

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO
EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE
CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS
ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Alejandra Briones Martínez

Asesor:

Ing. Alejandro Cubas Becerra

Cajamarca - Perú

2018



ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Alejandro Cubas Becerra, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- BRIONES MARTÍNEZ, ALEJANDRA

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN AL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS” para aspirar al título profesional de: **INGENIERO CIVIL** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

Ing. Alejandro Cubas Becerra
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de la estudiante Alejandra Briones Martínez para aspirar al título profesional con la tesis denominada: "INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN AL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Jurado
Presidente

Ing. Gabriel Cachi Cerna
Jurado

Mg. Ing. Iván Mejía Díaz
Jurado

DEDICATORIA

A MI MADRE.

Por haberme apoyado en todo momento, que me enseñó a no desfallecer ni rendirme ante nada, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A MI ABUELA.

Por estar siempre a lado de nosotras quien es una segunda madre por estar dispuesta en ayudarme en cualquier momento y ser una fuente de inspiración para culminar mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

A DIOS.

Por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A MIS FAMILIARES.

A mi hermana y sobrinos, por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

A MI ASESOR.

Ing. Alejandro Cubas Becerra por su gran apoyo y motivación para la culminación de mi estudio profesional y para la elaboración de esta tesis.

Tabla de contenidos

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	21
CAPÍTULO III. RESULTADOS	45
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	49
REFERENCIAS	56
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos granulométricos	14
Tabla 2. Cantidad mínima de espécimen	23
Tabla 3. Estimados de precisión de límite plástico	27
Tabla 4. Factor por número de golpes	30
Tabla 5. Rango de clasificación de suelo según su índice de plasticidad.....	31
Tabla 6. Tamices estandarizados	32
Tabla 7. Descripción de la clasificación	34
Tabla 8. Tiempo de muestra para las clases de suelo.....	36
Tabla 9. Penetración para la lectura.....	43
Tabla 10. Resumen de resultado de laboratorio.....	48

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 . Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado.....	49
Gráfico N° 2. Resultado del límite líquido	49
Gráfico N° 3. Resultados de límite plástico.....	50
Gráfico N° 4. Resultados de índice de plasticidad.....	50
Gráfico N° 5. Resultados de densidad máxima seca.....	52
Gráfico N° 6. Resultados de óptimo contenido de humedad.	52
Gráfico N° 7. CBR de suelo natural al 0.1”.....	53
Gráfico N° 8. CBR al 0.1” de suelo natural +2% de cloruro de calcio.	53
Gráfico N° 9. CBR al 0.1”.de suelo natural +5% de cloruro de magnesio.....	54

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1:	$W = \text{Peso de agua seco al horno} \times 100$	25
Ecuación 2:	$LL = Wn \times (N25)0.121$	30
Ecuación 3:	$IP = LL - LP$	30
Ecuación 4:	$W = A - BB - C * 100$	38
Ecuación 5:	$W1 = \text{Peso de la muestra} / \text{Volumen}$	38
Ecuación 6:	$w = w1w + 100 * 100$	38
Ecuación 7:	$Pm = (Mt - Mmd)1000 * V$	40
Ecuación 8:	$Pd = Pm1 + W100$	41
Ecuación 9:	$\% \text{ Expansión: } L2 - L1H \times 100$	43

RESUMEN

En la presente investigación se estudió la influencia del cloruro de magnesio en comparación con el cloruro de calcio en la estabilización de suelos arcillosos para afirmados, con lo cual se desarrolló tres veces ensayos de laboratorio que son Límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR , en excepción al suelo natural que se realizó los ensayos de contenido de humedad y análisis granulométrico mediante tamizado por lavado para tener un resultado patrón para la comparación cuando se añadió los estabilizantes, para obtener resultado del suelo natural con 2% de cloruro de calcio y con 5% de cloruro magnesio, con los cuales para el suelo natural o muestra patrón en las pruebas de laboratorio se obtuvieron en contenido de humedad 7.62% para límite líquido los resultados fue de 26.00%, en límite plástico 14.01%, índice de plasticidad 11.99%, en Proctor modificado su densidad máxima seca fue 1.90%, en óptimo contenido de humedad fue 7.19%, para CBR al 0.1% se obtuvo una densidad máxima seca de 3.14 gr/cm³ con un CBR de 31.03%; Para el suelo natural más 2% de cloruro de calcio se obtuvo los siguientes resultados, para límite líquido el resultado fue de 12.00%, en límite plástico 6.07%, índice de plasticidad 5.93%, en Proctor modificado su densidad máxima seca fue 1.92%, en óptimo contenido de humedad fue 6.39%, para CBR al 0.1% se obtuvo una densidad máxima seca de 3.13 gr/cm³ con un CBR de 57.04%; Para el suelo natural más 5% de cloruro de magnesio se obtuvieron los siguientes resultados, para límite líquido el resultado fue de 28.00%, en límite plástico 16.64%, índice de plasticidad 11.36%, en Proctor modificado su densidad máxima seca fue 2.05%, en óptimo contenido de humedad fue 6.75%, para CBR al 0.1% se obtuvo una densidad máxima seca de 3.14 gr/cm³ con un CBR de 40.41% con lo cual se concluyó según este ensayo que el cloruro de calcio al 2% aumenta la resistencia al esfuerzo cortante y mejora sus propiedades físicas mecánicas de un suelo arcilloso en comparación al cloruro de magnesio al 5%.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En lo indicado por las estadísticas por Proexpansión indica con cifras del Banco mundial en que el Perú solo el 13.30% de sus carreteras están pavimentadas adecuadamente con lo que 86.70% son carreteras sin pavimentar o vías afirmadas, por lo que la pavimentación y mantenimiento de carreteras resulta importante por varias razones. Primero, porque son gracias a estas vías que las ciudades se conectan. El envío de productos y alimentos se realiza en un 80% por vía terrestre. A menor porcentaje de carreteras en buen estado menor la capacidad de proveer a las diferentes ciudades. Esto ocasiona que estas se encuentren aisladas y por ende que sus ciudadanos también lo estén, ya que este problema no es solucionable de inmediato se indica prolongar la vida de un afirmado el cual tenga durabilidad y cumpla las normas para su funcionabilidad. (Proexpansión, 2014)

Se conoce que cualquier proyecto vial depende de la calidad de un suelo, los suelos arcillosos acarrear problemas significativos en la estructura de estos como su baja capacidad portante y alta deformabilidad, por tal motivo en la ciudad de Cajamarca se ha tratado de realizar mejoramientos de suelos arcillosos ya sea con estabilizadores, cales, cementos, aditivos, emulsiones y enzimas ya que presenta suelos arcillosos de alta y baja calidad los cuales no cumplen con las exigencias de las normas técnicas. (Jara,2014).

Los suelos arcillosos no cumplen con los requerimientos necesarios para un proyecto de pavimentación, por su baja capacidad de soporte y mala calidad debido a su naturaleza. La vida útil de los pavimentos, que descansan sobre suelos blandos es menor que el promedio de la mayoría, pues se producen hundimientos o asentamientos que deterioran la vía, entonces esto conlleva a un estudio para solucionar este

problema, donde se emplea alternativas de estabilización para el mejoramiento de las características mecánicas del material evitando elevados costos de obras. (Pérez,2010)

Se indica que los suelos sin estabilizantes conllevan a un problema medio ambiental ya sea por la creación de nuevas canteras para realizar el préstamo de materiales para mejorar este, por eso se busca los materiales estabilizadores ya sea como cloruro de magnesio, cloruro de calcio y/o parecidos para realizar un procedimiento adecuado para disminuir este tipo de problemas ya sea por ejemplo en suelos arcillosos con alta presencia de sulfatos que dificulta en la construcción de caminos o ampliación de vías ya que son perjudiciales como efecto de hinchamiento de afirmados. (Valle, 2010).

Antecedentes.

Mateos (2007) informa en el artículo llamado "efectos del cloruro de calcio en la estabilidad de suelo" que este cloruro como estabilizador de suelos es el más económico, siendo usado, por los beneficios que reporta, tanto en la construcción de capas de sub-base y base para autopistas y carreteras, como en capas de rodadura de caminos ordinarios de tierra. El cloruro, debe advertirse, no convierte un suelo en un material con las características del suelo-cemento, por ejemplo, sino que origina cambios en el suelo que son a veces intangibles, pero que mejoran la estabilidad de los pavimentos y reducen el coste de la conservación.

Thenoux y Vera (2010) sostienen en su tesis nombrada "Evaluación de la efectividad del cloruro de magnesio como estabilizador químico de capas de rodaduras granulares" que el cloruro de magnesio posee diversas propiedades que permiten su uso potencial como estabilizador químico con capacidad de absorber y retener la humedad del ambiente, incrementa la tensión superficial del agua y reduce la presión de vapor del agua, por lo cual su investigación tuvo el propósito de evaluar el cloruro de magnesio en caminos no pavimentados, y se basa en ensayos de laboratorio de límites líquidos,

compactación, resistencia a la compresión y retención de humedad dando como resultado que es un efectivo estabilizador de capas granulares de rodadura en climas áridos, se puede obtener ahorros por conceptos de conservación de caminos, la lluvia produce dos problemas en tramos conformados por arcilla como desprendimiento del material fino saturado y superficie resbaladiza, en climas muy secos no absorbe la humedad del ambiente, produce un importante mejoramiento de la propiedades de compatibilidad de los suelos, la dosis recomendada varía entre 3% y 5%, que la calidad final y desempeño del camino estabilizado con cloruro de magnesio dependen principalmente de la construcción.

Gutiérrez (2010) realizó la investigación en su tesis denominada "Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio frente al cloruro de calcio" en Perú que la inestabilidad de los suelos es uno de los principales problemas que presentan las carreteras no pavimentadas; para corregir este problema se usan variadas técnicas de estabilización de suelos; una de las formas de estabilización de suelos, es aquella que se realiza utilizando productos químicos no tóxicos que dotan a estos suelos (carreteras) un mejor comportamiento en servicio; para tal efecto existe en el mercado un variado grupos de empresas dedicadas a la producción de productos químicos estabilizadores, los cuales a su vez buscan promocionar las bondades de sus respectivos productos y el menor costo en el que se incurriría si se optara por usar dichos productos, en la que quiere determinar que el cloruro de magnesio es la opción que ofrece mayores ventajas técnicas, económicas y ambientales frente al cloruro de calcio por medio de procedimientos para la evaluación de la economía, ventajas técnicas y determinación del impacto ambiental en la cual llega a las conclusiones:

1. El Cloruro de Magnesio es una sal muy Higroscópica (H.R.= 32%) por lo cual funcionaria muy bien en regiones con climas secos; Por consiguiente, no es viable para la costa del Perú. (H.R. Mínima Promedio = 68%) ya que se sobrehidrataría el suelo convirtiéndolo en muy resbaladizo.
2. El Cloruro de Calcio con su H. R=42% se adecua mejor a las condiciones climáticas del Perú.
3. Para el Cloruro de Magnesio se necesitan altas cantidades para tener altas concentraciones que a comparación del cloruro de calcio no sucede así.

AFIRMADOS.

El afirmado consiste en una capa compactada de material granular natural o procesada, con gradación específica que soporta directamente cargas y esfuerzo del tránsito, debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo para que permita mantener aglutinadas las partículas. (MDC-2014)

Es la construcción de una o más capas de afirmado, generalmente el afirmado que se especifica en esta sección se utilizará como superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas.

Los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales, deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas, según lo indicado en la siguiente tabla N°1:

Tabla 1
Requisitos granulométricos.

TAMIZ	Porcentaje que pasa					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50mm (2")	100	-				
37.5mm(1 1/2")	100	-				
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (3/4")	65-100	80-100				

9.5 mm (3/8")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4.75 mm (N°4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2.0 mm (N°10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (N°40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (N°200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: AASHTO M-147

Además, deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)
- Índice de Plasticidad: 4-9% (MTC E 111)
- CBR (1): 40% mín. (MTC E 132) ⁽¹⁾

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0,1” (2,5 mm). (EG-2013)

SUELOS:

Suelo, en Ingeniería Civil, son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas, fruto de la alteración de las rocas, o suelos transportados por agentes como el agua, hielo o viento con contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva, y que pueden tener materia orgánica. El suelo es un cuerpo natural heterogéneo.

La estructura del suelo puede ser natural (la del suelo “in situ”), como un talud, canal en tierra o artificial (suelo como material de construcción), como un terraplén o un relleno. (Escobar y Escobar, 2002)

SUELOS ARCILLOSOS:

Se denomina suelo arcilloso a aquellos terrenos compuestos, en su mayoría, por partículas de arcilla.

