37
PESO VOLUMETRICO SECO	gr/cm3	1,930	1,982	2,002	1,992

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°5 grafico de la densidad vs la humedad con 12%

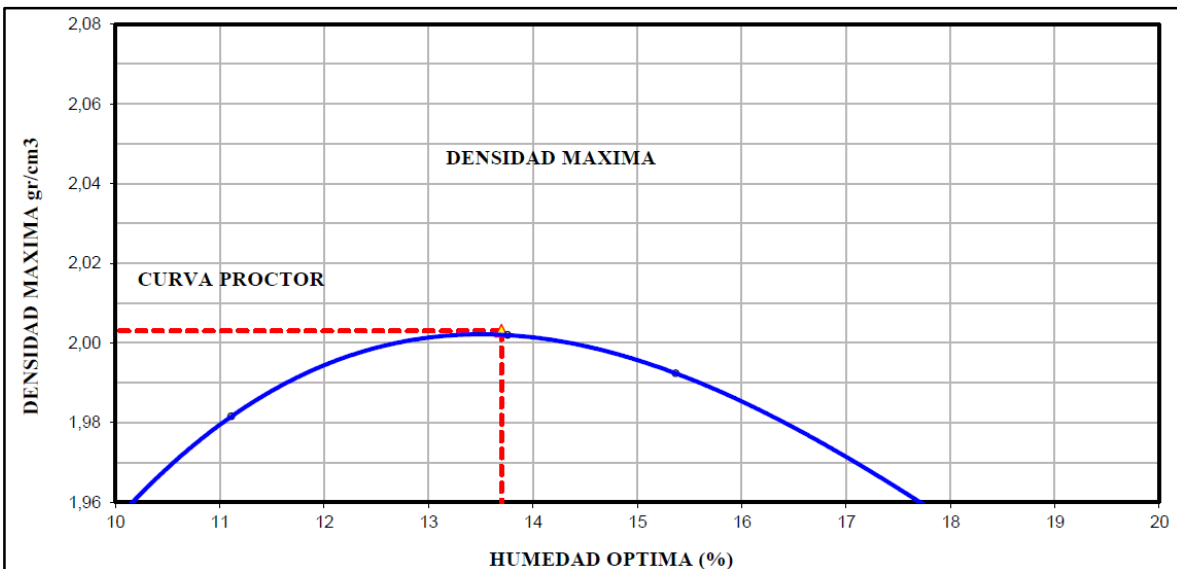


Tabla N°14 Densidad máxima y humedad óptima con 12 %

DENSIDAD MAXIMA	HUMEDAD OPTIMA
2.00 gr/cm3	13.70%

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos obtenidos en laboratorio se pudo realizar el cuadro que se detalla líneas más abajo, en el cual se puede observar que después de realizar los estudios correspondientes a la incorporación del Cloruro de Sodio y Cal al suelo natural de la zona correspondiente a la APV Qotacalle, se llegó a la conclusión que la densidad máxima y la humedad optima, se obtiene con la incorporación del 8% de Cloruro de Sodio y Cal a la muestra de estudio, dichos son de densidad máxima de 1.96 gr/cm³ y una humedad optima de unos 13.80%

Tabla N°15 Cuadro resumen de resultados de los ensayos de Proctor Modificado

	NATURAL	4%	8%	12%
Densidad máxima	1.83 gr/cm ³	1.96 gr/cm ³	1.98 gr/cm ³	2.00 gr/cm ³
Humedad optima	12.40%	13.80%	9.70%	13.70%

Fuente: Elaboración propia

Estos son los datos con los cuales podremos dar inicio a nuestros ensayos de CBR, debido que para el ensayo de CBR se necesita la densidad máxima como la humedad óptima.

4.7. Ensayo de CBR

Con los datos obtenidos en los ensayos anteriores y de los cuales se pudo obtener la densidad máxima y la humedad optima correspondiente al suelo natura, al suelo natural incorporando el Cloruro de Sodio y Cal en un 4%, al suelo natural incorporando el Cloruro de Sodio y Cal en un 8% y al suelo natural incorporando el Cloruro de Sodio y Cal en un 12% se procedió con el ensayo de CBR.

Con el suelo natural a estudiar se procedió a realizar el ensayo de CBR, para el cual se determinó una densidad máxima de 1.83gr/cm³ y una humedad optima de 12.40% de acuerdo a los resultados de los ensayos anteriores

Para el ensayo de compactación se utilizó la humedad optima que es de 12.4% y esta se aplicara en cada uno de los ensayos que detallamos a continuación , para

la primera muestra se tendrán 5 capas en las cuales se aplicaran golpes para compactarlas, esto se realizara con ayuda del pisón, estos golpes serán en total de 56 golpes por cada una de las capas, para la segunda muestra se tendrán 5 capas en las cuales se aplicaran golpes para compactarlas, esto se realizara con ayuda del pisón, estos golpes serán en total de 25 golpes por cada una de las capas y para la tercera muestra se tendrán 5 capas en las cuales se aplicaran golpes para compactarlas, esto se realizara con ayuda del pisón, estos golpes serán en total de 12 golpes por cada una de las capas.

Una vez culminado dicho ensayo se obtuco como resultado una densidad seca (g/cm³) para los tres ensayos, los cuales mencionamos a continuacion.

- Para el molde al cual se aplico 56 golpes, se obtubo una densidad humeda de 2.042 g/cm³ y una densidad seca de 1.817 g/cm³.
- Para el molde al cual se aplico 25 golpes, se obtubo una densidad humeda de 1.941 g/cm³ y una densidad seca de 1.726 g/cm³.
- Para el molde al cual se aplico 12 golpes, se obtubo una densidad humeda de 1.840 g/cm³ y una densidad seca de 1.635 g/cm³.

Como podemos observar con los datos obtenidos en laboratorio, con la mayor cantidad de golpes aplicados a la muestra se pudo obtener una mejor Densidad Humeda como tambien una mejor Densidad Seca respectivamente.

Posteriormente se procedió con el ensayo de expansión, en dicho ensayo se procedió a colocar una sobre carga a cada uno de los moldes y posteriormente se procedió a sumergir cada uno de los moldes en agua y colocando un dial a cada uno de estos, en el cual se podrá leer las medidas que el molde sumergido produzcan por el proceso absorción y expansión, estas mediciones serán a las 24 horas, 48 horas, 72 horas y 96 horas respectivamente.

- Para el primer molde al cual se aplico 56 golpes, se obtubieron, a las 24 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.160mm, a las 48 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.360mm, a las 72

horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.550mm, a las 96 horas transcuridas una medicion del dial de 89 lo cual indica una expansión de 0.890mm.

- Para el segundo molde al cual se aplico 25 golpes, se obtubieron, a las 24 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.350mm, a las 48 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.470mm, a las 72 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.780mm, a las 96 horas transcuridas una medicion del dial de 110 lo cual indica una expansión de 1.100mm.
- Para el tercer molde al cual se aplico 12 golpes, se obtubieron, a las 24 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.590mm, a las 48 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.890mm, a las 72 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 1.130mm, a las 96 horas transcuridas una medicion del dial de 143 lo cual indica una expansión de 1.430mm.

Con dichos datos de inicio se pudieron obtener los datos que se señalan a continuación:

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE CBR

METODO DE COMPACTACION:	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³):	1,817
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	12,40
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³):	1,726
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³):	1,635

También se realizaron los ensayos de penetración, de los cuales se obtuvo para 0.1" y para 0.2" los datos que a continuación de indican

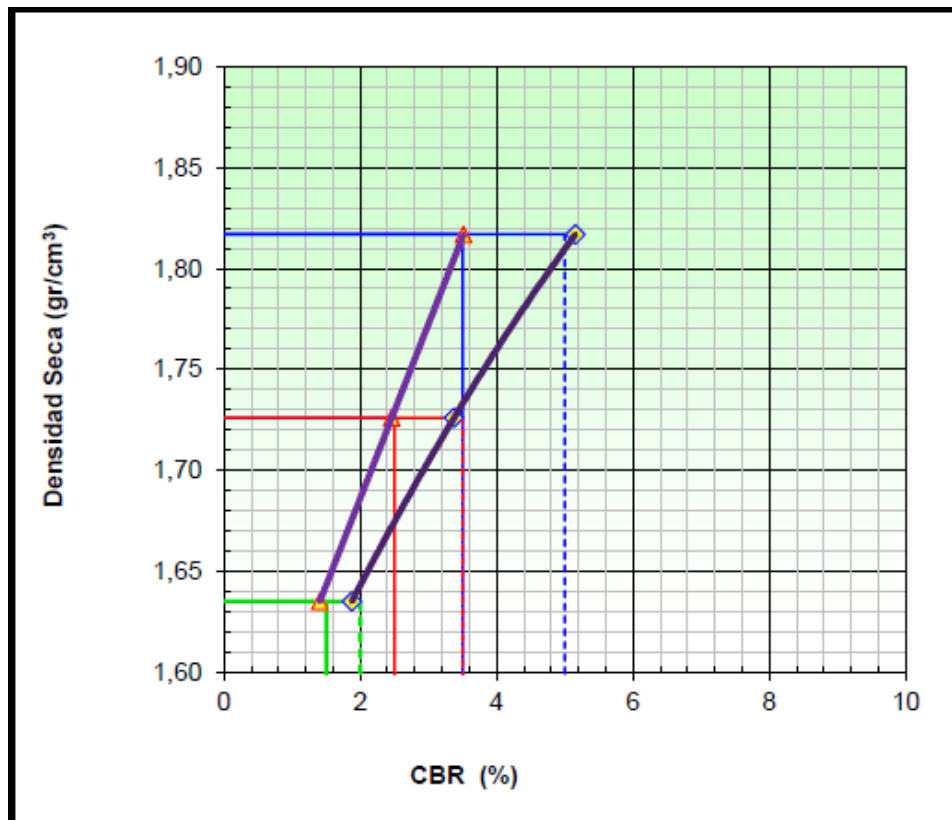
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 4	0.2": 5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 3	0.2": 4
C.B.R. al 90% de M.D.S. (%)	0.1": 2	0.2": 2

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. =	4%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. =	3%
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. =	2%

Con los datos obtenidos de laboratorio se puede verificar que para la muestra en obra se debería de llegar en su 95% de su Máxima Densidad Seca a 1.726g/cm³, se elige este porcentaje debido a que debemos tener un margen de seguridad y a 90% de su Máxima Densidad Seca a 1.635 g/cm³, estos datos obtenidos son de vital importancia debido a que estos datos los usaremos en obra, a estos índices debemos llegar para poder garantizar la resistencia del suelo.

Grafico N°6 grafico de CBR vs la densidad seca del suelo natural



Fuente: Elaboración Propia

Con la incorporación del 4% de Cloruro de Sodio y Cal al suelo natural a estudiar se procedió a realizar el ensayo de CBR, para el cual se determinó una densidad máxima de 1.96gr/cm³ y una humedad optima de 13.80% de acuerdo a los resultados de los ensayos anteriores.

Para el ensayo de compactación se utilizó la humedad optima que es de 13.8% y esta se aplicara en cada uno de los ensayos que detallamos a continuación , para la primera muestra se tendrán 5 capas en las cuales se aplicaran golpes para compactarlas, esto se realizara con ayuda del pisón, estos golpes serán en total de 56 golpes por cada una de las capas, para la segunda muestra se tendrán 5 capas en las cuales se aplicaran golpes para compactarlas, esto se realizara con ayuda del pisón, estos golpes serán en total de 25 golpes por cada una de las capas y para la tercera muestra se tendrán 5 capas en las cuales se aplicaran golpes para compactarlas, esto se realizara con ayuda del pisón, estos golpes serán en total de 12 golpes por cada una de las capas.

Una vez culminado dicho ensayo se obtuvo como resultado una densidad seca (g/cm³) para los tres ensayos, los cuales mencionamos a continuación

- Para el molde al cual se aplico 56 golpes, se obtuvo una densidad humeda de 2.225 g/cm³ y una densidad seca de 1.955 g/cm³
- Para el molde al cual se aplico 25 golpes, se obtuvo una densidad humeda de 2.115 g/cm³ y una densidad seca de 1.857 g/cm³
- Para el molde al cual se aplico 12 golpes, se obtuvo una densidad humeda de 2.225 g/cm³ y una densidad seca de 1.760 g/cm³

Como podemos observar con los datos obtenidos en laboratorio, con la mayor cantidad de golpes aplicados a la muestra se pudo obtener una mejor Densidad Humeda como tambien una mejor Densidad Seca respectivamente.

Posteriormente se procedió con el ensayo de expansión, en dicho ensayo se procedió a colocar una sobre carga a cada uno de los moldes y posteriormente se procedió a sumergir cada uno de los moldes en agua y colocando un dial a cada uno de estos, en el cual se podrá leer las medidas que el molde sumergido

produzcan por el proceso absorción y expansión, estas mediciones serán a las 24 horas, 48 horas, 72 horas y 96 horas respectivamente.

- Para el molde al cual se aplico 56 golpes, se obtubieron, a las 24 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.170mm, a las 48 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.300mm, a las 72 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.460mm, a las 96 horas transcuridas una medicion del dial de 76 lo cual indica una expansión de 0.760mm
- Para el molde al cual se aplico 25 golpes, se obtubieron, a las 24 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.250mm, a las 48 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.390mm, a las 72 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.700mm, a las 96 horas transcuridas una medicion del dial de 98 lo cual indica una expansión de 0.980mm
- Para el molde al cual se aplico 12 golpes, se obtubieron, a las 24 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.440mm, a las 48 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.850mm, a las 72 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.990mm, a las 96 horas transcuridas una medicion del dial de 132 lo cual indica una expansión de 1.320mm

Con dichos datos de inicio se pudieron obtener los datos que se señalan a continuación.

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE CBR

METODO DE COMPACTACION:	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³):	1,955
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	13,80
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³):	1,857
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³):	1,760

También se realizaron los ensayos de penetración, de los cuales se obtuvo para 0.1" y para 0.2" los datos que a continuación se indican

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 14	0.2": 18
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 11	0.2": 14
C.B.R. al 90% de M.D.S. (%)	0.1": 8	0.2": 11

RESULTADOS:

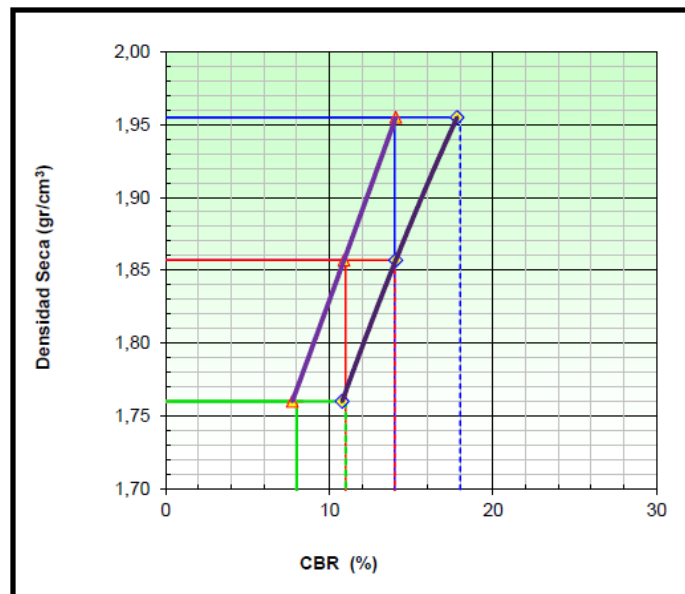
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 14%

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 11%

Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. = 8%

Con los datos obtenidos de laboratorio se puede verificar que para la muestra en obra se debería de llegar en su 95% de su Máxima Densidad Seca a 1.857g/cm³, se elige este porcentaje debido a que debemos tener un margen de seguridad y a 90% de su Máxima Densidad Seca a 1.760 g/cm³, estos datos obtenidos son de vital importancia debido a que estos datos los usaremos en obra, a estos índices debemos llegar para poder garantizar la resistencia del suelo.

Grafico N°7 grafico de CBR vs la densidad, con incorporación de 4%



Fuente: Elaboración Propia

Con la incorporación del 8% de Cloruro de Sodio y Cal al suelo natural a estudiar se procedió a realizar el ensayo de CBR, para el cual se determinó una densidad máxima de 1.98gr/cm³ y una humedad optima de 9.70% de acuerdo a los resultados de los ensayos anteriores

Para el ensayo de compactación se utilizó la humedad optima que es de 9.70% y esta se aplicara en cada uno de los ensayos que detallamos a continuación , para la primera muestra se tendrán 5 capas en las cuales se aplicaran golpes para compactarlas, esto se realizara con ayuda del pisón, estos golpes serán en total de 56 golpes por cada una de las capas, para la segunda muestra se tendrán 5 capas en las cuales se aplicaran golpes para compactarlas, esto se realizara con ayuda del pisón, estos golpes serán en total de 25 golpes por cada una de las capas y para la tercera muestra se tendrán 5 capas en las cuales se aplicaran golpes para compactarlas, esto se realizara con ayuda del pisón, estos golpes serán en total de 12 golpes por cada una de las capas.

Una vez culminado dicho ensayo se obtuvo como resultado una densidad seca (g/cm³) para los tres ensayos, los cuales mencionamos a continuacion

- Para el molde al cual se aplico 56 golpes, se obtuvo una densidad humeda de 2.1.77 g/cm³ y una densidad seca de 1.984 g/cm³
- Para el molde al cual se aplico 25 golpes, se obtuvo una densidad humeda de 2.068 g/cm³ y una densidad seca de 1.885 g/cm³
- Para el molde al cual se aplico 12 golpes, se obtuvo una densidad humeda de 1.960 g/cm³ y una densidad seca de 1.786 g/cm³

Como podemos observar con los datos obtenidos en laboratorio, con la mayor cantidad de golpes aplicados a la muestra se pudo obtener una mejor Densidad Humeda como tambien una mejor Densidad Seca respectivamente.

Posteriormente se procedió con el ensayo de expansión, en dicho ensayo se procedió a colocar una sobre carga a cada uno de los moldes y posteriormente se procedió a sumergir cada uno de los moldes en agua y colocando un dial a cada

uno de estos, en el cual se podrá leer las medidas que el molde sumergido produzcan por el proceso absorción y expansión, estas mediciones serán a las 24 horas, 48 horas, 72 horas y 96 horas respectivamente.

- Para el primer molde al cual se aplico 56 golpes, se obtubieron, a las 24 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.160mm, a las 48 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.250mm, a las 72 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.390mm, a las 96 horas transcuridas una medicion del dial de 50 lo cual indica una expansión de 0.50mm
- Para el segundo molde al cual se aplico 25 golpes, se obtubieron, a las 24 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.220mm, a las 48 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.340mm, a las 72 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.560mm, a las 96 horas transcuridas una medicion del dial de 68 lo cual indica una expansión de 0.680mm
- Para el tercer molde al cual se aplico 12 golpes, se obtubieron, a las 24 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.300mm, a las 48 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.490mm, a las 72 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.650mm, a las 96 horas transcuridas una medicion del dial de 85 lo cual indica una expansión de 0.850mm

Con dichos datos de inicio se pudieron obtener los datos que se señalan a continuación.

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE CBR

METODO DE COMPACTACION:	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³):	1,984
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	9,70
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³):	1,885
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³):	1,786

También se realizaron los ensayos de penetración, de los cuales se obtuvo para 0.1" y para 0.2" los datos que a continuación se indican

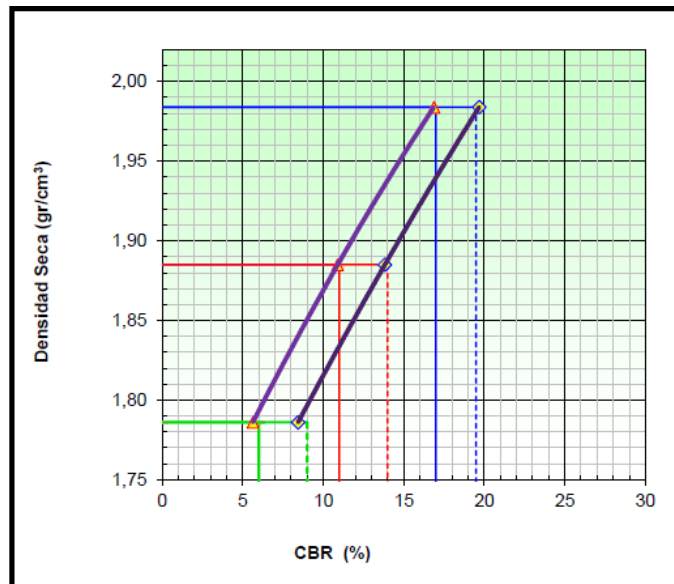
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 17	0.2": 20
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 11	0.2": 14
C.B.R. al 90% de M.D.S. (%)	0.1": 6	0.2": 9

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 17%
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 11%
 Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. = 6%

Con los datos obtenidos de laboratorio se puede verificar que para la muestra en obra se debería de llegar en su 95% de su Máxima Densidad Seca a 1.885g/cm³, se elige este porcentaje debido a que debemos tener un margen de seguridad y a 90% de su Máxima Densidad Seca a 1.786 g/cm³, estos datos obtenidos son de vital importancia debido a que estos datos los usaremos en obra, a estos índices debemos llegar para poder garantizar la resistencia del suelo.

Grafico N°8 grafico de CBR vs la densidad, con incorporación de 8%



Fuente: Elaboración Propia

Con la incorporación del 12% de Cloruro de Sodio y Cal al suelo natural a estudiar se procedió a realizar el ensayo de CBR, para el cual se determinó una densidad máxima de 2.00g/cm³ y una humedad óptima de 13.70% de acuerdo a los resultados de los ensayos anteriores.

Para el ensayo de compactación se utilizó la humedad óptima que es de 13.7% y esta se aplicara en cada uno de los ensayos que detallamos a continuación , para la primera muestra se tendrán 5 capas en las cuales se aplicaran golpes para compactarlas, esto se realizara con ayuda del pisón, estos golpes serán en total de 56 golpes por cada una de las capas, para la segunda muestra se tendrán 5 capas en las cuales se aplicaran golpes para compactarlas, esto se realizara con ayuda del pisón, estos golpes serán en total de 25 golpes por cada una de las capas y para la tercera muestra se tendrán 5 capas en las cuales se aplicaran golpes para compactarlas, esto se realizara con ayuda del pisón, estos golpes serán en total de 12 golpes por cada una de las capas.

Una vez culminado dicho ensayo se obtuoc como resultado una densidad seca (g/cm³) para los tres ensayos, los cuales mencionamos a continuacion

- Para el molde al cual se aplico 56 golpes, se obtubo una densidad humeda de 2.277 g/cm³ y una densidad seca de 2.003 g/cm³
- Para el molde al cual se aplico 25 golpes, se obtubo una densidad humeda de 2.165 g/cm³ y una densidad seca de 1.903 g/cm³
- Para el molde al cual se aplico 12 golpes, se obtubo una densidad humeda de 2.051 g/cm³ y una densidad seca de 1.803 g/cm³

Como podemos observar con los datos obtenidos en laboratorio, con la mayor cantidad de golpes aplicados a la muestra se pudo obtener una mejor Densidad Humeda como tambien una mejor Densidad Seca respectivamente.