Un suelo de este tipo está formado por diferentes partículas, algunas de ellas son arena, limo y otros, pero entre ellas la que se encuentra en mayor cantidad es la arcilla; Las

proporciones de cada componente varían según el suelo, cada suelo arcilloso presenta composiciones diferentes ya que es una formación natural.

La manera más eficaz de identificar un tipo de terreno es realizando una prueba o examen que nos brinde los datos exactos de su composición, pero en campo lo más recomendable es realizar una prueba humedeciendo y amasando la tierra.

Propiedades del suelo:

Textura:

Un terreno arcilloso tiene una textura fina ya que está formado por partículas muy finas, se considera a un suelo pesado siendo esto lo que causa que, al carecer de agua, la tierra de este tipo se una formando acumulaciones y masas compactas y trabajarla para el cultivo requiera de más esfuerzo.

Temperatura:

Por lo general, el suelo arcilloso se mantiene frío y le cuesta subir su temperatura. Esto se debe a que acumula fácilmente el agua y no tiene un buen drenaje, casi siempre se mantiene húmeda y por lo tanto en temperaturas bajas.

Cohesión

Siendo la cohesión la propiedad principal desde el punto de vista mecánico de este tipo de suelo, se define como la presencia suficiente de cantidad de arcilla para que el suelo de adhiera así mismo, es decir son plásticos.

ESTABILIZACION CON CLORURO DE MAGNESIO. (MgCl₂)

Los suelos que se usen para la construcción del suelo-cloruro de magnesio pueden ser del propio camino o provenir, en todo o en parte, de préstamos seleccionados.

Los sitios de préstamo estarán considerados en el Proyecto. El Proyecto señalará y establecerá en los respectivos planos de construcción del suelo - cloruro de magnesio la procedencia del suelo a estabilizar, pudiendo ser de cantera o los que se encuentran en la superficie de la vía, bien sea en el corte o en la capa superior del terraplén.

La gradación será definida en las especificaciones técnicas del Proyecto. El índice de plasticidad del suelo no debe ser mayor de 15. El tamaño máximo del agregado grueso que contenga el suelo no debe ser mayor de 1/3 del espesor de la capa compactada de suelo-cloruro de magnesio y en ningún caso mayor a 2". El espesor de cada capa de suelo estabilizado será como mínimo 15 cm o lo especificado en el Proyecto. La tolerancia de gradación y plasticidad de los suelos que se usen para la construcción de suelo - cloruro de magnesio están sujetos a la aprobación previa por escrito del Supervisor, de acuerdo a lo especificado en el Proyecto. Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasión (Máquina de Los Ángeles) no mayor a 50%.

El cloruro de magnesio es una sal, cuya composición química es $MgCl_2$ incoloro, soluble en agua, muy deliquescente al aire húmedo. Para la construcción suelo-cloruro de magnesio este puede utilizarse como sal o salmuera y debe satisfacer los requerimientos establecidos en Proyecto. El contenido de cloruro de magnesio en la mezcla, generalmente varía entre 50 y 80 kg/m³ de suelo seco a estabilizar. No obstante, la cantidad adecuada de cloruro de magnesio se definirá en función a las características propias de los materiales y a los ensayos de CBR ejecutados mediante la norma ASTM D 1883 y en función a los resultados que se obtengan del tramo de prueba.

El contenido de cloruro de magnesio de la mezcla no debe variar en más de 5% por exceso o por defecto, de la cantidad por metro cúbico de mezcla, establecida en el Proyecto. (EG-2013)

- El cloruro de magnesio, el cual tiene diversas propiedades físicas que permiten su uso potencial como estabilizador químico de caminos no pavimentados como los afirmados, siendo:

- Delicuescencia:

Es la capacidad de absorber la humedad del aire y disolverse en esta humedad para formar una solución líquida. El cloruro de magnesio absorbe agua cuando la humedad relativa es superior al 32%, proceso que cesa cuando la presión de la solución salina originada es igual a la presión de vapor de la atmósfera. Además, el cloruro de magnesio tiene la capacidad de retener la humedad absorbida por un tiempo prolongado, el cual depende de las condiciones climáticas prevaecientes. La cantidad de agua absorbida es proporcional a la superficie expuesta de la sal, a la humedad relativa del aire.

- Presión a vapor:

La presión de vapor de soluciones de cloruro de magnesio es significativamente menor que la del agua a cualquier temperatura y humedad relativa, reduciendo la tasa de evaporación del agua hasta 3,1 veces.

- Temperatura de congelamiento

La temperatura de congelamiento en soluciones salinas es significativamente menos a la del agua pura esta es una de las propiedades más reconocidas de las sales, siendo por ello ampliamente utilizadas en calles y carreteras para derretir la nieve y el hielo acumulado en la superficie de la calzada o cualquier otra superficie de pavimentación. (Thenoux y Vera, 2010).

ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE CALCIO. (CaCl₂)

El cloruro de calcio utilizado para la estabilización de la vía, proviene de la reacción del cloro con el hidrógeno, dando como resultado un ácido clorhídrico de mayor pureza y por ende el cloruro de calcio es la reacción química del ácido con la caliza (carbonato de calcio); cuya propiedad fundamental, al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y

mejorando la cohesión del suelo. Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el calcio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, produciéndose una acción cementante. El Proyecto debe indicar los sitios de la vía en los cuales se construirá el suelo-cloruro de calcio; debe establecerse el pre diseño indicando las proporciones de la(s) mezcla(s) que se vayan a usar en cada sitio; y debe determinar el espesor correspondiente en cada caso. Las consideraciones ambientales están referidas a la protección del medio ambiente durante la construcción de una o más capas de material granular compuestas de suelo mezclado con cloruro de calcio. (EG-2013)

Un trabajo muy similar a la sal común, ayuda al proceso de compactación y contribuye con la resistencia del suelo, previene el desmoronamiento de la superficie y es un paliativo de polvo.

La dosificación recomendada es de 1%-2% en peso respecto al suelo seco el mezclado, compactación y terminación son similares a los de la estabilización con cloruro de calcio; generalmente se aplica disuelto en agua mediante riego al comienzo de la temporada seca. (MTC, 2013)

1.2. Formulación del problema

“¿Qué estabilizador, cloruro de magnesio o cloruro de calcio permite obtener propiedades físico mecánicas más óptimas?”.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar cuál estabilizador, ya sea Cloruro de Calcio al 2% y Cloruro de Magnesio al 5%, mejora la capacidad portante de un suelo arcilloso para afirmados.

1.3.2. Objetivos específicos

-Evaluar si el suelo natural tiene los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales según el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG-2013).

-Analizar si con la adición de cloruro de calcio al 2% cumple con todos los requerimientos del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG-2013).

-Determinar si con la adición de cloruro de magnesio al 5% cumple con todos los estándares de calidad del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG-2013).

1.4. Hipótesis

El cloruro calcio con el porcentaje de 2% para la estabilización de suelos arcillosos en afirmados es más óptimo para la obtención de mejores propiedades físicas mecánicas que la incorporación de cloruro de magnesio con el porcentaje de 5%.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Experimental

2.2. Población y muestra

La presente investigación consideró como población al suelo arcillo de la ciudad de Cajamarca y muestra a la calle Jr. La Cantuta, por tener predominante suelo arcilloso.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

Se usó el material que sería suelo arcillo a través de la realización de una calicata de dimensiones de 1.00mx1.00x1.80m, el cual se separó y fue transportado a el laboratorio de la Universidad Privada del Norte para su estudio, a este material que se le denominaría muestra patrón o suelo natural.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Se llevó a cabo los ensayos de laboratorio, en el cual el suelo natural pasó por los ensayos de: Contenido de humedad, índices de plasticidad, clasificación de suelo natural SUCS, Proctor modificado, granulometría mediante tamizado por lavado y California Bearing Ratio –CBR, para el caso de la adición de Cloruro de calcio con 2% y Cloruro de Magnesio con 5% en la adición al suelo natural o muestra patrón se realizó los ensayos de: Proctor modificado, índices de plasticidad y California Bearing Ratio –CBR.

CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 108, ASTM D2216, NTP 339.127).

a) Definición:

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

b) Principio del método:

Se determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ más menos $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ *. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua.

c) Aparatos:

✓ Horno de secado:

Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

✓ Balanzas:

De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones: de 0.01 g para muestras de menos de 200 g de 0.1 g para muestras de más de 200 g.

✓ Recipientes:

Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.

Los recipientes y sus tapas deben ser herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera después del secado y antes de la pesada final. Se usa un recipiente para cada determinación.

✓ Utensilios para manipulación de recipientes:

Se requiere el uso de guantes, tenazas o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después que se hayan secado.

d) Muestras:

Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corroerla a una temperatura entre aproximadamente 3 °C y 30 °C y en un área que prevenga el contacto directo.

con la luz solar. Las muestras alteradas se almacenarán en recipientes de tal manera que se prevenga o minimice la condensación de humedad en el interior del contenedor.

e) Espécimen de ensayo:

La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, si no se toma la muestra total, será de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 2
Cantidad mínima de espécimen.

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%).	Tamaño de malla estándar.	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a -0.1%	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a -1%.
2 mm o menos	INTINTEC 2.00 mm (N° 10)	20 g	20 g
4.75 mm	ITINTEC 4.75 mm. (N° 4)	100 g	20 g
9.5 mm	ITINTEC 9.51 mm. (3/8")	500 g	50 g
19.0 mm	ITINTEC 19.0 mm. (3/4")	3 g	250 g
37.5 mm	ITINTEC 38.1 mm. (1/2")	10 g	1 kg
75.0 mm	ITINTEC 76.1 mm. (3")	50 g	5 kg

Fuente: NTP-339-127 Contenido de humedad de un suelo.

Selección del espécimen del ensayo:

La selección del material dependerá del tipo de ensayo que quiere realizarse, así como la condición del material, para muestra alteradas se puede realizar de dos formas:

- Si el material puede ser manipulado sin pérdida significativa de humedad, el material debe mezclarse y luego reducirse al tamaño requerido por cuarteo o por división.
- Si el material no puede ser mezclado y/o dividido, deberá formarse una pila de material, mezclándolo tanto como sea posible. Tomar por lo menos cinco porciones de material en ubicaciones aleatorias usando un tubo de muestreo, lampa, cuchara, frotacho, o alguna herramienta similar apropiada para el tamaño de partícula máxima presente en el material. Todas las porciones ser combinarán para formar el espécimen de ensayo.
- Si no es posible apilar el material, se combinarán para formar un espécimen de ensayo.

En muestras intactas tales como bloques, tubos, muestreadores divididos y otros, el espécimen de ensayo se obtendrá por uno de los siguientes métodos dependiendo del propósito y potencial uso de la muestra.

Se desbastará cuidadosamente por lo menos 3 mm de material de la superficie exterior de la muestra para ver si el material está estratificado y para remover el material que esté más seco o más húmedo que la porción principal de la muestra. Luego se desbastará por lo menos 5 mm, o un espesor igual al tamaño máximo de partícula presente, de toda la superficie expuesta o del intervalo que esté siendo ensayado.

Se cortará la muestra por la mitad. Si el material está estratificado se procederá de acuerdo a lo indicado en 8.3.3. Luego se desbastará cuidadosamente por lo menos 5 mm, o un espesor igual del tamaño máximo de partícula presente, de la superficie expuesta de una mitad o el intervalo ensayado. Deberá evitarse el material de los bordes que pueda encontrarse más húmedo o más seco que la porción principal de la muestra.

f) Procedimiento:

Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).

Seleccionar especímenes de ensayo representativos, colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza seleccionada, de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.

Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para obtener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.

Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor puede ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza usada, registrando este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso.

g) Cálculos:

Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Ecuación 1... } W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de agua seco al horno}} \times 100$$

W= es el contenido de agua en porcentaje.

LÍMITES DE PLASTICIDAD (MTC E110, MTC E111, NTP E339.130, ASTM D4318).

Los límites de Atterberg es un principio de seis ‘límites de consistencia’ de los suelos de grano fino se definieron por Albert Atterberg: el límite superior de flujo viscoso, el límite líquido, el límite pegajoso, el límite de la cohesión, el límite plástico, y el límite de la contracción. En el uso de la ingeniería actual, el término se refiere sólo al límite líquido, límite plástico, y en algunas referencias, el límite de la contracción.