Posteriormente se procedió con el ensayo de expansión, en dicho ensayo se procedió a colocar una sobre carga a cada uno de los moldes y posteriormente se procedió a sumergir cada uno de los moldes en agua y colocando un dial a cada

uno de estos, en el cual se podrá leer las medidas que el molde sumergido produzcan por el proceso absorción y expansión, estas mediciones serán a las 24 horas, 48 horas, 72 horas y 96 horas respectivamente.

- Para el primer molde al cual se aplico 56 golpes, se obtubieron, a las 24 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.110mm, a las 48 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.210mm, a las 72 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.350mm, a las 96 horas transcuridas una medicion del dial de 48 lo cual indica una expansión de 0.480mm
- Para el segundo molde al cual se aplico 25 golpes, se obtubieron, a las 24 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.200mm, a las 48 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.290mm, a las 72 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.460mm, a las 96 horas transcuridas una medicion del dial de 59 lo cual indica una expansión de 0.590mm
- Para el tercer molde al cual se aplico 12 golpes, se obtubieron, a las 24 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.250mm, a las 48 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.380mm, a las 72 horas transcuridas una medicion de acuerdo al dial de 0.590mm, a las 96 horas transcuridas una medicion del dial de 80 lo cual indica una expansión de 0.800mm

Con dichos datos de inicio se pudieron obtener los datos que se señalan a continuación.

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE CBR

METODO DE COMPACTACION:	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³):	2,003
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	13,70
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³):	1,903
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³):	1,803

También se realizaron los ensayos de penetración, de los cuales se obtuvo para 0.1" y para 0.2" los datos que a continuación se indican.

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 19	0.2": 24
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 12	0.2": 15
C.B.R. al 90% de M.D.S. (%)	0.1": 6	0.2": 8

RESULTADOS:

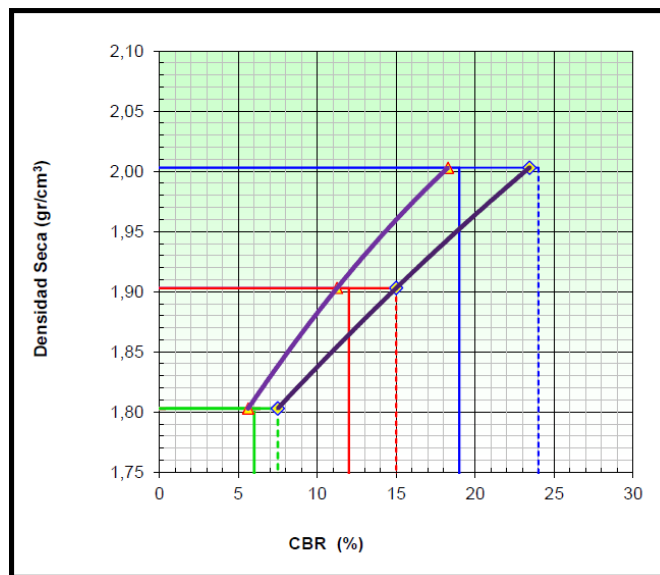
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 19%

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 12%

Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. = 6%

Con los datos obtenidos de laboratorio se puede verificar que para la muestra en obra se debería de llegar en su 95% de su Máxima Densidad Seca a 1.903g/cm³, se elige este porcentaje debido a que debemos tener un margen de seguridad y a 90% de su Máxima Densidad Seca a 1.803 g/cm³, estos datos obtenidos son de vital importancia debido a que estos datos los usaremos en obra, a estos índices debemos llegar para poder garantizar la resistencia del suelo.

Grafico N°7 grafico de CBR vs la densidad, con incorporación de 12%



Fuente: Elaboración Propia

Se determinó la resistencia de la sub-rasante por medio del ensayo CBR en un tipo de suelo arenosa limoso Calificado por el laboratorio, dicho material como anteriormente se detalló se obtuvo a la altura de la APV Qotacalle, al cual se le incorporo Cloruro de Sodio y Cal, teniendo así: los siguientes resultados:

CBR al 90% de la M.D.S: con el suelo natural se obtuvo un CBR de 2%. Y en las otras 3 muestras a un 90% de la M.D.S. se tuvieron:

- con una incorporación del 4% de Cloruro de Sodio y Cal, se obtuvo un CBR de 8%.
- con una incorporación del 8% de Cloruro de Sodio y Cal, se obtuvo un CBR de 6%.
- con una incorporación del 12% de Cloruro de Sodio y Cal, se obtuvo un CBR de 6%.

CBR al 95% de la M.D.S: con un suelo natural se obtuvo un CBR de 3%%. Y en las otras 3 muestras a un 95% de la M.D.S. se tuvieron:

- con una incorporación del 4% de Cloruro de Sodio y Cal, se obtuvo un CBR de 11%.
- con una incorporación del 8% de Cloruro de Sodio y Cal, se obtuvo un CBR de 11%.
- con una incorporación del 12% de Cloruro de Sodio y Cal, se obtuvo un CBR de 12%.

CBR al 100% de la M.D.S: con un suelo natural se obtuvo un CBR de 4%. Y en las otras 3 muestras a un 100% de la M.D.S. se tuvieron:

- con una incorporación del 4% de Cloruro de Sodio y Cal, se obtuvo un CBR de 14%.
- con una incorporación del 8% de Cloruro de Sodio y Cal, se obtuvo un CBR de 17%.

- con una incorporación del 12% de Cloruro de Sodio y Cal, se obtuvo un CBR de 19%.

Se determinó el índice de humedad el cual fue disminuyendo al incorporarle mayor porcentaje de Cloruro de Sodio y Cal.

El uso de Cloruro de Sodio y Cal aumenta la resistencia de una sub-rasante arenoso y limoso, logrando así un suelo arenoso y limoso mejorado, de acuerdo a las tablas proporcionadas por las normas correspondientes al tema de estudio.

Tabla N°16 resumen de resultados de ensayos de CBR

	NATURAL	4%	8%	12%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S	4%	14%	17%	19%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S	3%	11%	11%	12%
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S.	2%	8%	6%	6%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio podemos llegar a la conclusión que, para el tipo de suelo estudiado en el presente trabajo de investigación, se obtuvo una densidad máxima del suelo natural de 1.83gr/cm³ y también se llegó a determinar una humedad optima de 12.40% y con un resultado en el ensayo de CBR al 95% de la Máxima Densidad Seca es de 3%, de acuerdo al “manual de suelos, geotecnia y pavimento” en su tabla de Sub-rasante lo clasifica como una Sub-rasante inadecuada.

Con la incorporación del Cloruro de Sodio y Cal a la muestra de suelo de estudio, se pudo determinar que, incorporando el Cloruro de Sodio y Cal en el porcentaje de 8% se llegó a obtener los mejores resultados, en los ensayos de CBR los cuales fueron de un 11% en el CBR al 95% de la M.D.S. se obtuvo una densidad máxima de 1.98gr/cm³ y también se llegó a determinar una humedad optima de 9.70%, los cuales serían, los más adecuadas para el tipo de suelo a mejorar.

V. DISCUSIÓN

Con el tipo de suelo estudiado en el presente trabajo de investigación se pudo llegar a obtener en laboratorio los datos antes señalados y con los cuales se procedió a discutir con diferentes trabajos de investigación antes elaborados por diferentes investigadores y de los cuales hablamos a continuación.

La hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación fue si el Cloruro de Sodio y Cal mejoran las características físicas y mecánicas del suelo arenoso y limoso, una vez obtenido los resultados pudimos observar que existe una mejora en su CBR, añadiendo un 8% de Cloruro de Sodio y Cal ha llegado a tener en su 95% D.M.S. un 11%, dicho resultado lo verificamos con los resultados obtenidos en la tesis de Waldir Jesus Lee Quispe Chuquillanqui, estabilización de sub-rasante, suelos expansivos, el cual obtuvo su mejor resultado de CBR con un 12.5 % de Cloruro de Sodio, con lo cual verificamos dicha Hipótesis.

También se pudo debatir con la tesis de investigación realizada por el ing. García Gonzales Anabelen en su trabajo para determinar la resistencia de la sub-rasante en la cual incorporo Cal estructural en el suelo limo arcilloso. En la cual se obtuvo con la incorporación del 8% de Cal en su ensayo de CBR un 8.05% y en el presente trabajo de investigación se pudo obtener como resultado del ensayo de CBR con la incorporación del 8% de Cloruro de Sodio y Cal un resultado de 11% con ambas discusiones de estas dos tesis pudimos determinar que si existe una mejora en sus capacidades mecánicas y en sus capacidades físicas debido a que si existe un aumento considerable en sus índices de penetración correspondientes, en el caso del Ing García Gonzales Anabelen, se pudo determinar que en sus ensayos de CBR al incorporar el 8% de Cal en sus mediciones de 0.1" se obtuvo 8.05% y con 0.2" se obtuvo 8.3%, en el presente trabajo de investigación se determinaron que a 0.1" se obtuvo 11% y con 0.2" se obtuvo 14%

VI. CONCLUSIÓN

Se comprobó que con la incorporación del Cloruro de Sodio y Cal si existe una mejora del suelo de estudio, tanto en sus capacidades mecánicas como en sus capacidades físicas. Se determinó que al realizar los ensayos de Proctor modificado en un suelo natural se determinó la densidad máxima al 8% que es de 1.98gr/cm³ y la humedad optima es de 9.70% indicador adecuado para tener un buen resultado en un tipo de suelo arenoso limoso del presente estudio logrando, así con la incorporación de Cloruro de Sodio y Cal al 8% se obtuvo un valor de CBR al 95% de M.D.S de 11%.

De los resultados obtenidos con la incorporación del 4% Cloruro de Sodio y Cal, 8% Cloruro de Sodio y Cal y 12% Cloruro de Sodio y Cal al suelo de estudio, se determinó que con la incorporación del 8% de Cloruro de Sodio y Cal se encuentran mejoras en sus características, como es su densidad máxima, dicha densidad del suelo natural es de 1.83 gr/cm³ y con la incorporación del 8 % de Cloruro de Sodio y Cal nos dio como resultado una densidad máxima de 1.98 gr/cm³, la cual es mayor a la densidad natural del suelo, lo cual demuestra dicha mejora.

Se comprobó que con la incorporación del 8% de Cloruro de Sodio y Cal se pudo determinar un mayor resultado en el ensayo de CBR, el cual con el suelo natural dio como resultado al 95% de la M.D.S. Un 3%, y que con la incorporación del 8% Cloruro de Sodio y Cal dio como resultado al 95% de la M.D.S. un 11%, con lo cual demostramos que si existe una mejora en sus características mecánicas.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que para un tipo de suelo arenoso limoso se considere la incorporación de un 8% de Cloruro de Sodio y Cal, el cual dará como resultado, la máxima densidad del suelo la cual es de 1.98gr/cm³, lo cual ayudara posteriormente, al momento de realizar un diseño de pavimento rígido. Cabe señalar también que con dicha incorporación no se necesitara saturar demasiado debido a que su humedad optima es de 9.70%.

Se recomienda usar el Cloruro de Sodio y Cal debido a que produce un efecto de tensión superficial en al agua del suelo, lo cual minimiza una evaporación por el tipo de clima o por la temporada en la cual se realiza el estudio, de tal manera se lograra obtener un resultado muy importante en cualquier obra vial, debido a que con una humedad optima el material es más trabajable y se puede compactar de una manera más eficiente.