Límite plástico: MTC E111

a) Definición:

Es el contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite entre los estados plástico y semisólido, también se denomina a la humedad más baja con la que puede formarse barras de suelo de 3.2mm (1/8") de diámetro en donde puede rodar en la palma de la mano y una superficie lisa, sin que se desmoronen.

b) Aparatos:

- Espátula de hoja flexible, de unos 75 a 100mm (3"-4") de longitud por 20mm de ancho.
- Recipiente para almacenaje, de porcelana o similar, de 115mm (4 ½ ") de diámetro.
- Balanza con aproximación a 0.01 g.
- Horno o estufa de 110+- 5 °C.
- Tamiz de 426 µm (N°40).
- Agua destilada
- Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para la determinación de humedades.

c) Preparación de la muestra:

Para este procedimiento se toma aproximadamente 20g de la muestra que pasa por el tamiz de 426mm (N°40), se amasa con agua destilada hasta que con facilidad pueda

formarse barras luego se toma una porción de 1.5g a 2.0g de dicha barra como muestra para el ensayo.

d) Procedimiento:

Enrollar la masa con la palma de la mano o los dedos y la placa de vidrio de tierra con suficiente presión justo para rodar la masa en un hilo de diámetro uniforme en toda su longitud. El hilo se deforma más en cada movimiento a fin de que su diámetro llega a 3,2 mm (1 / 8 de pulgada), sin tomar más de 2 minutos. La cantidad de amasado o la presión del dedo requerida variará mucho de acuerdo al suelo que se prueba, es decir, la presión requerida típicamente aumenta con el aumento de la plasticidad. Los suelos frágiles de baja plasticidad son los mejores enrollada debajo del borde exterior de la palma de la mano o en la base del pulgar.

e) Cálculos:

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad, repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable, para este cálculo se usará la ecuación n°1.

Tabla 3.
Estimados de precisión de límite plástico.

ÍNDICE DE PRECISIÓN Y TIPO DE ENSAYO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	RANGO ACEPTABLE DE LOS RESULTADOS
Precisión de un operador simple	0.9	2.6
Precisión Multilaboratorio	3.7	10.6

Fuente: Manual de ensayos de materiales (MTC E 110-2000).

Límite líquido: MTC E110

a) Definición:

Es el contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite definido arbitrariamente entre los estados semilíquidos y plástico.

b) Aparatos:

- Recipiente para almacenaje, una vasija de porcelana de 115mm (4 ½ ‘’) de diámetro.
- Espátula de hoja flexible, de unos 75 a 100mm (3’’-4’’) de longitud por 20mm de ancho.
- Aparato del límite líquido o de casa grande que consiste en una taza de bronce con sus aditamentos.
- Recipientes o pesa filtros, de material de corrosión cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos.
- Balanza con sensibilidad de 0.01 g.
- Horno o estufa de 110+- 5 °C.

c) Preparación de la muestra:

Se tomará una muestra que pese de 150-200 gr de una porción de material completamente mezclado que pase el tamiz 0.425 mm (N°40).

- *Determinación del límite líquido por el método de multipunto.*

a) Procedimiento:

Colóquese la muestra de suelo en una vasija de porcelana y mézclese completamente con 15 ml de agua destilada con una espátula de forma alterna y repetida, realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml, mézclese completamente cada incremento de agua con el suelo antes de cualquiera nueva adición.

Cuando haya sido mezclada suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiere de 25-35, 20-30 y de 15-25 golpes de la cazuela de bronce para que ocasione cierre, coloque una porción de mezcla en la cazuela sobre el

sitio en que ésta reposa en la base y comprímase hacia abajo como en la figura n°1 con el cuidado necesario para evitar burbujas de aire.

Divídase el suelo en la taza de bronce por pasadas firmes a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo de modo que se forme una ranura limpia y de dimensiones apropiadas.

Eleve y golpee la taza de bronce girando la manija, a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta del suelo se pongan en contacto con el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (0.5") y se anota el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.

Sáquese una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, tomándola de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura y colóquese en un recipiente adecuado.

Pese y anote, coloque la tajada en el horno o estufa de 110 ± 5 °C. hasta obtener peso constante, anote el peso y la pérdida de peso debida al secamiento y el peso de agua.

b) Cálculos:

Se calcula el contenido de humedad del suelo, con la ecuación n°1, expresándola como porcentaje del peso del suelo.

La preparación de la curva de fluidez se dará en la relación del contenido de humedad y el número de golpes.

- *Determinación del límite líquido por el método un punto*

a) Procedimiento:

Colóquese la muestra de suelo en una vasija de porcelana y mézclase completamente con 15 ml de agua destilada con una espátula de forma alterna y repetida, realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml, mézclase completamente cada incremento de agua con el suelo antes de cualquiera nueva adición.

El contenido de humedad de la muestra se debe tomar cuando el número de golpes requerido para cerrar la ranura esté comprendido entre 20 y 30 golpes, en caso que se necesite más se reiniciará el proceso ajustando el contenido de humedad.

b) Cálculos:

Se realizará con la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 2... } LL = W^n \times \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Donde:

N= Número de golpes que causan el cierre de la ranura.

W^n = Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

K= factor en la tabla N° 4.

Tabla 4
Factor por número de golpes.

N (Número de golpes)	K (Factor para LL)
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.99
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

Fuente: Manual de ensayos de materiales (MTC E 110-2000)

Índice de grupo:

El índice de plasticidad es útil para la clasificación de un suelo numéricamente el índice de plasticidad se define como:

$$\text{Ecuación 3 } IP = LL - LP$$

Donde:

IP= Índice de plasticidad

LL= Límite líquido

LP= Límite plástico

Tabla 5.

Rango de clasificación de suelo según su índice de plasticidad.

<i>PLASTICIDAD</i>	<i>DESCRIPCION DEL SUELO</i>	<i>RANGO IP</i>
NULA	Limo	0 - 3
BAJA	Limo con trazas de arcilla	4-15
MEDIA	Limo arcilloso Arcilla limosa Arcillas y limos orgánicos	16 - 30
ALTA	Arcilla limosa Arcilla	> 31

Fuente: Geotecnia con énfasis en landeras.

ÁNÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422).

a) Definición

Se define como colocación cuantitativa de tamaños de partículas de los suelos en los diferentes tamices estandarizados por esta norma, las partículas que son mayores a 75micram es decir los que se encuentran retenidos en la malla N°200, su clasificación se efectúa por tamizado.

b) Aparatos:

✓ Balanza:

De sensibilidad de 0.01 g para pesar el material.

✓ Termómetro:

Un termómetro aproximadamente con aproximación de 1°F

✓ Densímetro:

Un densímetro graduado ya sea en gravedad específica de la suspensión o gramos por litro de suspensión.

✓ Tamices:

Las series de tamices estandarizadas se muestra en la tabla N°6.

Tabla 6.
Tamices estandarizados.

TAMICES	DESIGNACION ASTM
75.0 mm	3 pulg
50.0 mm	2 pulg
37.5 mm	1 1/2 pulg
25.0 mm	1 pulg
19.0 mm	3/4 pulg
9.5 mm	3/8 pulg
4.8 mm	N°4
2.0 mm	N°10
850.0 μmm	N°20
425.0 μmm	N°40
250.0 μmm	N°60
106.0 μmm	N°140
75.0 μmm	N°200

Fuente: NTP 339.128.

✓ Vaso de precipitación: De 250 m3 de precipitación.

✓ Dispositivo de control de tiempo: Un cronómetro.

c) Preparación de la muestra:

Para obtener la muestra se dividirá las muestras en dos porciones, una que solo se encontrará partículas que retiene el tamiz 2.00 mm (N°10) y la otra parte son las que pasan la malla mencionada.

d) Procedimiento

Una vez separa la muestra se procede a tamizar con las mallas especificada en la tabla N°6.

El movimiento del tamizado debe ser vertical y lateral junto a un golpeteo, con el cuidado pertinente que en el movimiento el material no se pierda.

Continuará el movimiento del tamizado hasta que el residuo sea menor a 1%.

Al finalizar se realizará la suma de las masas retenidas en todos los tamices en los que se haya realizado este procedimiento granulométrico, con lo que la suma debe ser aproximadamente a la original.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADOS SUCS (ASTM D2487 / NTP 339.134).

a) Definición:

El sistema de clasificación unificado agrupa a los suelos según sus cualidades estructurales y de plasticidad, está orientada al comportamiento con materiales de construcción en ingeniería.

Se basa en el porcentaje de grava, arenas y fino que pasa la malla N°200, en la distribución de granulometría del suelo y las características de plasticidad.

b) Procedimiento:

Se tiene una división mayor, en los que se divide en suelo grano fino si pasa más de la mitad del material pasa el tamiz N°200 y suelos de grano grueso si más de la mitad del material se retiene en la malla antes mencionada.

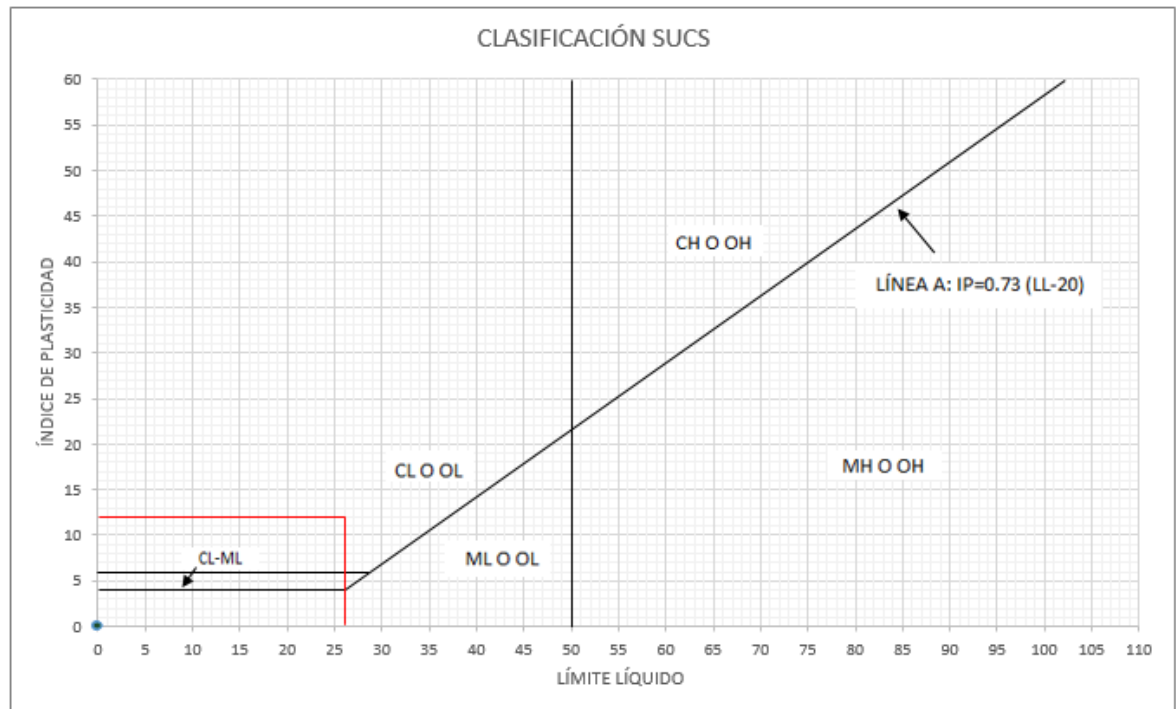
Si la clasificación resulta en suelo grano fino, se podrá agrupar en tres secciones, uno si el suelo es altamente orgánico (Pt) y otros dos de limo y arcilla dependiendo de si su límite líquido es menor a 50 se podrá dividir en MH, CH Y OH o mayor de 50 en este caso podrá ser ML, CL y OL y su clasificación final será de acuerdo a la tabla N°07 y la figura N° 01.

Tabla 7
Descripción de la clasificación.

DIVISIONES PRINCIPALES			SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	GRAVAS LIMPIAS	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava – arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz N°200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% ->GW, GP, SW, SP >12% ->GM, GC, SM, SC 5 al 12% ->casos límite que requieren usar doble símbolo	Cu = D60 / D10 > 4 Cc = (D30) ² / D10 * D60 entre 1 y 3		
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava – arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW		
		GRAVAS CON FINOS	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo		Límites de atterberg debajo de la línea A o IP <4	Encima de la línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de atterberg sobre la línea A con IP > 7		
	ARENAS	ARENAS LIMPIAS	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cu = D60 / D10 > 6 Cc = (D30) ² / D10 * D60 entre 1 y 3		
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW		
		ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de atterberg debajo de la línea A o IP <4	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de doble símbolo.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla.		Límites de atterberg sobre la línea A con IP > 7		
	Más de la mitad del material retenido en el tamiz N° 04							
	SUELOS DE GRANO FINO		LIMOS Y ARCILLAS			ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	
Más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200		LÍMITE LÍQUIDO <50		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas			
				OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad			
				LIMOS Y ARCILLAS		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica, limos elásticos.	
		LÍMITE LÍQUIDO > 50		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta			
				OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media elevada, limos orgánicos.			
				PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			
Suelos muy Orgánicos								

Fuente: NTP339.134

Fig. 01. CLASIFICACIÓN SUCS



Fuente: NTP339.134.

COMPACTACION DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141).

a) Definición:

Este ensayo se basa en repeticiones, que se realiza para conocer la relación que existe entre el contenido de agua del suelo y su peso seco unitario, la diferencia que más resalta entre proctor estándar y proctor modificado es la cantidad de repeticiones, es decir en proctor estándar se hace caer un peso de 2.5 kg a una altura de 30 centímetros compactando a la muestra en tres capas y proctor modificado se realiza con un peso de 5 kg de una altura de 45 cm compactando la muestra en cinco capas.

- Proctor estándar:

a) Equipos:

Moldes:

Se usará cilindros de paredes sólidas hechos de metal con una medida de cuatro pulgadas y seis pulgadas, con un collar de ajuste aproximadamente de 50mm.

Pisón de metal:

De una medida de dos pulgadas de diámetro con una altura de caída libre de 12 pulg.

Balanza:

Una balanza con una sensibilidad de ± 1 gr y una capacidad de 1000 gr.

Horno:

Horno o estufa de 110 ± 5 °C

Tamices:

De 2'' (50mm), $\frac{3}{4}$ '' (19mm) y N°4 (4.75mm).

b) Procedimiento:

Método A:

-La muestra de suelo debe estar en estado seco, este procedimiento puede hacerse con secado al aire o en horno.

- Seleccione una muestra tres kg y mézclela con cuatro % por debajo del contenido óptimo del suelo y repose la muestra en un recipiente hermético.

Tabla 8.

Tiempo de muestra para las clases de suelo.

CLASIFICACIÓN	TIEMPO MÍNIMO DE REPOSO
GW, GP, SW, SP	Ningún requisito
GM, SM	3
todos los demás	16

Fuente: ASTM T99-01

- Forme un espécimen compactando cada tres capas con 25 golpes, dejando caer libremente el pistón.
 - Luego forme un espécimen compactando el suelo preparado para una altura de compactación de cinco pulg.
 - Pese el molde con la muestra de suelo húmedo en kilogramos.
 - Saque la muestra compactada para realizar un corte de material.
 - Coloque el material en el horno para determinar el contenido de humedad.
- ✓ Método B:
- La muestra de suelo debe estar en estado seco, este procedimiento puede hacerse con secado al aire o en horno.
 - Seleccione una muestra aproximada de siete kg.
 - Forme un espécimen compactando el suelo con el collar en tres capas con 56 golpes para una altura de cinco pulgadas.
- ✓ Método C:
- La muestra de suelo debe estar en estado seco, este procedimiento puede hacerse con secado al aire o en horno.
 - Se tamizará una adecuada cantidad sobre el tamiz 19.00 mm, de esto selección cinco kilogramos y mezcle un cuatro % por debajo del contenido de humedad.
 - Se usará el requisito de tiempo de muestra como se muestra en la tabla N°8.
 - Forme un espécimen del material compactado cada tres capas, para una altura de compactación de cinco pulgadas, compactando cada 25 golpes.
 - Se deja caer libremente desde una altura de 305 mm.
 - Saque la muestra compactada para realizar un corte de material.
 - Coloque el material en el horno para determinar el contenido de humedad.

✓ Método D:

- La muestra de suelo debe estar en estado seco, este procedimiento puede hacerse con secado al aire o en horno.
- Se tamizará una adecuada cantidad sobre el tamiz 19.00 mm, de esto selección cinco kilogramos y mezcle un cuatro % por debajo del contenido de humedad.
- Forme un espécimen compactando el suelo en tres capas con una altura de cinco pulgadas.
- Cada capa será compactada con 56 golpes.

c) Cálculos:

• Ecuación 4:
$$W = \frac{A-B}{B-C} * 100$$

• Ecuación 5:
$$W1 = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Volumen}}$$

• Ecuación 6:
$$w = \frac{w1}{w+100} * 100$$

Donde:

A= Peso del recipiente y suelo húmedo

B= Peso del recipiente y suelo seco

C= Peso del recipiente

W1= densidad húmeda en kg/m³ del suelo compactado.

W= densidad seca en kg/m³ del suelo compactado

W%= contenido de humedad.

Proctor modificado

a) Equipos:

- ✓ Moldes: el molde dependerá según el método se realice.

- Método A: Molde de 4 pulgadas (101.6mm) de diámetro.

- Método B: Molde de 4 pulgadas (101.6mm) de diámetro.

- Método C: Molde de 6 pulgadas (125mm) de diámetro.

✓ Balanza:

Una balanza con una sensibilidad de +- 1 gr y una capacidad de 1000 gr.

✓ Regla:

Una regla metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas (254 mm).

✓ Tamices:

De ¾' pulgada (19.00mm), 3/8 pulgada (9.5mm) y N°4 (4.75mm).

b) Procedimiento:

- Realizar el tamizado por las mallas de ¾' pulgada (19.00mm), 3/8 pulgada (9.5mm) y N°4 (4.75mm) con la muestra sin secado previo.

- Prepare un mínimo de cinco muestras, con un óptimo contenido de humedad y otro seco, para que se obtenga como mínimo dos contenidos de humedad.

- Si la muestra estuviera húmeda y se quiere realizar un ensayo con el método de la preparación seca, el secado puede ser por las mallas antes mencionadas.

- Método A:

• Se requiere una muestra de 16 kg.

• El molde a usar es de 4 pulg (101.6mm).

• Se usará el tamiz N°4 (4.75mm)

• Se realizarán 5 capas, cada capa será compactada con 25 golpes.

• El pistón será de 10 lbf (44.5N) con una altura de caída de 18 pulgadas (457 mm).

Este método será usado cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm).

- Método B:

- Se requiere una muestra de 16 kg.
- El molde a usar es de 4 pulg (101.6mm).
- Se usará el tamiz de 3/8 pulgada (9.5mm)
- Se realizarán 5 capas, cada capa será compactada con 25 golpes.
- El pistón será de 10 lbf (44.5N) con una altura de caída de 18 pulgadas (457 mm).

Este método será usado cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75mm) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm).

- Método C:

- Se requiere una muestra de 29 kg.
- El molde a usar es de 6 pulg (152.4mm).
- Se usará el tamiz de 3/8 pulgada (9.5mm).
- Se realizarán 5 capas, cada capa será compactada con 56 golpes.
- El pistón será de 10 lbf (44.5N) con una altura de caída de 18 pulgadas (457 mm).

Este método se usará cuando del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4 pulg (19,0 mm).

c) Cálculos:

$$\text{Ecuación 7 } \dots Pm = \frac{(Mt - Mmd)}{1000 * V}$$

Donde:

m = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m³).

Mt = Masa del espécimen húmedo y molde (kg).

Mmd = Masa del molde de compactación (kg).

V = Volumen del molde de compactación (m³).

$$\text{Ecuación 8... } Pd = \frac{Pm}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde:

d = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m³).

w = contenido de agua (%).

Pm = Peso de la muestra.

CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR (MTC E132 / ASTM D188).

a) Definición:

Este ensayo se realizará para la determinación de un índice de resistencia de los suelos, al que se denomina valor de relación de soporte.

Este índice se utilizará para la evaluación de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y afirmado.

b) Equipos:

Molde de metal cilíndrico de 152.4 mm \pm 0.66 mm de diámetro interior y de 177.8 \pm 0.46 mm de altura.

Disco espaciador de metal de 150.8mm de diámetro exterior y de 61.37 \pm 0.127mm de espesor.

El pistón será de 10 lbf (44.5N) con una altura de caída de 18 pulgadas (457 mm).

Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Placa de metal perforada por cada molde de 149.2 mm de diámetro cuyas perforaciones no excedan de 1.60 mm.
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, cuyo vástago coincida con la de la placa y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro).

- Pesas, una o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener $5 \frac{7}{8}$ " a $5 \frac{15}{16}$ " (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de $2 \frac{1}{8}$ " aproximado (53,98 mm) de diámetro.

- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular, de $49.63 \pm 0,13$ mm ($1,954 \pm 0,005$ ") de diámetro, área de 19.35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración.

- Una poza con capacidad suficiente para introducir los moldes de agua.

- Balanza de 20 kg de capacidad g con sensibilidad ± 1 g y otra de 1000 g con sensibilidad ± 0.1 g.

- Tamices, de 4.76 mm (No. 4), 19.05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").

c) Preparación de la muestra

- Se realizará cada ensayo por molde con 5 kg de la muestra.

d) Procedimientos

- Se pesa el molde con su base.

- Se recomienda utilizar tres o nueve moldes para cada muestra según la clase de suelo.

- En el primer molde se efectuará dando 55, el segundo 26 golpes y el tercero 12 golpes.

- La inmersión se realizará colocando la muestra invertida la placa perforada con el vástago.

- Para la penetración se usará el pistón será de 10 lbf (44.5N) con una altura de caída de 18 pulgadas (457 mm), con una velocidad de penetración uniforme de 1.27mm por minuto

- Se procede a anotar las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

Tabla 9
Penetración para la lectura.

Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.050
1.9	0.075
2.54	0.100
3.17	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.62	0.300
10.16	0.400
12.7	0.500

Fuente: ASTM D1883.

e) Cálculos:

La expansión será calculada en la variación entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión.

$$\text{Ecuación 9. \% Expansión: } \frac{L2-L1}{H} \times 10$$

Donde:

- L1= Lectura inicial en mm.
- L2= Lectura final en mm.
- H = Altura de equipo en mm.

2.5. Procedimiento

Primero: se escogerá la ubicación de la calicata en la calle Jr. La cantuta.

Segundo: El material será transportado a laboratorio de la Universidad Privada del Norte.

Tercero: A las muestras se incorporará cloruro de calcio con una dosificación de 2%, para el cloruro de magnesio 5%.

Cuarto: Con el material ya dosificado se realizarán los ensayos de contenido de humedad, límites de Atterberg, análisis granulométrico, Proctor modificado y CBR, así mismo la clasificación de este según Sucs.

Quinto: se comparará los resultados de los ensayos y se verificará si la dosificación es la correcta y cual adición es la mejor.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el laboratorio fueron:

1. Suelo natural o muestra patrón:

- 1.1. Contenido de humedad: 7.62%
- 1.2. Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado: no quedó ubicado en ninguna gradación específica para afirmados.
- 1.3. En la clasificación de suelos unificados (SUCS), se obtuvo un CL es decir arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media.

1.4. Límites de Atterberg:

Los resultados que se obtuvieron para este ítem se dividieron en tres secciones que fueron límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, dando como resultado lo siguiente:

- Límite líquido: 26.00 %
- Límite plástico: 14.01%
- Índice de plasticidad: 11.99%

1.5. Proctor modificado:

En este ensayo los resultados alcanzados fueron de tres tipos, la densidad húmeda (Dh), promedio contenido de humedad óptimo y densidad máxima seca (Ds).

- Promedio contenido de humedad óptimo: 7.19%
- Densidad máxima seca (Ds): 1.90 gr/cm³

1.6. CBR:

En este ensayo los resultados fueron al CBR al 0.1% con sus respectivos golpes para los tres moldes, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- CBR al 0.1%:

- Para el molde de 12 golpes:
CBR: 15.67% con una Ds: 2.73 gr/cm³
- Para el molde de 25 golpes:
CBR: 23.98% con una Ds: 2.81 gr/cm³
- Para el molde de 56 golpes: 31.03%
CBR: 31.03% con una Ds: 3.14 gr/cm³
- Siendo la máxima densidad seca de 3.14 gr/cm³.

2. Suelo natural más 2% cloruro de calcio:

Los resultados obtenidos en este ítem se dividieron en tres secciones que fueron límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, dando como resultado lo siguiente:

- Límite líquido: 12.00%
- Límite plástico: 6.07%
- Índice de plasticidad: 5.93%

2.1. Proctor modificado:

En este ensayo los resultados alcanzados fueron de tres tipos, la densidad húmeda (Dh), promedio contenido de humedad óptimo y densidad máxima seca (Ds).

- Promedio contenido de humedad óptimo: 6.39%
- Densidad máxima seca (Ds): 1.92 gr/cm³

2.2. CBR:

En este ensayo los resultados fueron al CBR al 0.1% con sus respectivos golpes para los tres moldes, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- CBR al 0.1%:
 - Para el molde de 12 golpes:

CBR: 27.78% con una Ds: 2.73 gr/cm³

- Para el molde de 25 golpes:

CBR: 42.00% con una Ds: 2.81 gr/cm³

- Para el molde de 56 golpes: 31.03%

CBR: 57.04% con una Ds: 3.13 gr/cm³

- Siendo la máxima densidad seca de 3.13 gr/cm³.