Se recomienda que con la incorporación del 8% de Cloruro de Sodio y Cal se determine y se aplique correctamente la densidad optima al tipo de suelo, debido a que este es de relevancia ya que de este dependerán los resultados del ensayo de CBR, el cual con el suelo del presente estudio dio como resultado al 95% de la M.D.S. Un 11%, el cual es un CBR adecuado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM 200)
- Manual de Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, aprobado con R.M. N° 303-2008-MTC/02 de 04/04/2008.
- Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, aprobado con R.D. N° 30-2013.MTC/14
- Manual de Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 05-2013.MTC/14
- Efectos del cloruro cálcico en la estabilidad de las tierras. VICENTE, M. s.l.: Cimbra: Revista del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas., 2007, Vol. 373.
- SOLANO, G y NIÑO, O. Evaluación de la estabilización de arcillas expansivas en laboratorio implementando pilotines con sal y Cal. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2010.
- Stabilization of subgrade soils using cement and lime: a case study of Kala Shah Kaku, Lahore, Pakistan. Riaz, s, Aadil, n y Waseem, u. 2014, Pakistan Journal of Science , págs. 39-45.
- Valdez, C. Estudio comparativo de estabilización de un suelo arcilloso altamente expansivo, utilizando un copolimero multienzimático. México: Universidad Michoacana, 2008.
- Rico Rodriguez, Alfonso. Mecánica de suelos. México: Limusa, 2005.
- Estabilización de suelos con Cloruro de Sodio para su uso en las vías terrestres. Garnica, P, Gomez, A y Obil, E. s.l.: PUB TÉCNICA, 2002.
- Solminihac, H, Echeverria, G y Thenoux, G. Estabilización Química de Suelos: Aplicaciones en la construcción de estructuras de pavimentos. Chile: Revista Ingenieria de Construcción, 2012.
- Roldan, J. Estabilización con Cloruro de Sodio para subbases y bases. . Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010.

- Hueso, H y Orellana, A. Guia básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en el salvador. El salvador: universidad de el salvador, 2009.
- Higuera, C y Gomez, J. Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio. Tunja: Revista Facultad de Ingeniería, UPTC, 2012.
- “Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección suelos y pavimentos”
- <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/Pavimentos.pdf>
- Jorge A. Alvarez Pabon –ingeniero de proyectos-ICPC

ANEXOS

Anexo N°01 Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE		DEFINICIÓN CONCEPTO	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
independiente	Cloruro de Sodio	Cesare Emiliani (1987). Comúnmente conocido como sal denominada en su forma mineral como halita, es un compuesto químico con la fórmula NaCl.	El Cloruro de Sodio se añadirá al suelo de estudio en la dosificación de 4% 8% y 12%, con esta incorporación se quiere llegar a verificar si el suelo presenta mejoras.	<ul style="list-style-type: none"> • Moldeable • Adherencia • comparación 	Dosificación de 4%, 8% y 12%	<ul style="list-style-type: none"> • Razón
	Cal	Es una sustancia alcalina de color blanco o blanco grisáceo que al contacto con el agua, se hidrata o se apaga, desprendiendo Calor.	El Cloruro de Sodio se añadirá al suelo de estudio en la dosificación de 4% 8% y 12%, con esta incorporación se quiere llegar a verificar si el suelo presenta mejoras.	<ul style="list-style-type: none"> • Moldeable • Endurecimiento • resistencias mecánicas 	Dosificación de 4%, 8% y 12%	<ul style="list-style-type: none"> • Razón
dependiente	Propiedades físicas	Cesare Emiliani (1987) Una propiedad física es cualquier propiedad que es medible, usualmente se asume que el conjunto de propiedades físicas define el estado de un sistema físico. (citar)	Se evaluara el comportamiento físico del suelo añadiendo Cloruro de Sodio y Cal en las proporciones de 4% 8% y 12%, de los volúmenes de las probetas	<ul style="list-style-type: none"> • Absorción 	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad • Porcentaje de humedad • Granulometría 	<ul style="list-style-type: none"> • Razón
	Propiedades mecánicas	Cesare Emiliani (1987) Las propiedades mecánicas son las que describen el comportamiento de un material ante las fuerzas aplicadas sobre él, por eso son especialmente importantes al elegir el material del que debe estar construido un determinado objeto. (citar)	Se evaluara el comportamiento mecánico del suelo añadiendo Cloruro de Sodio y Cal en las proporciones de 4% 8% y 12%, de las resistencias de las probetas	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Compresión • Penetración • Cohesión 	<ul style="list-style-type: none"> • Razón

Anexo N°02 Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
¿De qué manera la aplicación el Cloruro de Sodio y Cal mejora las características físicas y mecánicas de un suelo arenoso y limoso como base de una sub rasante en la Asoc. Prov. Qotacalle, San Sebastián - Cusco?	Analizar si el Cloruro de Sodio y Cal mejora las características físicas y mecánicas del suelo arenoso y limoso en la Asoc. Prov. Qotacalle, San Sebastián – Cusco	El Cloruro de Sodio y Cal mejora las características físicas y mecánicas del suelo arenoso y limoso en la Asoc. Prov. Qotacalle, San Sebastián – Cusco	Cloruro de Sodio Y Cal.	<ul style="list-style-type: none"> • Moldeable • Adherencia • Comparación • Endurecimiento • resistencias mecánicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Dosificación de 4%, 8% y 12% 	<ul style="list-style-type: none"> • Razón
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPÓTESIS ESPECIFICA	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
¿De qué manera el Cloruro de Sodio y el Cal ayuda a mejorar las características físicas de un suelo arenoso y limoso como base de una sub rasante en la Asoc. Prov. Qotacalle, San Sebastián - Cusco?	Determinar si la incorporación del Cloruro de Sodio y el Cal ayuda a mejorar las características físicas de un suelo arenoso y limoso como base de una sub rasante en la Asoc. Prov. Qotacalle, San Sebastián - Cusco	La incorporación del Cloruro de Sodio y el Cal mejora las características físicas del suelo arenoso y limoso como base de una sub rasante en la Asoc. Prov. Qotacalle, San Sebastián – Cusco	Propiedades Físicas	<ul style="list-style-type: none"> • Absorción 	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad • Porcentaje de humedad • Granulometría 	<ul style="list-style-type: none"> • Razón
¿De qué manera el Cloruro de Sodio y el Cal ayuda a mejorar las características mecánicas de un suelo arenoso y limoso como base de una sub rasante en la Asoc. Prov. Qotacalle, San Sebastián - Cusco?	Determinar si la incorporación del Cloruro de Sodio y el Cal ayuda a mejorar las características mecánicas de un suelo arenoso y limoso como base de una sub rasante en la Asoc. Prov. Qotacalle, San Sebastián - Cusco	La incorporación del Cloruro de Sodio y el Cal mejora las características mecánicas de un suelo arenoso y limoso como base de una sub rasante en la Asoc. Prov. Qotacalle, San Sebastián - Cusco	Propiedades Mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Compresión • Penetración • Cohesión 	<ul style="list-style-type: none"> • Razón

Anexo N°03 Aspectos Administrativos de la Investigación

Recursos y Presupuesto

- 01 Cámara fotográfica
- 02 laptop.
- Internet.
- Material de escritorio, papelería, lapiceros, etc.

PRESUPUESTO		
REMUNERACION		
	recolector de muestra	S/ 2,500.00
	técnico en ofimática	S/ 1,500.00
BIENES		
	materiales de escritorio	S/ 100.00
	materiales informáticos	S/ 100.00
SERVICIOS		
	transporte	S/ 100.00
	impresión	S/ 100.00
	laboratorio	S/ 4,500.00
PRESUPUESTO GENERAL		S/ 8,900.00

Recursos Humanos

- 02 Investigador
- 01 Asesor de tesis

Recursos Institucionales

- Biblioteca central de la UAP.
- Bibliotecas de la facultad de ING Civil de la UAC.
- Biblioteca Municipal del San Sebastián.
- Biblioteca Municipal del Wanchaq.
- Biblioteca Municipal del Cusco.

Financiamiento

El presente trabajo de investigación está financiado con recursos propios de los investigadores.

Cronograma de Actividades

El tiempo programado para la elaboración del estudio es de 4 meses que inician a partir del mes de octubre hasta el tercer mes del año 2021, donde se ejecutaron las actividades que se detallan a continuación.

Anexo N°04 Cronograma de Actividad

N°	MESES ACTIVIDADES	DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5
1	Planteamiento de tema de investigación	■	■	■														
2	Recolección de información previa al tema de investigación				■	■												
3	Desarrollo del plan de tesis					■	■	■										
4	Proyecto de elaboración de tesis						■	■	■	■								
5	Observaciones del plan elaborado de tesis							■	■	■	■							
6	Levantamiento de observaciones									■	■							
7	Aprobación y revisión del plan de tesis										■	■						
8	Realización del marco teórico con fuentes bibliográficas							■	■	■	■							
9	Verificación de instrumentos									■	■	■						
10	Aplicación del instrumento/Elaboración de trabajo de campo									■	■	■	■	■				
11	Sistematización de la información												■	■	■			
12	Procesamiento de información, análisis e interpretación de datos														■	■		
13	Redacción final de tesis															■		
14	Observaciones de dictaminantes de informe final de tesis																■	
15	Levantamiento de observaciones de dictaminantes																	■
16	Aprobación de tesis																	■
17	Sustentación																	■

Anexo N°05 Panel Fotográfico



Proceso de recolección de material a estudiar, dicha extracción se realizó a la altura del APV QotaCalle.

Excavación para la extracción de la muestra del suelo natural al cual se le realizaran los ensayos.





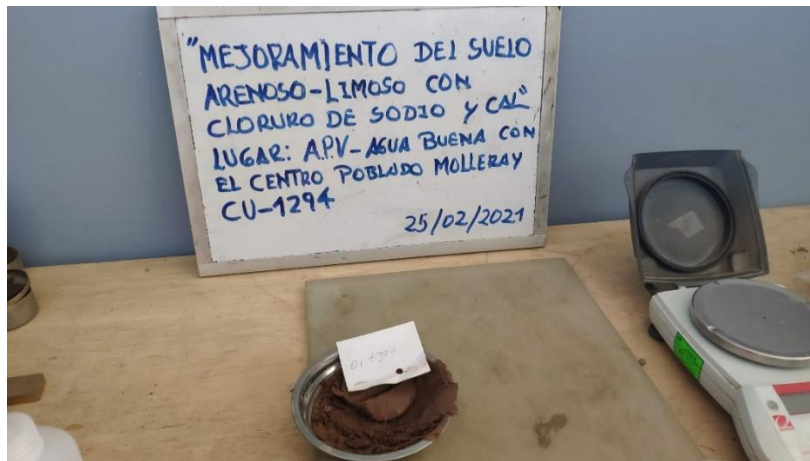
De la extracción del material a estudiar se pudo sacar 20 kilos de material, el cual secará en el laboratorio para los ensayos correspondientes, tanto para el Proctor Modificado, como para el ensayo de CBR.





Una vez seco el material, se procedió a tamizar la muestra, una vez tamizado se separó en recipientes y se procedió a pesar cada uno de los recipientes con la muestra





Determinación de los Límites de Atterberg



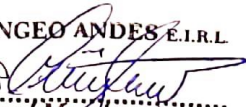


Ensayo de Penetración incorporando 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio y Cal





Anexo N°06 Ficha de Datos de Laboratorio

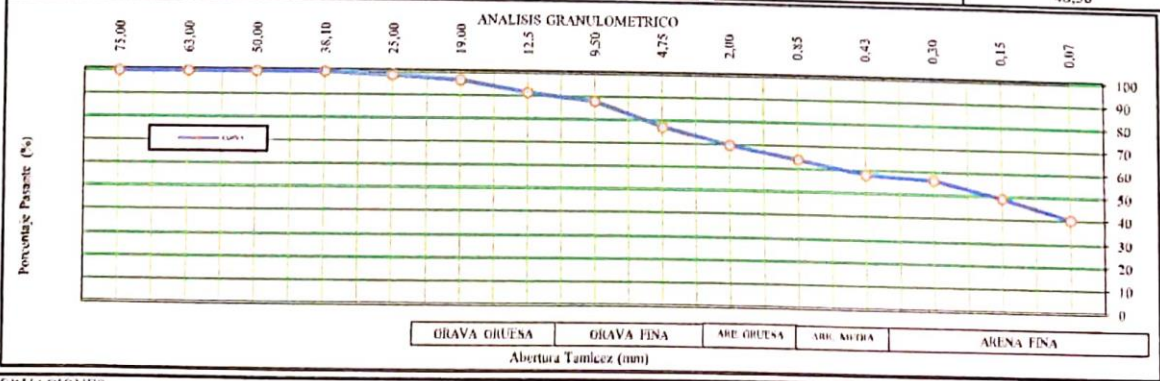
	INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION			
	ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS			
	PERFIL ESTRATIGRAFICO			
	ASTM D2488			
DATOS DEL PROYECTO				
PROYECTO	MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020			
DISTRITO	SAN SEBASTIAN			
PROVINCIA	CUSCO			FECHA: 01/03/2021
DATOS DE LA MUESTRA				
Tipo material:	Arenas limosas con grava			
Ubicación de Muestra:	Carretera Qotacalle - Agua Buena - C.P. Molleray CU-1294			
				N° Muestra: M - 01
PERFIL ESTRATIGRAFICO				
PROFUNDIDAD	S.U.C.S	AASTHO	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO
0	SM	A-4 (0)	SM	Arenas Limosas , la muestra tiene 22.80% de grava, 36.71 % de arena y 40.50% de finos
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
 INGEO ANDES E.I.R.L  Ing. Elard Mejloza Bejar GERENTE GENERAL CIP N° 142385				

INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION
ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422 / ASTM D 2487 / MTC E204)

DATOS DEL PROYECTO	
PROYECTO:	MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020
DISTRITO	SAN SEBASTIAN
PROVINCIA	CUSCO
DEPARTAMENTO	CUSCO
FECHA:	01/03/2021


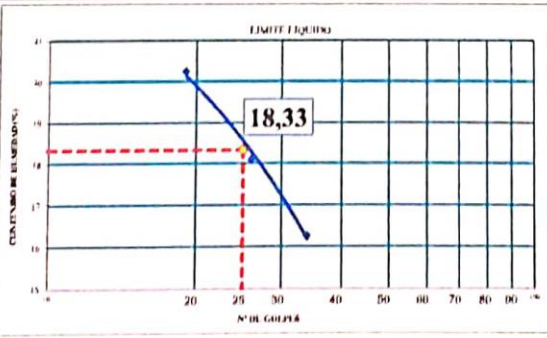

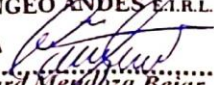
DATOS DE LA MUESTRA	
Tipo material:	Arena limosa con grava
Ubicación de Muestra:	Carretera Qotacalle - Agua Buena - C.P. Molleray CU-1294
Progresiva:	---
N° Muestra:	M - 01

ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM D422 / ASTM D 2487 / MTC E204)						CLASIFICACION DEL SUELO	
MALLA (Abertura)		PESO	%	%	%	S.U.C.S. (ASTM D 2487)	SM
PLG	mm.	RETENIDO (gr.)	RETENIDO	ACUMULADO	PASANTE	Arena limosa con grava	
3"	75,00					AASHTO (ASTM D3282)	A-4 (0)
2 1/2"	63,00					Suelo limoso	
2"	50,00				100,00	DATOS DE LA MUESTRA	
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	0,00	100,00	Peso Total del Suelo	19904,00
1"	25,00	269,00	1,35	1,35	98,65	Peso de la Fraccion	589,00
3/4"	19,00	400,00	2,01	3,36	96,64	D ₆₀	0,56
1/2"	12,50	1041,00	5,23	8,59	91,41	D ₃₀	
3/8"	9,50	681,00	3,42	12,01	87,99	D ₁₀	
N° 4	4,75	2147,00	10,79	22,80	77,20	Cu	
N° 10	2,00	56,44	7,40	30,20	69,80	Cc	
N° 20	0,85	43,79	5,74	35,94	64,06	Lim Liquido (ASTM D4318)	18,33
N° 40	0,43	46,00	6,03	41,97	58,03	Lim Plastico (ASTM D4318)	NP
N° 50	0,30	11,79	1,55	43,51	56,49	Indice de Plasticidad	NP
N° 100	0,15	55,41	7,26	50,77	49,23	% Humedad (ASTM D2216)	1,94
N° 200	0,07	66,61	8,73	59,50	40,50	GRAVA (%)	22,80
< 200	Fondo	309,0	40,5	100,0	0,0	ARENA (%)	36,71
						FINOS (%)	40,50



OBSERVACIONES:


INGENIO ANDES E.I.R.L.
Ing. Elard Nyelloza Bejar
 GERENTE GENERAL
 CIP N° 743365

		INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION			
		ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS			
		LIMITE DE CONSISTENCIA			
		(ASTM D 4318/ AASHTO T 89/ MTC E 110,111)			
DATOS DEL PROYECTO					
PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020					
DISTRITO	SAN SEBASTIAN				
PROVINCIA	CUSCO	FECHA:	01/03/2021		
DEPARTAMENTO	CUSCO				
DATOS DE LA MUESTRA					
Tipo material:	Arena limosa con grava		----		
Ubicación de Muestra:	Carretera Gotacalla - Agua Buena - C.P. Molleray CU-1294				
		Progresiva:			
		N° Muestra:	M - 01		
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)					
RECIPIENTE N°	N°	1	A	M	Observaciones:
N° DE GOLPES	N°	19	26	34	
RECIPIENTE + SUELO HUMED	grs	49,73	53,00	53,76	
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs	47,86	51,18	51,87	
PESO DEL RECIPIENTE	grs	38,59	41,22	40,18	
PESO DE AGUA	grs	1,87	1,82	1,89	
PESO DEL SUELO SECO	grs	9,27	9,96	11,69	
% DE HUMEDAD	%	20,17	18,27	16,17	
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)					
RECIPIENTE N°	N°				Observaciones:
RECIPIENTE + SUELO HUMED	grs				
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs				
PESO DEL RECIPIENTE	grs				
PESO DE AGUA	grs				
PESO DEL SUELO SECO	grs				
% DE HUMEDAD (Limite Plásti	%				
					
LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO		INDICE PLASTICIDAD		
18,33	NP		NP		
Observaciones:					
 INGEO ANDES E.I.R.L.  Ing. Elard Mendoza Bejar GERENTE GENERAL CIP N° 143365					



INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION

ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE PROCTOR

(ASTM D - 1557 / AASHTO T 180 / MTC E115)

DATOS DEL PROYECTO

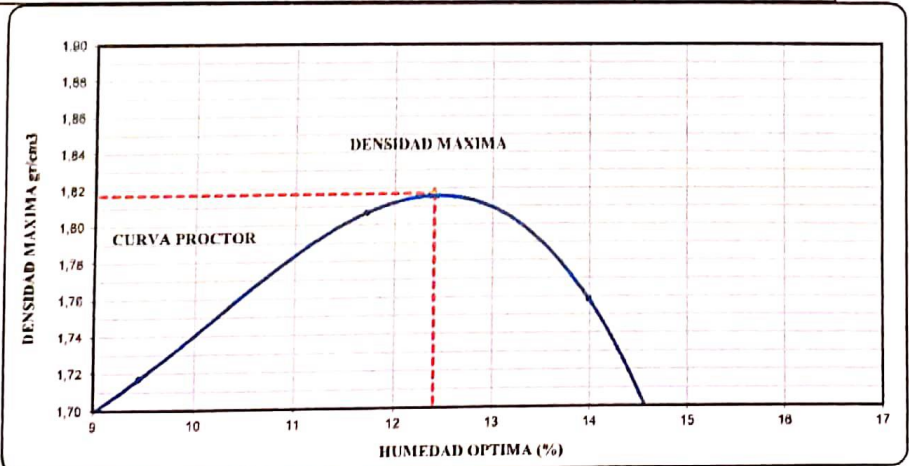
PROYECTO	MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020		
DISTRITO	SAN SEBASTIAN		
PROVINCIA	CUSCO	FECHA:	01/03/2021
DEPARTAMENTO	CUSCO		

DATOS DE LA MUESTRA

Ubicación de Muestra	Carretera Qolacalle - Agua Buena - C.P. Molleray CU-1294		
Progrativa:			
N° Muestra:	M - 01		

TIPO PROCTOR: (MODIFICADO)	UND	PUNTOS				Observaciones:
		1	2	3	4	
METODO DE COMPACTACION		C'	C'	C'	C'	
PESO SUELO + MOLDE	gr.	10421	10567	10863	10833	
PESO MOLDE	gr.	6570	6570	6570	6570	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2127	2127	2127	2127	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr.	3851	3997	4293	4263	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	gr/cm3	1,811	1,879	2,018	2,004	


HUMEDAD	UND	RECIPIENTES				Observaciones:
		0	0	0	0	
RECIPIENTE N°	cod.	0	0	0	0	
PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	gr.	432,20	442,20	264,00	394,40	
PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	gr.	403,00	404,00	236,30	346,00	
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	0,00	0,00	0,00	0,00	
PESO DE AGUA	gr.	29,20	38,20	27,70	48,40	
PESO DE SUELO SECO	gr.	403,00	404,00	236,30	346,00	
CONTENIDO DE AGUA	%	7,25	9,46	11,72	13,99	
PESO VOLUMETRICO SECO	gr/cm3	1,688	1,717	1,807	1,758	




Densidad Maxima	1,82 gr/cm3	Humedad Optima	12,40 %
Densidad Maxima Corregida	gr/cm3	Humedad Optima Corregida	%

Observacion:



		INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION												
		ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS												
		ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)												
		(ASTM D 1883 / AASHTO T-190 / MITC E 132)												
PROYECTO		MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020												
DISTRITO		SAN SEBASTIAN				FECHA:		01/03/2021						
PROVINCIA		CUSCO				DIPARTAMENTO		CUSCO						
DATOS DE LA MUESTRA														
Ubicación de Muestra:		Carretera Qotacalle - Agua Buena - C.P. Motteray CU-1294												
		N° Muestra: M - 01												
COMPACTACION														
Molde N°	12			3			3							
Capas N°	5			5			5							
Golpes por capa N°	50			25			12							
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12892,00				12574,00				12492,00					
Peso de molde (g)	841,00				8493,00				8517,00					
Peso del suelo húmedo (g)	4481,00				4081,00				3980,00					
Volumen del molde (cm ³)	1194,00				7103,00				5163,00					
Densidad húmeda (g/cm ³)	2,042				1,941				1,840					
Tara (N°)	0				0				0					
Peso suelo húmedo + tara (g)	433,30				433,30				371,40					
Peso suelo seco + tara (g)	385,50				364,80				332,70					
Peso de tara (g)	0,00				0,00				0,00					
Peso de agua (g)	47,80				45,40				41,70					
Peso de suelo seco (g)	385,50				364,80				332,70					
Contenido de humedad (%)	12,40				12,45				12,51					
Densidad seca (g/cm ³)	1,817				1,726				1,635					
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
16-10-2020	08:00	0:00	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0			
17-10-2020	08:00	24:00	16	0,160	0,1	35	0,350	0,3	59	0,590	0,5			
18-10-2020	08:00	48:00	36	0,360	0,3	47	0,470	0,4	89	0,890	0,8			
19-10-2020	08:00	72:00	55	0,550	0,5	78	0,780	0,7	113	1,130	1,0			
20-10-2020	08:00	96:00	89	0,890	0,8	110	1,100	1,0	143	1,430	1,2			
PENETRACION														
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 12				MOLDE N° 3				MOLDE N° 3				
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
		mm	pulg.	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg
0,000	0,000		0	0			0	0			0	0		
0,615	0,250		7	6,7			8	4,7			3	3,7		
1,270	0,500		15	14,7			14	9,7			7	6,7		
1,905	0,750		30	29,7			20	19,7			15	14,7		
2,540	1,000	70,455	50	49,7	50,0	3,5	40	39,7	35,0	3,5	23	21,7	20,0	1,4
3,810	1,500		80	79,8			50	49,7			29	28,7		
5,080	2,000	105,680	120	119,9	110,0	5,2	70	69,8	73,0	3,4	38	37,7	40,0	1,9
6,350	2,500		140	140,9			95	94,8			55	54,8		
7,620	3,000		170	170,0			120	119,9			61	60,8		
10,160	4,000		220	220,1			143	144,9			78	77,8		