3. Suelo natural más 5% de cloruro de magnesio:

Los resultados que se obtuvieron en este ítem se dividieron en tres secciones que fueron límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, dando como resultado lo siguiente:

- Límite líquido: 28.00%
- Límite plástico: 16.64%
- Índice de plasticidad: 11.36%

3.1. Proctor modificado:

En este ensayo los resultados alcanzados fueron de tres tipos, la densidad húmeda (Dh), promedio contenido de humedad óptimo y densidad máxima seca (Ds).

- Promedio contenido de humedad óptimo: 6.75%
- Densidad máxima seca (Ds): 2.05 gr/cm³

3.2. CBR:

En este ensayo los resultados fueron al CBR al 0.1% con sus respectivos golpes para los tres moldes, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- CBR al 0.1%:

- Para el molde de 12 golpes:

CBR: 21.02% con una Ds: 2.67 gr/cm³

- Para el molde de 25 golpes:
CBR: 26.94% con una Ds: 2.77 gr/cm³
- Para el molde de 56 golpes: 31.03%
CBR: 40.41% con una Ds: 3.14 gr/cm³
- Siendo la máxima densidad seca de 3.14 gr/cm³.

Tabla 10
Resumen de resultado de laboratorio.

ENSAYOS	SUELO NATURAL		SUELO NATURAL + 2% DE CLORURO DE CALCIO		SUELO NATURAL + 5% DE CLORURO DE MAGNESIO			
	DS	CBR	DS	CBR	DS	CBR		
<i>LÍMITES DE ATTERBERG</i>	Límite Líquido (%)		26.00	12.00	28.00			
	Límite plástico (%)		14.01	6.07	16.64			
	Índice de plasticidad (%)		11.99	5.93	11.36			
<i>PROCTOR MODIFICADO</i>	Densidad máxima seca (gr/cm ³)		1.90	1.92	2.05			
	Optimo contenido de humedad (%)		7.19	6.39	6.75			
<i>CBR (0.1")</i>	DENSIDAD MÁXIMA SECA (DS gr/cm ³) y CBR (%)		3.1	31.03	3.13	57.04	3.14	40.41

Fuente: Elaboración propia

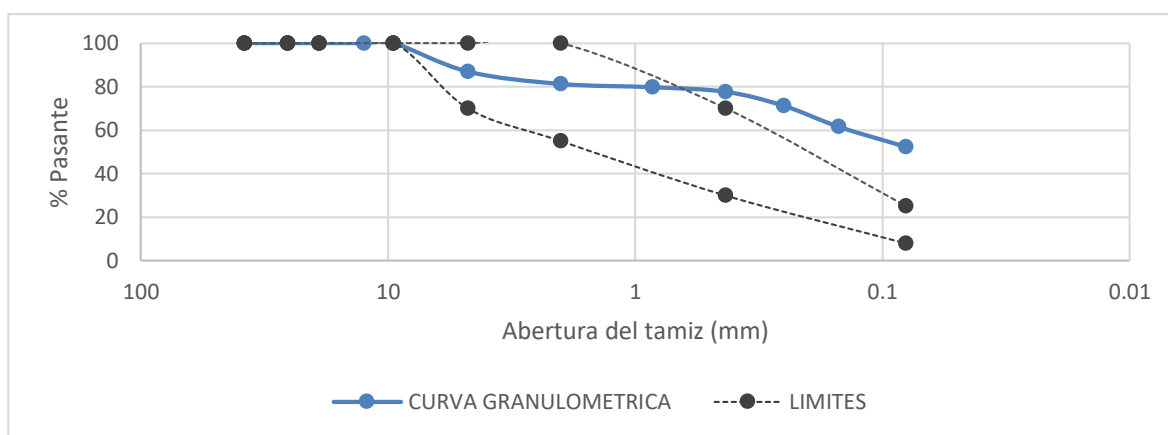
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

1. Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado:

Gráfico N° 1

Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado.



Fuente: Elaboración propia

El suelo natural no tiene una gradación correcta con respecto a lo especificado en la EG -2013, con lo cual no cumplió con los requerimientos de calidad.

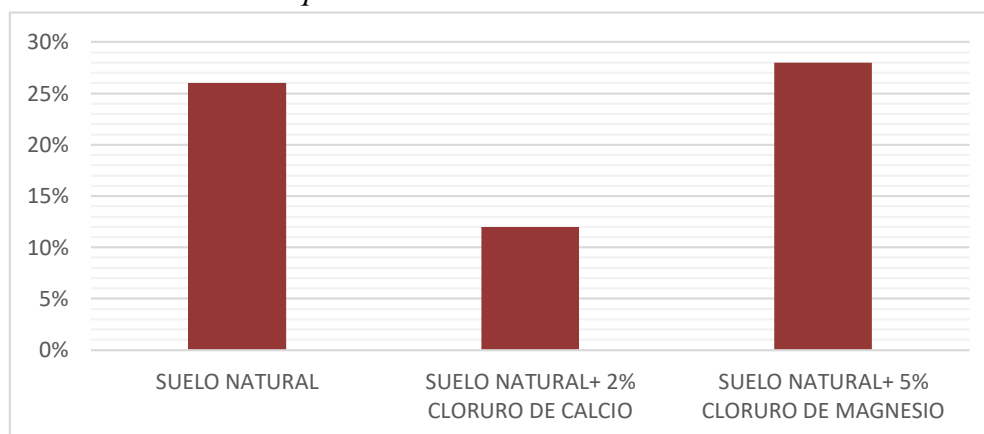
2. Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad:

2.1. Límite líquido:

El límite líquido del suelo natural con 2% de cloruro de calcio va disminuyendo, pero aumenta al ser añadido el 5% de cloruro de magnesio a la muestra patrón.

Gráfico N° 2

Resultado del límite líquido.



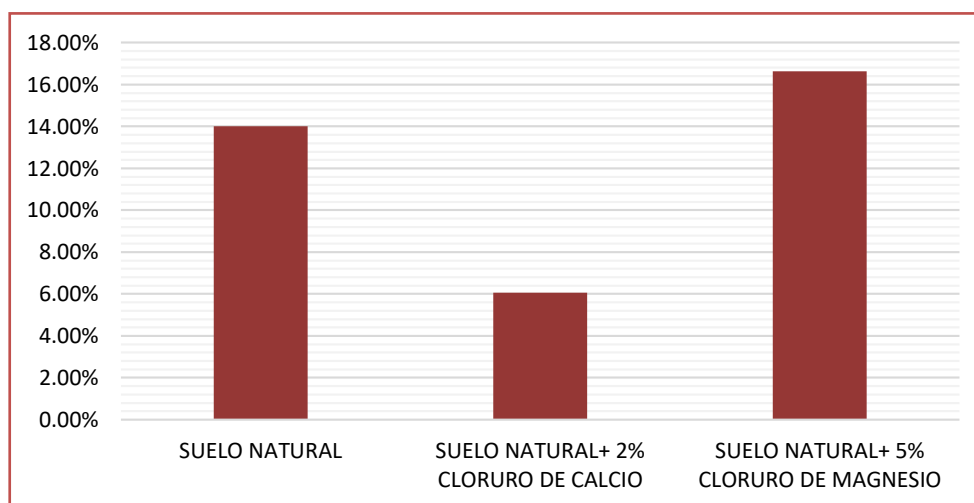
Fuente: Elaboración propia

Según EG-2013 el valor máximo para afirmados en este ensayo es de 35% máximo, con el cual se consiguió con el suelo natural un 26.00%, el cual aún está dentro de los parámetros establecidos, en el caso de la adición del 2% de cloruro de calcio se obtuvo 12% y en la adición del 5% de cloruro de magnesio se alcanzó 28%, el cual comparando los tres resultados el que mejor resultó fue la adición de cloruro de calcio.

2.2. Límite plástico:

El suelo natural más 2% de cloruro de calcio ha disminuido y ha aumentado con el 5% de cloruro de magnesio en comparación con la muestra patrón.

Gráfico N° 3
Resultados de límite plástico.

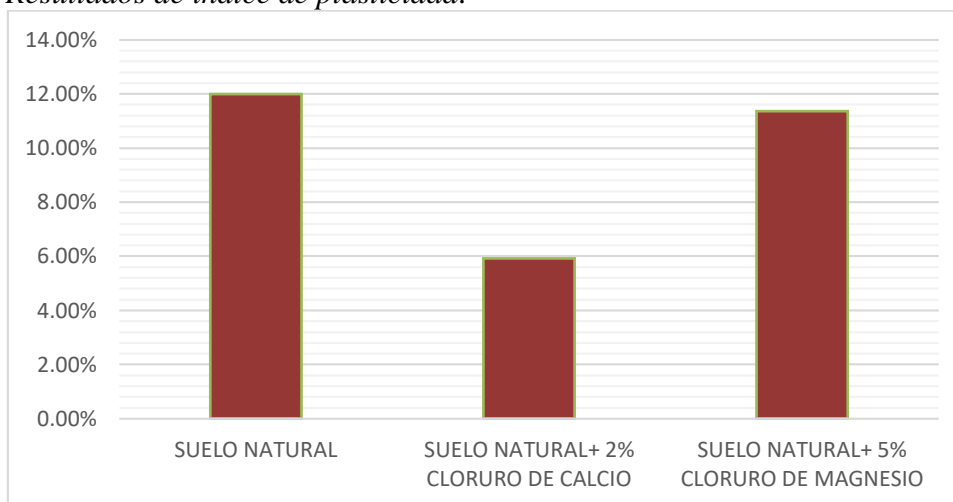


Fuente: Elaboración propia

2.3. Índice de plasticidad:

El índice del suelo natural con 2% de cloruro de calcio disminuyó con notoriedad y en el 5% de cloruro de magnesio ha disminuido ligeramente en un 0.36% en comparación a la muestra patrón.

Gráfico N° 4
Resultados de índice de plasticidad.



Fuente: Elaboración propia

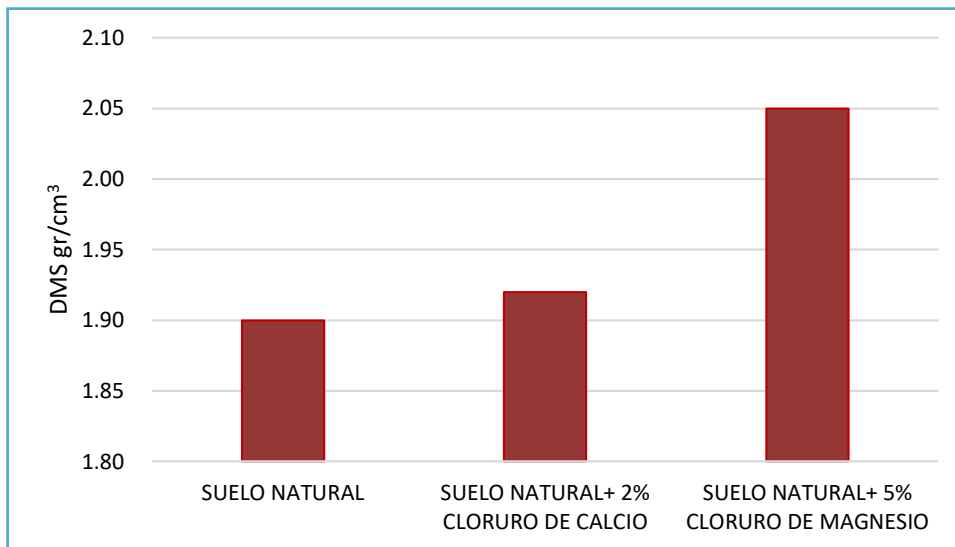
Según la EG-2013, para suelos afirmados este valor tendría que estar entre 4%-9%, el cual cumplió el suelo natural más 2% de cloruro de calcio los parámetros establecidos con el valor de 5.93%, ya que con la adición de 5% de cloruro de magnesio estuvo fuera de los límites establecidos con un 11.36%, así como el suelo natural que se encuentra en el 11.99%.

3. Proctor modificado:

2.1. Densidad máxima seca:

En este caso la densidad máxima seca fue aumentando con el 2% de cloruro de calcio y el 5% de cloruro de magnesio con los valores de 1.92 gr/cm³ y 2.05 gr/cm³ respectivamente.

Gráfico N° 5
Resultados de densidad máxima seca.

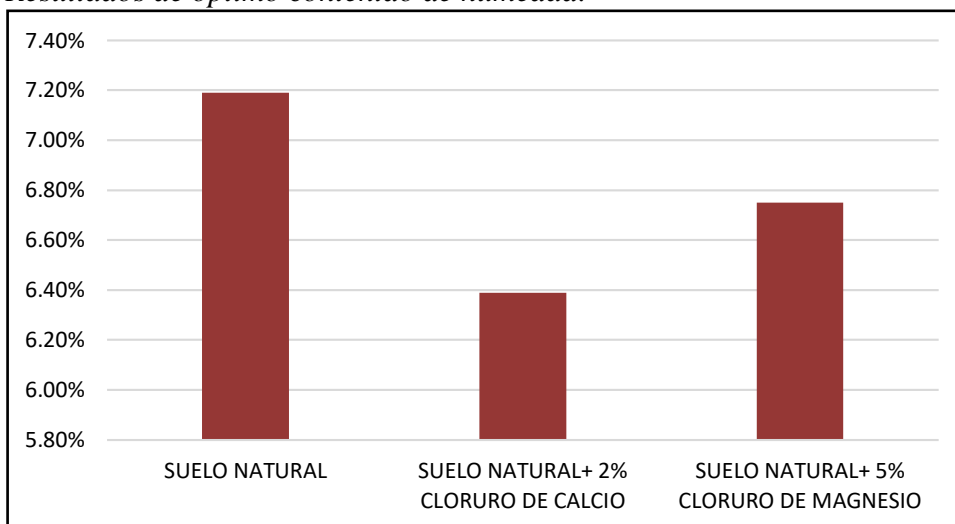


Fuente: Elaboración propia

2.2. Óptimo contenido de humedad:

En este caso el óptimo contenido de humedad disminuyó con el 2% de cloruro de calcio en comparación al 5% de cloruro de magnesio, pero son menores que el contenido de humedad de la muestra patrón.

Gráfico N° 6
Resultados de óptimo contenido de humedad.

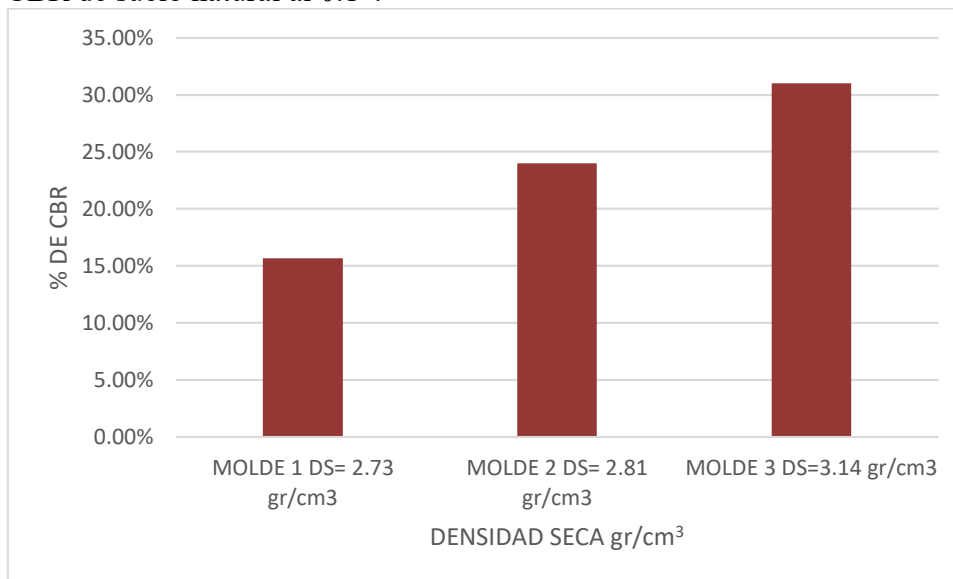


Fuente: Elaboración propia.

4. CBR:

4.1. CBR suelo natural:

Gráfico N° 7
CBR de suelo natural al 0.1".

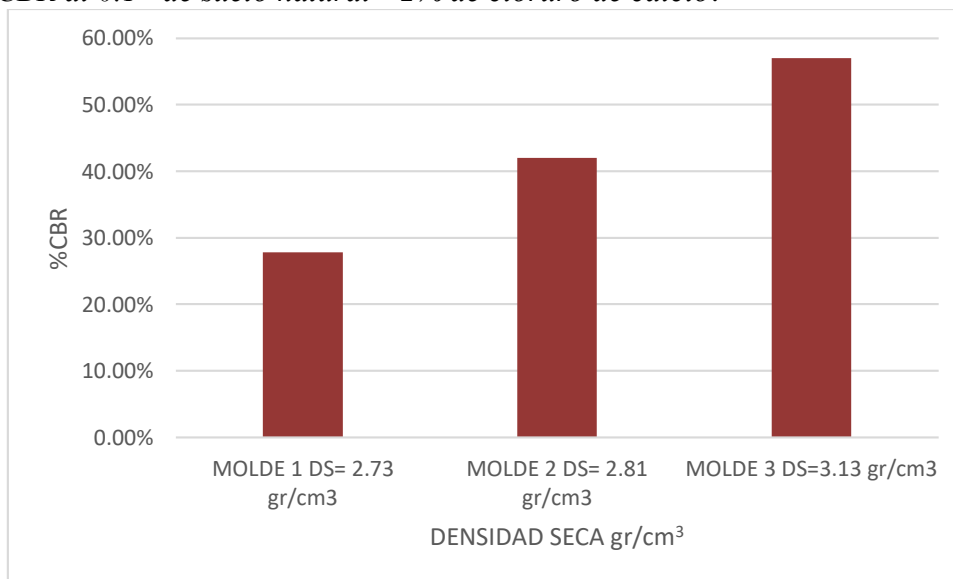


Fuente: Elaboración propia

El suelo natural tuvo un CBR de 31.03% con una máxima densidad seca 3.14 gr/cm³, que según la EG-2013 tiene que ser el 40% mínimo para afirmados, con lo que no cumplió con el parámetro establecido para afirmados.

4.2. CBR más 2% de cloruro de calcio:

Gráfico N° 8
CBR al 0.1" de suelo natural +2% de cloruro de calcio.



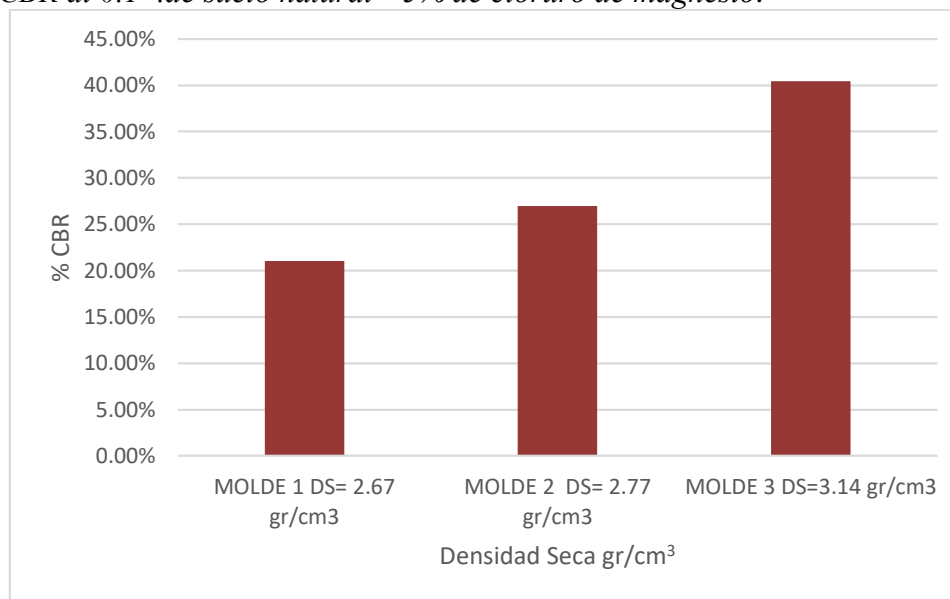
Fuente: Elaboración propia

El suelo natural con la adición de 2% de cloruro de calcio tuvo un CBR de 57.04%, con una máxima densidad seca 3.13 gr/cm³, que según la EG-2013 tiene que ser el 40% mínimo para afirmados y con lo que cumplió mejorando sus propiedades físicas mecánicas y los parámetros para afirmados.

4.3. CBR más 5% de cloruro de magnesio:

Gráfico N° 9

CBR al 0.1".de suelo natural +5% de cloruro de magnesio.



Fuente: Elaboración propia

El suelo natural con la adición de 5% de cloruro de magnesio tuvo un CBR de 40.41% con una máxima densidad seca 3.14 gr/cm³, que según la EG-2013 tiene que ser el 40% mínimo para afirmados, con lo que cumplió con el porcentaje mínimo.

5. En investigaciones a futuro se debe realizar añadiendo mayores o menores porcentajes de cloruro de calcio y cloruro de magnesio, no sólo en afirmados sino también en otro tipo de suelos.
6. Añadir otro tipo de estabilizantes para analizar qué es lo que sucede en un suelo arcilloso.

4.2 Conclusiones


- Se acertó que con la adición de 2% de cloruro de calcio mejora la capacidad portante del suelo natural arcilloso con un CBR de 57.04% en comparación a la adición 5% de cloruro de magnesio con un CBR de 40.41%, concluyendo que la hipótesis de esta investigación es certera.
- Se evaluó que el suelo natural no cumple con los requisitos de la EG-2013, ya sea por análisis granulométrico que no pertenece a ninguna gradación especificada, su límite líquido de 26% aproximándose al 35% máximo que demanda la norma, en el caso de índice plástico se encuentra en un 11.99% en lo que debería encontrarse en un rango de 4-9% y se tiene un CBR al 1% de 31.03% estando debajo del 40% mínimo en el cual se debe realizar un afirmado.
- Se analizó que el suelo natural más 2% de cloruro de calcio cumple con los estándares de calidad de la EG-2013 ya que tiene un límite líquido de 12% cumpliendo estando por debajo del 35% máximo, en el caso de índice de plasticidad se obtiene un 5.93% estando en el rango de 4%-9% que demanda la norma y se tiene un CBR de 57.04% estando arriba del 40% mínimo para el caso de afirmados.
- Se determinó que el suelo natural más 5% de cloruro de magnesio de calcio cumple con ciertos estándares de calidad mínimos de la EG-2013 ya que tiene un límite líquido de 28% aproximándose al 35% máximo, en el caso de índice de plasticidad se obtiene un 11.36% estando fuera del rango de 4%-9% que demanda la norma y se tiene un CBR de 40.41% cumpliendo con lo mínimo para el caso de afirmados.

REFERENCIAS

1. ASTM D1557- métodos de ensayos estándar para determinar la relación humedad-densidad de suelos y mezclas de suelo-agregado usando un martillo de 4.54 kg
2. ASTM D-1883- (California bearing Ratio: Ensayo de relación de soporte de California).
3. ASTM D4318- Límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad de los suelos.
4. ASTM T99-01- Compactación con próctor estándar.
5. Clasificación de suelo Aashtos. [En línea] Recuperado el 10 de junio de 2016, de icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases.../05_terzaghi_3.pdf
6. Clasificación de suelos Sucs. [En línea] Recuperado el 10 de junio de 2016, de http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms1/05_terzaghi_3.pdf
7. González, J.L. (25 de abril de 2009). Cajamarca y su problemática regional. El comercio, Cajamarca, pp. A17.
8. Gutiérrez, C. (2010). Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (Bischofita) frente al cloruro de calcio. (Tesis de titulación). Universidad Ricardo Palma, Perú.
9. Jara, R. (2014). Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso. (Tesis de titulación). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
10. MasTiposde, equipo de redacción. (2016, 09). Suelos arcillosos. Revista educativa MasTiposde.com. Obtenido 03, 2017, de http://www.mastiposde.com/suelos_arcillosos.html.
Fuente: http://www.mastiposde.com/suelos_arcillosos.html
11. Mateos, M. (2007). Efectos del cloruro de cálcico en la estabilidad de tierras. De http://www.citop.es/publicaciones/documentos/Cimbra373_06.pdf

12. Ministerio de transporte y comunicaciones (2013). Diseño geométrico (DG-2013).
Lima.
13. MTC E 110-2000- Determinación del límite líquido de los suelos.
14. MTC E 111-2000- Determinación del límite plástico e índice de plasticidad.
15. Pérez, R. (2010). Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de carbón para su uso
como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos. (Tesis de Maestría). Universidad
Nacional de Ingeniería: Perú.
16. Perú, Ministerio de transporte y comunicaciones (2013). Resolución directorial N°5-
2013-MTC/14: Manual de carreteras.
17. Perú. INDECOPI (1999). Norma técnica peruana (NTP) 339.127 Contenido de
humedad de un suelo.
18. Perú. INDECOPI (1999). Norma técnica peruana (NTP) 339.128 Método de ensayo
para el análisis granulométrico.
19. Proexpansión (2014). Porque es tan importante tener un mayor número de carreteras
pavimentadas. [En línea] Recuperado el 24/05/15. De
[http://proexpansion.com/es/articles/274-por-que-es-tan-importante-tener-un-mayor-
numero-de-carreteras-pavimentadas](http://proexpansion.com/es/articles/274-por-que-es-tan-importante-tener-un-mayor-numero-de-carreteras-pavimentadas).
20. QuimiNet (2007). La Cal, tipos y procesos de obtención. Recuperado el 21/06/16. De
<https://www.quiminet.com/articulos/la-cal-tipos-y-proceso-de-obtencion-17648.htm>
21. Thenoux, G. & Vera, S. (2010). Evaluación de la efectividad del cloruro de magnesio
hexahidratado (Bischofita) como estabilizador químico de capas de rodaduras
granulares. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
22. Valle, W. (2010). Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en
ambientes sulfatados o yesíferos. (Tesis de Maestría). Universidad Politécnica de
Madrid: España.