INGEO ANDES E.I.R.L.
 Ing. Elard Mercedes Bejar
 GERENTE GENERAL
 CIP N° 142355

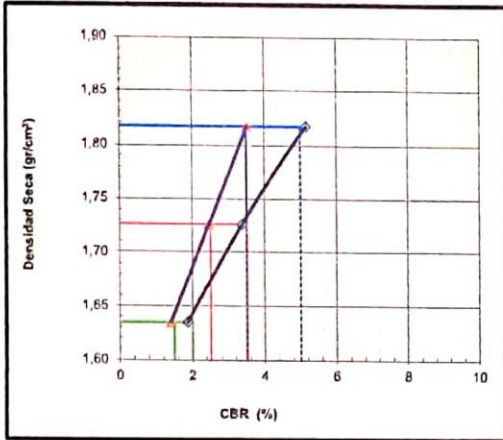
INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION
ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (ASTM D 1883 / AASHTO T-190 / MTC E.132)

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020
 DISTRITO: SAN SEBASTIAN
 PROVINCIA: CUSCO
 DEPARTAMENTO: CUSCO
 FECHA: 01/03/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Ubicación de Muestra: Carretera Ootacalle - Agua Buena - C.P. Mollebray CU-1294

N° Muestra: M - 01



METODO DE COMPACTACION : AASHTO T-180
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,817
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12,40
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,726
 90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,635

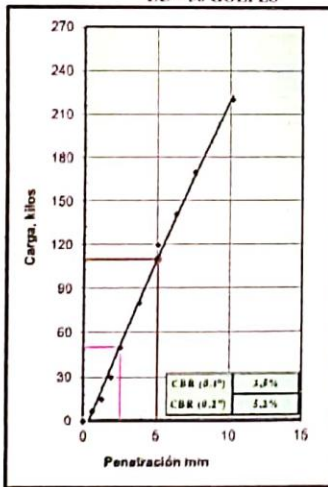
C.B.R. al 100% de M.D.S. (0.1")	4	0.2"	5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (0.1")	3	0.2"	4
C.B.R. al 90% de M.D.S. (0.1")	2	0.2"	2

RESULTADOS:

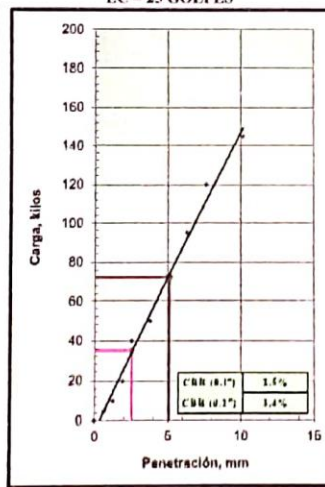
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 4%
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 3%
 Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. = 2%

OBSERVACIONES:

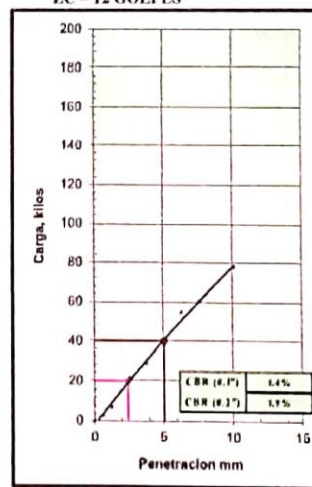
EC = 56 GOLPES




EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



INGEO ANDES E.I.R.L.
 Ingeniería y Construcción
Ing. Elard Molloza Bejar
 GERENTE GENERAL
 CIP N° 143365

	INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION
	ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS
	ENSAYO DE PROCTOR
	(ASTM D - 1557 / AASHTO T 180 / MTC E115)

DATOS DEL PROYECTO

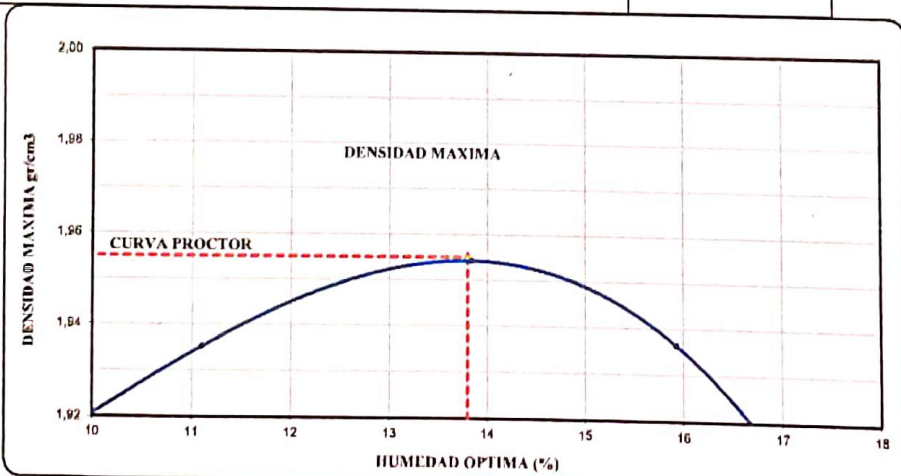
PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020	
DISTRITO: SAN SEBASTIAN	FECHA: 01/03/2021
PROVINCIA: CUSCO	
DEPARTAMENTO: CUSCO	

DATOS DE LA MUESTRA

Ubicación de Muestra Carretera Qotacalle - Agua Buena - C.P. Molleray CU-1294 Adicionando 4% de Sal Y Sodio	
Progresiva:	
N° Muestra:	M - 02

TIPO PROCTOR: (MODIFICADO)	UND	PUNTOS				Observaciones:
		1	2	3	4	
METODO DE COMPACTACION		C	C	C	C	
PESO SUELO + MOLDE	gr.	11021	11143	11302	11345	
PESO MOLDE	gr.	6570	6570	6570	6570	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr.	4451	4573	4732	4775	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	gr/cm ³	2,093	2,150	2,225	2,245	


HUMEDAD	UND	RECIPIENTES				Observaciones:
		0	0	0	0	
RECIPIENTE N°	cod.	0	0	0	0	
PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	gr.	432,20	343,30	279,60	312,20	
PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	gr.	395,00	309,00	245,60	269,30	
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	0,00	0,00	0,00	0,00	
PESO DE AGUA	gr.	37,20	34,30	34,00	42,90	
PESO DE SUELO SECO	gr.	395,00	309,00	245,60	269,30	
CONTENIDO DE AGUA	%	9,42	11,10	13,84	15,93	
PESO VOLUMETRICO SECO	gr/cm ³	1,913	1,935	1,954	1,936	




Densidad Maxima	1,96 gr/cm3	Humedad Optima	13,80 %
Densidad Maxima Corregida	gr/cm3	Humedad Optima Corregida	%

Observacion:


INGEO ANDES E.I.R.L.
Elard Mejía Bejar
Ing. Elard Mejía Bejar
 GERENTE GENERAL
 CIP N° 145365

		INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION												
		ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS												
		ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)												
		(ASTM D 1883 / AASHTO T-190 / MTC E 132)												
PROYECTO:		MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020												
DISTRITO:		SAN SEBASTIAN												
PROVINCIA:		CUSCO					FECHA:					01/03/2021		
DEPARTAMENTO:		CUSCO												
DATOS DE LA MUESTRA														
Ubicación de Muestra: Carretera Qotacalle - Agua Buena - C.P. Molleray CU-1294 Adicionando 4% de														
N° Muestra: M - 02														
COMPACTACION														
Molde N°	9			3			5							
Capas N°	5			5			5							
Golpes por capa N°	56			25			12							
Condición de la muestra	NO SATURADO			SATURADO			NO SATURADO			SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13097,00			12983,00			17708,00							
Peso de molde (g)	8424,00			8426,00			8345,00							
Peso del suelo húmedo (g)	4673,00			4557,00			4363,00							
Volumen del molde (cm³)	2100,00			2155,00			2176,00							
Densidad húmeda (g/cm³)	2,225			2,115			2,005							
Tara (N°)	0			0			0							
Peso suelo húmedo + tara (g)	356,60			432,20			437,70							
Peso suelo seco + tara (g)	313,36			379,50			384,30							
Peso de tara (g)	0,00			0,00			0,00							
Peso de agua (g)	43,24			52,70			53,40							
Peso de suelo seco (g)	313,36			379,50			384,30							
Contenido de humedad (%)	13,80			13,89			13,90							
Densidad seca (g/cm³)	1,985			1,857			1,760							
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
16/10/2020	08:00	0:00	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0			
17/10/2020	08:00	24:00	17	0,170	0,1	25	0,250	0,2	44	0,440	0,4			
18/10/2020	08:00	48:00	30	0,300	0,3	39	0,390	0,3	85	0,850	0,7			
19/10/2020	08:00	72:00	46	0,460	0,4	70	0,700	0,6	99	0,990	0,9			
20/10/2020	08:00	96:00	76	0,760	0,7	98	0,980	0,8	132	1,320	1,1			
PENETRACION														
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 9				MOLDE N° 3				MOLDE N° 5				
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0,000	0,000	0	0			0	0			0	0			
0,635	0,250	22	21,7			15	14,7			4	3,7			
1,270	0,500	83	82,8			55	54,8			24	23,7			
1,905	0,750	156	156,0			112	111,9			68	67,8			
2,540	1,000	70,455	213	213,1	200,0	14,1	165	165,0	155,0	10,9	112	111,9	110,0	7,7
3,810	1,500		316	316,3			276	276,2			165	165,0		
5,080	2,000	105,680	393	393,4	380,0	17,8	310	310,3	300,0	14,1	312	242,1	230,0	10,8
6,350	2,500		448	448,5			380	386,4			298	298,2		
7,620	3,000		510	510,7			417	412,5			334	334,4		
10,160	4,000		576	576,8			493	493,6			387	387,4		



INGEO ANDES E.I.R.L.
 Ing. Elard Mendoza Bejar
 GERENTE GENERAL
 CIP N° 143365

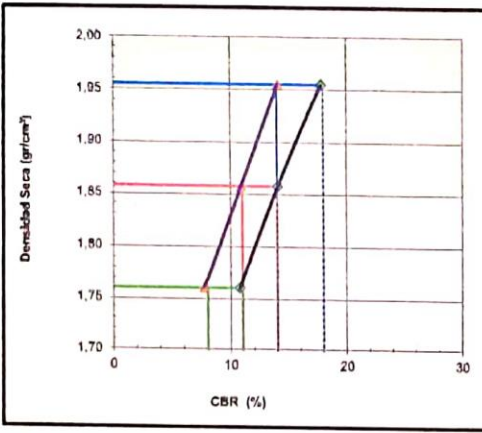


INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION
ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(ASTM D 1883 / AASHTO T-190 / MTC E.132)