ANEXOS
ANEXO n.º 1. Ensayo de contenido de humedad.


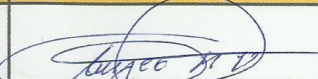
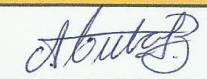
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127	CH-LS-UPNC:
	PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".	
CALICATA:	C-1	TIPO DE MATERIAL:	MUESTRA PATRÓN
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	16/05/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	16/05/17	REVISADO POR:	

<u>Temperatura de Secado</u>	<u>Método</u>
60 °C / 110 °C / Ambiente	Horno 110 ± 5 °C


CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		Tara n°1	Tara n°2	Tara n°3
B	Peso del Recipiente	gr	87.90	73.90	74.30
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	587.90	573.90	574.30
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	541.10	542.70	546.60
E	Peso del agua contenida (Ww)= C-D	gr	46.80	31.20	27.70
F	Peso Suelo Seco (Ws)= D-B	gr	453.20	468.80	472.30
W%	Porcentaje de humedad W%=(E/F)*100	%	10.33	6.66	5.86
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	7.62		

$$(W\%) = \frac{Ww}{Ws} * 100$$



OBSERVACIONES: El promedio del porcentaje de humedad es de 7.62%		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra FECHA: 17/07/17

ANEXO n.º 2. Ensayo de Límites de plasticidad.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD	
	NORMA:	ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111	
	PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS"	
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: MUESTRA PATRÓN
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	24/05/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	24/05/17	REVISADO POR:	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	Nº			
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	95.90	43.20	59.10
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	93.60	40.10	56.80
D	Peso de Recipiente	gr	86.50	27.50	46.60
E	Peso del Agua	gr	2.30	3.10	2.30
F	Peso Suelo Seco	gr	7.10	12.60	10.20
G	Número de Golpes	N	19.00	26.00	28.00
H	Contenido de Humedad	%	32.39	24.60	22.55

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	Nº	Tara N°4	Tara N°5	Tara N°6
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	54.90	33.40	88.90
C	Suelo Seco + Tara	gr	54.40	32.30	88.30
D	Peso de Tara	gr	48.50	27.40	82.90
E	Peso del Agua	gr	0.50	1.10	0.60
F	Peso Suelo Seco	gr	5.90	4.90	5.40
G	Contenido de Humedad	%	8.47	22.45	11.11
H	Promedio Límite Plástico		14.01		

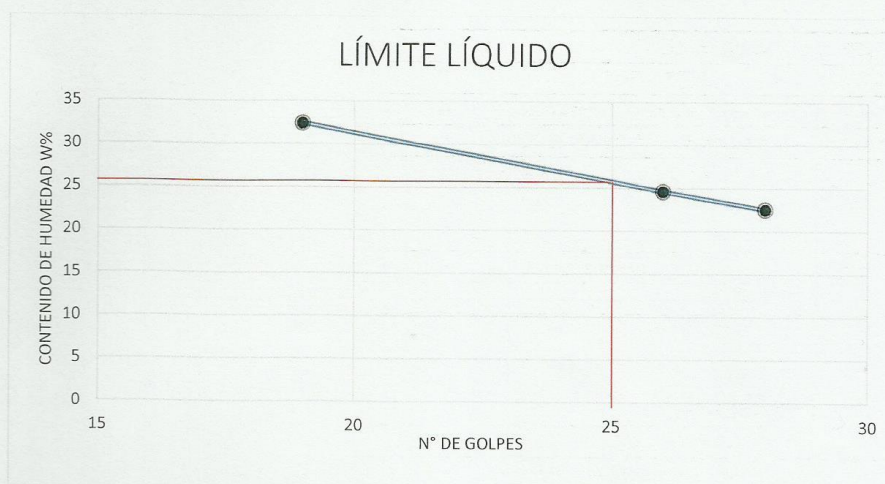


OBSERVACIONES: Según la Norma MTC E111, el límite líquido si cumple ya que es hasta un 35% máx. , pero en el caso del límite plástico tiene que estar entre los valores de 4-9%, no cumpliendo el suelo natural con los parámetros de la norma antes mencionada.

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17

ANEXO n.º 3. Ensayo de Límites de plasticidad.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
	ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111		LP-LS-UPNC:
	PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS"		
CALICATA:	C-1	ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL: MUESTRA PATRÓN
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA		COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	24/05/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA	
FECHA DE ENSAYO:	24/05/17	REVISADO POR:		



LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO
LL: 26.00 %	LP: 14.01 %	IP: 11.99 %



OBSERVACIONES: Según la Norma MTC E111, el límite líquido si cumple ya que es hasta un 35% máx. , pero en el caso del límite plástico tiene que estar entre los valores de 4-9%, no cumpliendo el suelo natural con los parámetros de la norma antes mencionada.

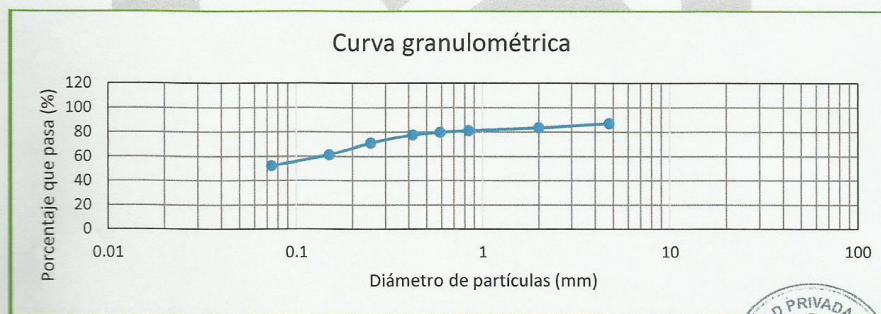
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17

ANEXO n.º 4. Ensayo de Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGTL-LS-UPNC:
NORMA:	ASTM D421		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".		
CALICATA:	C-1	TIPO DE MATERIAL:	MUESTRA PATRÓN
UBICACIÓN:	JR. LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	19/05/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	20/05/17	REVISADO POR:	

Peso de muestra seca: Ws	500.00	gr
--------------------------	--------	----

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	%RP	%RA	% que pasa
Nº 4	4.76	43.25	8.65	8.65	91.35
Nº10	2	15.43	3.09	11.74	88.26
Nº20	0.84	12.10	2.42	14.16	85.84
Nº30	0.59	19.24	3.85	18.00	82.00
Nº40	0.42	9.43	1.89	19.89	80.11
Nº60	0.25	38.12	7.62	27.51	72.49
Nº100	0.15	46.17	9.23	36.75	63.25
Nº200	0.074	54.26	10.85	47.60	52.40
Perdida	Lavado	262.00	52.40	100.00	0.00
Total		500.00	100.00		


OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17



ANEXO n.º 5. Ensayo de Clasificación de suelos unificados SUCS

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADOS SUCS		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: SUCS-LS-UPNC:
NORMA:	ASTM D2487 / NTP 339.134		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".		
CALICATA:	Nº1	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: MUESTRA PATRÓN
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:		RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	26/05/17	REVISADO POR:	

DIVISIONES PRINCIPALES			SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	GRAVAS LIMPIAS	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava – arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz N°200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% ->GW, GP, SW, SP >12% ->GM, GC, SM, SC 5 al 12% ->casos límite que requieren usar doble símbolo	Cu = D60 / D10 > 4 Cc = (D30) ² / D10 * D60 entre 1 y 3	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava – arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW	
		GRAVAS CON FINOS (Apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo		Límites de atterberg debajo de la línea A o IP < 4	Encima de la línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de atterberg sobre la línea A con IP > 7	
Más de la mitad del material retenido en el tamiz N° 200	ARENAS	ARENAS LIMPIAS	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Cu = D60 / D10 > 6 Cc = (D30) ² / D10 * D60 entre 1 y 3		
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW		
		ARENAS CON FINOS (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	Límites de atterberg debajo de la línea A o IP < 4	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de doble símbolo.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla.	Límites de atterberg sobre la línea A con IP > 7		



SUELOS DE GRANO FINO	LIMOS Y ARCILLAS	ML	
----------------------	------------------	----	--

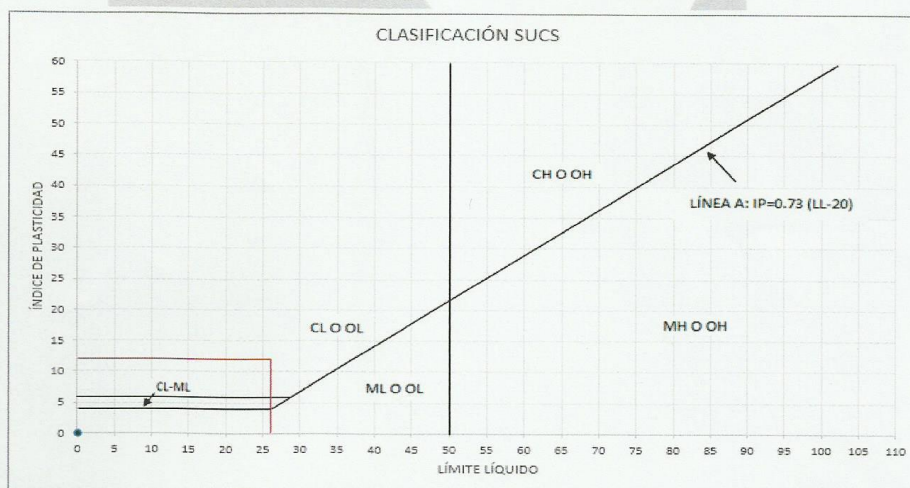
OBSERVACIONES: Se obtiene una simbología CL es decir arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, ya que el límite líquido es 26.00% con un límite plasticidad 14.01% y obteniendo un índice de plasticidad de 11.99%.

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra FECHA: 17/07/17

ANEXO n.º 6. Ensayo de Clasificación de suelos unificados SUCS

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADOS SUCS		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: SUCS-LS-UPNC:
NORMA:	ASTM D2487 / NTP 339.134		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".		
CALICATA:	Nº1	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: MUESTRA PATRÓN
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:		RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	26/05/17	REVISADO POR:	

Más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200	LÍMITE LÍQUIDO < 50	CL	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
		OL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas
	LIMOS Y ARCILLAS	MH	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad
		CH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica, limos elásticos.
	LÍMITE LÍQUIDO > 50	OH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta
		PT	Arcillas orgánicas de plasticidad media elevada, limos orgánicos.
Suelos muy Orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.



OBSERVACIONES: Se obtiene una simbología CL es decir arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, ya que el límite líquido es 26.00% con un límite plasticidad 14.01% y obteniendo un índice de plasticidad de 11.99%.

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17

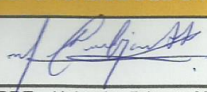
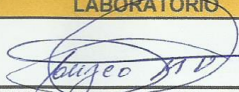
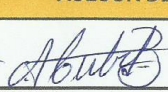
ANEXO n.º 7. Ensayo de Compactación Proctor Modificado.