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020
 DISTRITO: SAN SEBASTIAN
 PROVINCIA: CUSCO
 DEPARTAMENTO: CUSCO
 FECHA: 01/03/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Ubicación de Muestra: Carretera Qotacalle - Agua Buena - C.P. Mollera y CU-1294 Adicionando 4% de Sal y Sodio
 N° Muestra: M-02



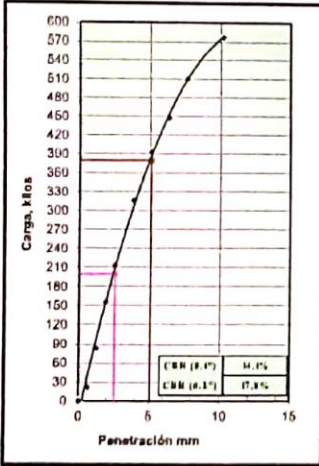
METODO DE COMPACTACION : AASHTO T-180
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,955
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 13,80
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,857
 90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,76

CBR al 100% de M.D.S. (± 0.1%)	14	0.2"	18
CBR al 95% de M.D.S. (± 0.1%)	11	0.2"	14
CBR al 90% de M.D.S. (± 0.1%)	8	0.2"	11

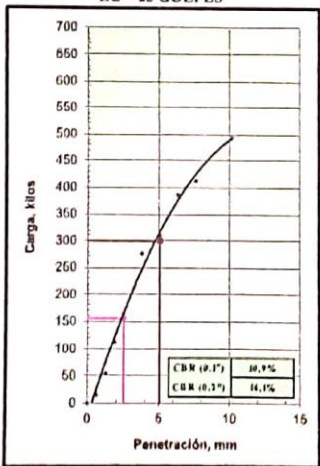
RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 14%
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 11%
 Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. = 8%

OBSERVACIONES:

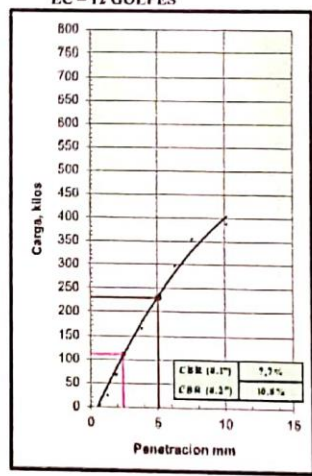
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES




EC = 12 GOLPES



INGEO ANDES E.I.R.L.

Ing. Elard Mejdoza Bejar
 GERENTE GENERAL
 CIP N° 143365

	INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION
	ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS
	ENSAYO DE PROCTOR
	(ASTM D - 1557 / AASHTO T 180 / MTC E115)

DATOS DEL PROYECTO

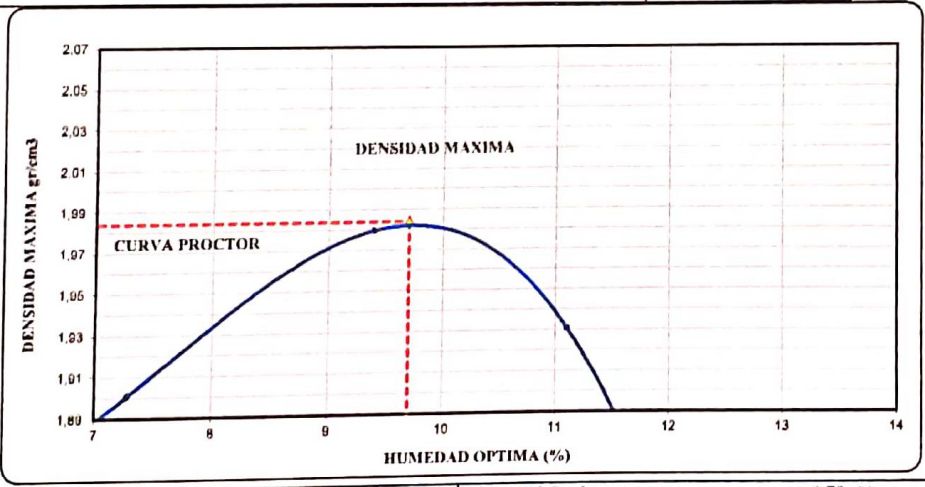
PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020	
DISTRITO: SAN SEBASTIAN	FECHA: 01/03/2021
PROVINCIA: CUSCO	
DEPARTAMENTO: CUSCO	

DATOS DE LA MUESTRA

Ubicación de Muestra Carretera Qotacalle - Agua Buena - C.P. Molleray CU-1294 Adicionando 8 %de Sal Y Sodio	
Progresiva:	
N° Muestra:	M - 02

TIPO PROCTOR: (MODIFICADO)	UND	PUNTOS				Observaciones:
		1	2	3	4	
METODO DE COMPACTACION		C	C	C	C	
PESO SUELO + MOLDE	gr.	10743	10907	11176	11132	
PESO MOLDE	gr.	6570	6570	6570	6570	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2127	2127	2127	2127	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr.	4173	4337	4606	4562	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	gr/cm3	1,962	2,039	2,165	2,145	


HUMEDAD	UND	RECIPIENTES				Observaciones:
		cod.	1	2	3	
RECIPIENTE N°	cod.	0	0	0	0	
PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	gr.	433,30	343,30	289,90	322,20	
PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	gr.	410,00	320,00	265,00	290,00	
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	0,00	0,00	0,00	0,00	
PESO DE AGUA	gr.	23,30	23,30	24,90	32,20	
PESO DE SUELO SECO	gr.	410,00	320,00	265,00	290,00	
CONTENIDO DE AGUA	%	5,68	7,28	9,40	11,10	
PESO VOLUMETRICO SECO	gr/cm3	1,856	1,901	1,979	1,930	



Densidad Maxima	1,98 gr/cm3	Humedad Optima	9,70 %
Densidad Maxima Corregida	gr/cm3	Humedad Optima Corregida	%

Observacion:


INGEO ANDES E.I.R.L.
 Ingenieria & Construcción
Ing. Elard Mejía Bejar
 GERENTE GENERAL
 CIP N° 143765

	INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION													
	ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS													
	ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)													
	(ASTM D 1883 / AASHTO T-190 / MTC E 132)													
PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020														
DISTRITO: SAN SEBASTIAN														
PROVINCIA: CUSCO						FECHA: 01/03/2021								
DEPARTAMENTO: CUSCO														
DATOS DE LA MUESTRA														
Ubicación de Muestra: Carretera Otcacalle - Agua Buena - C.P. Molleray CU-1294 Adicionando 8 %de														
N° Muestra: M - 02														
COMPACTACION														
Molde N°	21				11				12					
Capas N°	5				5				5					
Gotpos por capa N°	86				24				12					
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	4306,00		4278,00		4278,00		4278,00		4278,00		4278,00			
Peso de molde (g)	870,00		840,00		840,00		840,00		840,00		840,00			
Peso del suelo húmedo (g)	4754,00		4386,00		4386,00		4386,00		4246,00		4246,00			
Volumen del molde (cm³)	2184,00		2121,00		2121,00		2121,00		2166,00		2166,00			
Densidad húmeda (g/cm³)	2,177		2,066		2,066		2,066		1,960		1,960			
Tara (N°)	0		0		0		0		0		0			
Peso suelo húmedo + tara (g)	433,30		454,40		454,40		454,40		442,20		442,20			
Peso suelo seco + tara (g)	394,90		324,00		324,00		324,00		375,60		375,60			
Peso de tara (g)	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00			
Peso de agua (g)	38,40		31,40		31,40		31,40		35,60		35,60			
Peso de suelo seco (g)	394,90		323,00		323,00		323,00		375,60		375,60			
Contenido de humedad (%)	9,72		9,72		9,72		9,72		9,74		9,74			
Densidad seca (g/cm³)	1,984		1,885		1,885		1,885		1,786		1,786			
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
16/10/2020	08:00	0,00	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0			
17/10/2020	08:00	24,00	16	0,160	0,1	22	0,220	0,2	30	0,300	0,3			
18/10/2020	08:00	48,00	25	0,250	0,2	34	0,340	0,3	49	0,490	0,4			
19/10/2020	08:00	72,00	39	0,390	0,3	56	0,560	0,5	65	0,650	0,6			
20/10/2020	08:00	96,00	50	0,500	0,4	68	0,680	0,6	85	0,850	0,7			
PENETRACION														
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°	21				11				12			
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0,000	0,000		0	0			0	0			0	0		
0,635	0,250		39	28,7			30	19,7			8	7,7		
1,270	0,500		87	86,8			50	49,7			33	31,7		
1,905	0,750		167	162,0			100	99,8			57	56,8		
2,540	1,000	70,455	280	280,2	240,0	16,9	157	157,0	155,0	10,9	87	86,8	80,0	5,6
3,810	1,500		330	350,1			263	265,2			123	122,9		
5,080	2,000	105,680	450	459,6	420,0	19,7	300	300,2	295,0	13,8	187	187,0	180,0	8,4
6,350	2,500		493	498,6			367	367,4			243	243,1		
7,620	3,000		537	532,7			380	380,4			287	287,2		
10,160	4,000		570	570,8			412	412,5			334	334,3		

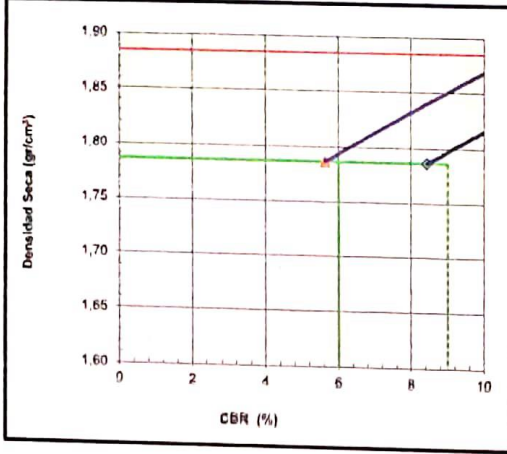

INGEO ANDES E.I.R.L.
 Ing. Elara Mendoza Bejar
 GERENTE GENERAL
 CIP N° 14365

INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION
ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (ASTM D 1883 / AASHTO T-190 / MTC E 132)

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020
 MUNICIPIO: SAN SEBASTIAN
 PROVINCIA: CUSCO
 DEPARTAMENTO: CUSCO
 FECHA: 01/03/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Ubicación de Muestra: Carretera Qotacalli - Agua Buena - C.P. Mollerey CU-1204 Adicionando 8 %de Sal Y Sodio
 N° Muestra: M - 02

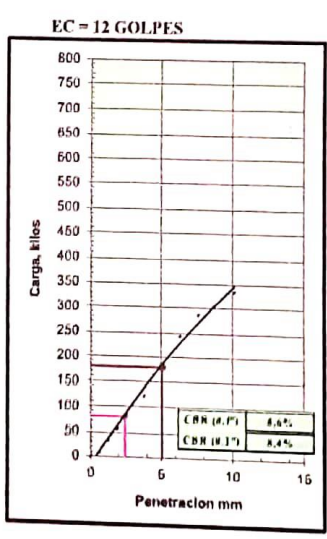
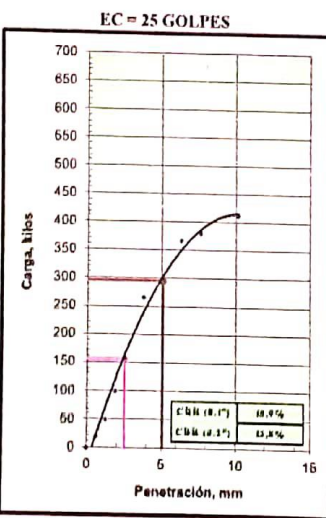
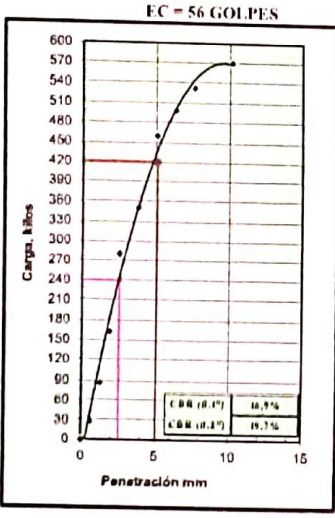


METODO DE COMPACTACION : AASHTO T-180
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,984
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 0,70
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,885
 90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,786

CBR, al 100% de M.D.S. (0.1")	17	0.2"	20
CBR, al 95% de M.D.S. (0.1")	11	0.2"	14
CBR, al 90% de M.D.S. (0.1")	6	0.2"	9

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 17%
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 11%
 Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. = 6%

OBSERVACIONES:



INGENIO ANDES E.I.R.L.
 Ingenieria & Construccion
Ing. Elard Mendoza Bejar
 GERENTE GENERAL
 CIP N° 147365

INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION
ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE PROCTOR
 (ASTM D - 1557 / AASHTO T 180 / MTC E115)

DATOS DEL PROYECTO

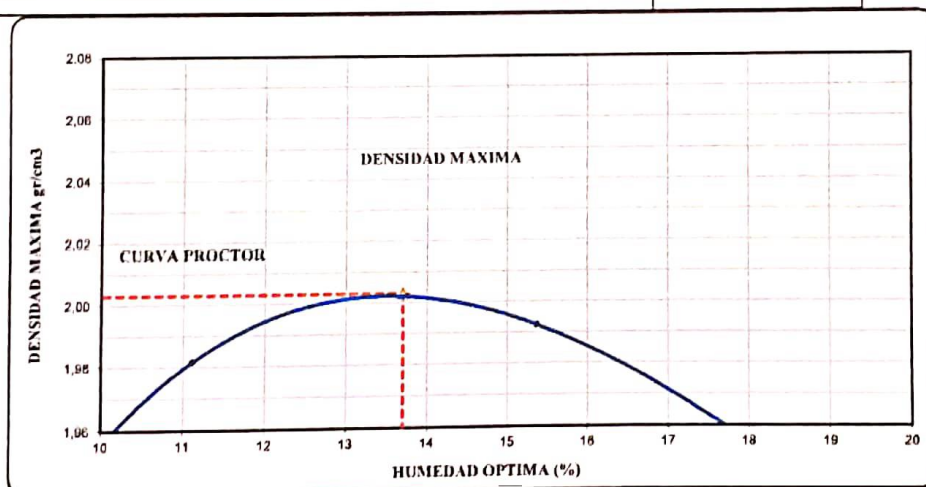
PROYECTO	MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020		
DISTRITO	SAN SEBASTIAN		FECHA: 01/03/2021
PROVINCIA	CUSCO		
DEPARTAMENTO	CUSCO		

DATOS DE LA MUESTRA

Ubicación de Muestra Carretera Qolacalle - Agua Buena - C.P. Molleray CU-1294 Adicionando 12% de Sal Y Sodio	
Progresiva:	
N° Muestra:	M - 02


TIPO PROCTOR: (MODIFICADO)	UND	PUNTOS				Observaciones:
		1	2	3	4	
METODO DE COMPACTACION		C	C	C	C	
PESO SUELO + MOLDE	gr.	11054	11253	11414	11459	
PESO MOLDE	gr.	6570	6570	6570	6570	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2127	2127	2127	2127	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr.	4484	4683	4844	4889	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	gr/cm3	2,108	2,202	2,277	2,299	


HUMEDAD	UND	RECIPIENTES				Observaciones:
		0	0	0	0	
RECIPIENTE N°	cmd.	0	0	0	0	
PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	gr.	454,40	205,00	157,10	423,40	
PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	gr.	416,00	184,50	138,10	367,00	
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	0,00	0,00	0,00	0,00	
PESO DE AGUA	gr.	38,40	20,50	19,00	56,40	
PESO DE SUELO SECO	gr.	416,00	184,50	138,10	367,00	
CONTENIDO DE AGUA	%	9,23	11,11	13,76	15,37	
PESO VOLUMETRICO SECO	gr/cm3	1,930	1,982	2,002	1,992	




Densidad Maxima	2,00 gr/cm3	Humedad Optima	13,70 %
Densidad Maxima Corregida	gr/cm3	Humedad Optima Corregida	%

Observacion:


INGENIO ANDES E.I.R.L.
Ing. Elard Mendoza Bejar
 GERENTE GENERAL
 CIP N° 143345

		INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION												
		ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS												
		ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)												
		(ASTM D 1883 / AASHTO T-190 / MTC E 132)												
PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020														
DISTRITO: SAN SEBASTIAN						FECHA: 01/03/2021								
PROVINCIA: CUSCO														
DEPARTAMENTO: CUSCO														
DATOS DE LA MUESTRA														
Ubicación de Muestra: Carretera Gotacalle - Agua Buena - C.P. Molleray CU-1294 Adicionando 12% de														
						N° Muestra: M - 02								
COMPACTACION														
Molde N°	7		5		11									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13197,00		12979,00		12738,00									
Peso de molde (g)	8317,00		8312,00		8315,00									
Peso del suelo húmedo (g)	4980,00		4667,00		4423,00									
Volumen del molde (cm³)	2187,00		2156,00		2156,00									
Densidad bruta (g/cm³)	2,277		2,165		2,051									
Tara (N°)	0		0		0									
Peso suelo húmedo + tara (g)	574,60		476,60		536,60									
Peso suelo seco + tara (g)	505,27		419,00		471,60									
Peso de tara (g)	0,00		0,00		0,00									
Peso de agua (g)	69,23		57,60		65,00									
Peso de suelo seco (g)	505,27		419,00		471,60									
Contenido de humedad (%)	13,70		13,75		13,78									
Densidad seca (g/cm³)	2,003		1,903		1,803									
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
16/10/2020	08:00	0:00	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0			
17/10/2020	08:00	24:00	11	0,110	0,1	29	0,200	0,2	25	0,250	0,2			
18/10/2020	08:00	48:00	21	0,210	0,2	29	0,290	0,3	38	0,380	0,3			
19/10/2020	08:00	72:00	35	0,350	0,3	46	0,460	0,4	59	0,590	0,5			
20/10/2020	08:00	96:00	48	0,480	0,4	59	0,590	0,5	80	0,800	0,7			
PENETRACION														
PENETRACION	CARGA	STAND.	MOLDE N° 7				MOLDE N° 5				MOLDE N° 11			
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
			Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0,000	0,000		0	0		0	0		0	0		0	0	
0,615	0,250		49	45,7		31	30,7		11	10,7		10	10,7	
1,270	0,500		115	114,9		76	75,8		34	33,7		33	33,7	
1,905	0,750		191	191,0		99	98,8		67	66,8		66	66,8	
2,540	1,000	70,455	263	263,2	260,0	18,3	139	138,9	160,0	11,2	89	88,8	80,0	
3,810	1,500		404	401,4		205	205,2		113	112,9		112	112,9	
6,090	2,000	105,600	508	508,7	500,0	13,4	320	320,3	320,0	15,0	167	167,0	160,0	
6,350	2,500		610	610,9		413	423,5		201	201,0		201	201,0	
7,620	3,000		698	699,0		512	512,7		245	245,1		245	245,1	
10,160	4,000		739	780,2		621	621,9		299	299,2		299	299,2	



INGEO ANDES E.I.R.L.
 Ing. Elard Mendoza Bejar
 GERENTE GENERAL
 CIP N° 137265

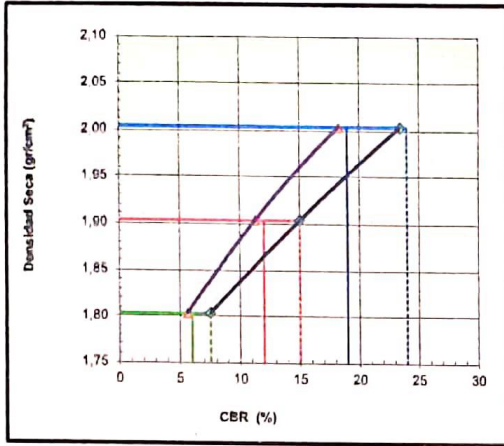
INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION
ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(ASTM D 1883 / AASHTO T-190 / MITC E.132)

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SUELO ARENOSO Y LIMOSO CON CLORURO DE SODIO Y CAL PARA SUB RASANTE CON PRUEBAS DE CBR - CUSCO 2020
 DISTRITO: SAN SEBASTIAN
 PROVINCIA: CUSCO
 DEPARTAMENTO: CUSCO
 FECHA: 01/03/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Ubicación de Muestra: Carretera Qolacallo - Agua Buena - C.P. Mollera CU-1294 Adicionando 12% de Sal Y Sodio

N° Muestra: M-02



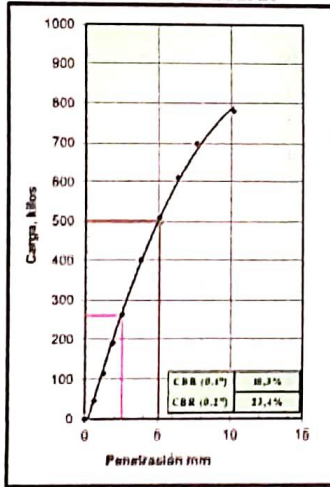
METODO DE COMPACTACION : AASHTO T-180
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2,003
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 13,70
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,903
 90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1,803

C.B.R. al 100% de M.D.S. (* 0.1")	19	0.2"	24
C.B.R. al 95% de M.D.S. (* 0.1")	12	0.2"	15
C.B.R. al 90% de M.D.S. (* 0.1")	6	0.2"	8

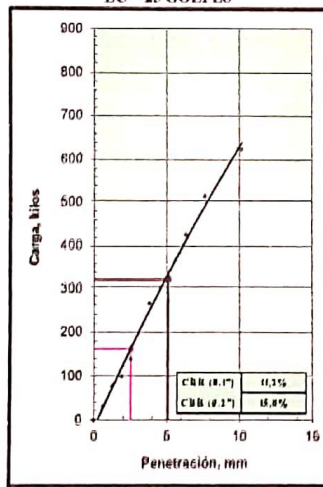
RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 19%
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 12%
 Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. = 6%

OBSERVACIONES:

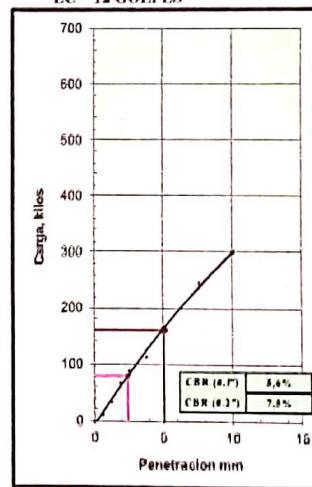
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES




INGENIO ANDES E.I.R.L.
Elard Mendoza Bejar
Ing. Elard Mendoza Bejar
 GERENTE GENERAL
 CIP N° 142365