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM-LS-UPNC:
	NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141	
PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS."		
CALICATA:	C-1	TIPO DE MATERIAL:	MUESTRA PATRÓN
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	29/05/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	31/05/17	REVISADO POR:	

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175		4175		4175		4175	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5945.08		6015.12		6090.22		6110.15	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1770.08		1840.12		1915.22		1935.15	
D	Volumen Muestra húmeda	cm ³	937.22		937.22		937.22		937.22	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	1.89		1.96		2.04		2.06	
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.41	27.44	27.42	27.43	27.43	27.42	27.44	27.44
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	301.31	287.24	262.51	259.11	261.09	243.52	262.34	294.98
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	291.80	274.80	250.50	247.00	245.50	229.20	237.90	268.70
K	Peso del Agua	gr	9.51	11.80	12.01	12.11	15.59	14.32	24.44	26.28
L	Peso Muestra seca	gr	264.39	247.36	223.08	219.57	218.07	201.78	210.46	241.26
M	Contenido de Humedad W%	%	3.60	4.77	5.38	5.52	7.15	7.10	11.61	10.89
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	4.18		5.45		7.12		11.25	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm ³	1.81		1.86		1.90		1.85	



OBSERVACIONES: Suelo Natural obtenemos una densidad máxima seca (MDS) de 1.90 gr/cm³ y una humedad óptima (OCH) de 7.19%, según el gráfico, con adiciones de agua de 2%, 4%, 6% y 8% respectivamente, este ensayo se realizó por el método "A".

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra FECHA: 17/07/17

ANEXO n.º 8. Ensayo de Compactación Proctor Modificado.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141	CPM-LS-UPNC:	
PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS."		
CALICATA:	C-1	TIPO DE MATERIAL:	MUESTRA PATRÓN
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	29/05/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	31/05/17	REVISADO POR:	

CURVA DE COMPACTACIÓN


Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cm³)
4.0	1.81
5.5	1.86
7.19	1.90
11.0	1.85

DENSIDAD MÁXIMA SECA - MDS (gr/cm³)	1.90
HUMEDAD ÓPTIMA - OCH %	7.19

OBSERVACIONES: Suelo Natural obtenemos una densidad máxima seca (MDS) de 1.90 gr/cm³ y una humedad óptima (OCH) de 7.19%, según el gráfico, con adiciones de agua de 2%, 4%, 6% y 8% respectivamente, este ensayo se realizó por el método "A".

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra FECHA: 17/07/17

ANEXO n.º 9. Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CBR-LS-UPNC:
	NORMA:	MTC E132 / ASTM D188	
PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".		
CALICATA:	C-1	TIPO DE MATERIAL:	MUESTRA PATRÓN
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	26/06/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	26/06/17	REVISADO POR:	

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		3		3	
Nº de Capas		5		5		5	
Nº de Golpes por capa		12		25		56	
Condición de muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde	gr	7634.00	7635.00	7673.00	7674.00	7478.00	7479.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12801.00	13110.00	12885.00	13055.00	13310.00	13410.00
Peso Muestra húmeda	gr	5167.00	5475.00	5212.00	5381.00	5832.00	5931.00
Volumen muestra húmeda	cm ³	1623.74	1623.74	1623.74	1623.74	1623.74	1623.74
Densidad húmedad; Dh	gr/cm ³	3.18	3.37	3.21	3.31	3.59	3.65

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	Nº	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	27.4	27.42	27.40	27.42	27.40	27.41	27.40	27.40	27.41
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	80.11	73.30	104.90	130.05	95.90	91.50	126.20	95.70	119.93
Peso Muestra seca + Recipiente	gr	74.90	68.20	88.90	119.20	88.94	81.12	114.17	88.61	106.23
Peso del Agua	gr	5.20	5.10	16.00	10.85	6.96	10.38	12.03	7.09	13.70
Peso Muestra Seca	gr	47.50	40.78	61.50	91.78	61.54	53.71	86.77	61.21	78.82
Contenido de humedad	W%	10.95	12.51	26.02	11.82	11.31	19.33	13.86	11.58	17.38
Promedio Contenido de Humedad	%	16.49			14.15			14.28		
Densidad Máxima seca;Ds	gr/cm ³	2.73			2.81					

ENSAYO DE HINCHAMIENTO (NP)										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
24	1	0.49	0.49	0.38	0.41	0.41	0.32	0.37	0.37	0.29
48	2	1.10	1.10	0.86	0.96	0.96	0.75	0.44	0.44	0.34
72	3	1.15	1.15	0.90	1.07	1.07	0.84	0.83	0.83	0.65
96	4	1.24	1.24	0.97	1.19	1.19	0.93	0.94	0.94	0.74

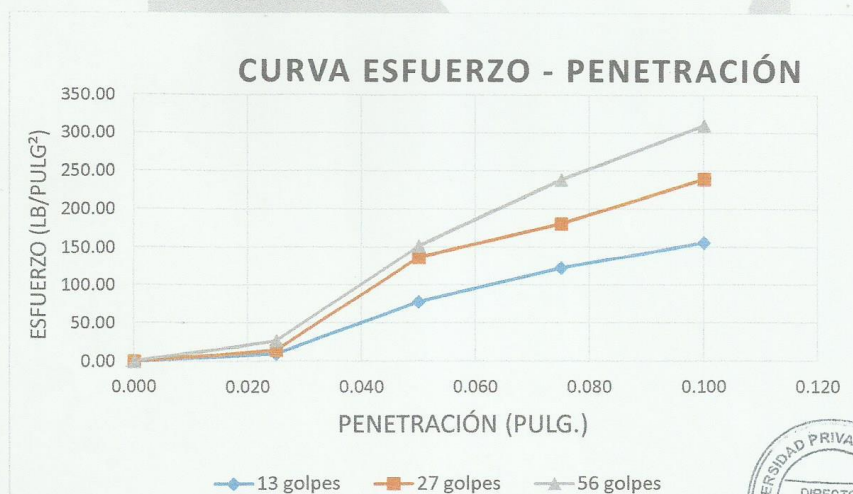
OBSERVACIONES: En este ensayo se obtiene una máxima densidad seca de 3.14 gr/cm³ y un CBR 0.1" (%) de 31.03 que según la norma de MTC E132, Tiene que tener un mínimo de 40%, no cumpliendo con los parámetros.

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE : Alejandra Briones Martínez	NOMBRE: Víctor Guzco Mlinchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17

ANEXO n.º 10. Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC:
PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".		
CALICATA:	C-1	TIPO DE MATERIAL:	MUESTRA PATRÓN
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	26/06/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	26/06/17	REVISADO POR:	


CARGA - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.635	0.025	4.33	0.67	9.55	6.50	1.01	14.33	12.13	1.88	26.75
1.270	0.050	35.53	5.51	78.34	62.09	9.63	136.91	68.81	10.67	151.72
1.905	0.075	55.81	8.65	123.06	82.15	12.74	181.15	108.32	16.80	238.85
2.540	0.100	71.06	11.02	156.69	108.76	16.86	239.81	140.73	21.82	310.32



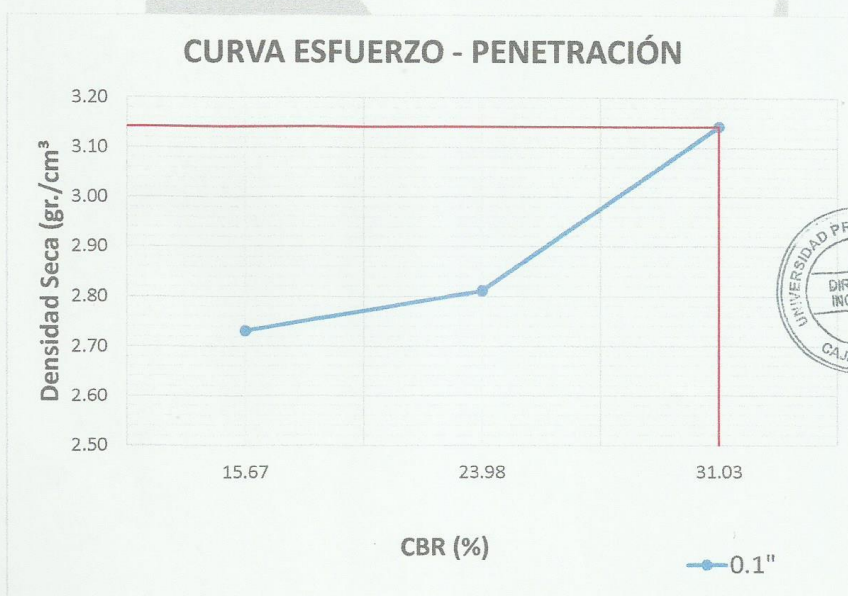
OBSERVACIONES: En este ensayo se obtiene una máxima densidad seca de 3.14 gr/cm³ y un CBR 0.1" (%) de 31.03 que según la norma de MTC E132, Tiene que tener un mínimo de 40%, no cumpliendo con los parámetros.

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE : Alejandra Briones Martínez	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17

ANEXO n.º 11. Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	MTC E132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:
	PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".	
CALICATA:	C-1	TIPO DE MATERIAL:	MUESTRA PATRÓN
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	26/06/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	26/06/17	REVISADO POR:	

ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA				
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3	
Penetración (Pulg.)	0.1"	0.1"	0.1"	
Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)	156.69	239.81	310.32	
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000.00	1000.00	1000.00	
CBR (%)	15.67	23.98	31.03	
Ds (gr/cm ³)	2.73	2.81	3.14	



OBSERVACIONES: En este ensayo se obtiene una máxima densidad seca de 3.14 gr/cm³ y un CBR 0.1" (%) de 31.03 que según la norma de MTC E132, Tiene que tener un mínimo de 40%, no cumpliendo con los parámetros.

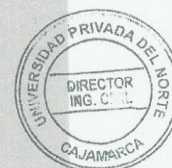
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE : Alejandra Briones Martínez	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17

ANEXO n.º 12. Ensayo de límites de plasticidad para muestra patrón +2% cloruro de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:		LÍMITES DE PLASTICIDAD			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:		ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111			LP-LS-UPNC:
PROYECTO: "INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".					
CALICATA:	Nº1	ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:	MUESTRA PATRÓN +2% CLORURO DE CALCIO
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA		COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN	
FECHA DE MUESTREO:	25/05/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA		
FECHA DE ENSAYO:	25/05/17	REVISADO POR:			

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	Nº	1-C	2-C	3-C
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	55.1	58.9	56.3
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	54.3	57.7	55.7
D	Peso de Recipiente	gr	48.4	46.7	48.4
E	Peso del Agua	gr	0.8	1.2	0.6
F	Peso Suelo Seco	gr	5.9	11	7.3
G	Número de Golpes	N	21	28	35
H	Contenido de Humedad	%	13.56	10.91	8.22

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	Nº	4-C	5-C	6-C
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	32.60	28.30	32.60
C	Suelo Seco + Tara	gr	32.40	28.25	32.20
D	Peso de Tara	gr	27.40	27.40	27.40
E	Peso del Agua	gr	0.20	0.05	0.40
F	Peso Suelo Seco	gr	5.00	0.85	4.80
G	Contenido de Humedad	%	4.00	5.88	8.33
H	Promedio Límite Plástico		6.07		

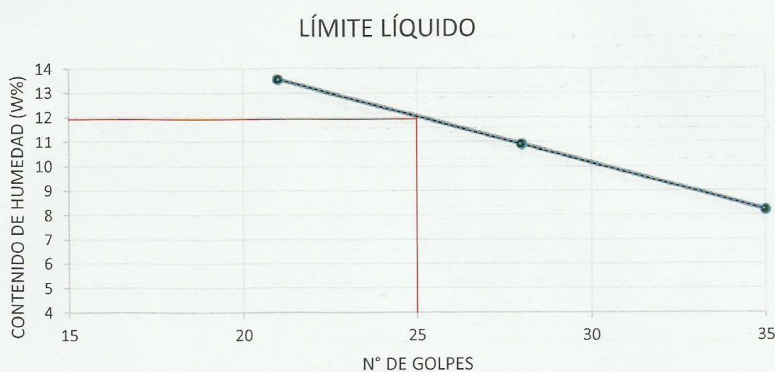


OBSERVACIONES: Suelo natural +2% de cloruro de calcio, da como un resultado dentro de los parámetros de la MTC E111, obteniendo un 12.00% de límite líquido, ya que es hasta un 35% máx y un 5.93% de índice plástico dando un resultado favorable en el cual debe estar en los intervalos de 4%-9%.

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17

ANEXO n.º 13. Ensayo de límites de plasticidad para muestra patrón +2% cloruro de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: LP-LS-UPNC:
NORMA:	ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".		
CALICATA:	Nº1	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: MUESTRA PATRÓN +2% CLORURO DE CALCIO
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	25/05/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	25/05/17	REVISADO POR:	



LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO
LL: 12.00 %	LP: 6.07 %	IP: 5.93 %



OBSERVACIONES: Suelo natural +2% de cloruro de calcio, da como un resultado dentro de los parámetros de la MTC E111, obteniendo un 12.00% de límite líquido, ya que es hasta un 35% máx y un 5.93% de índice plástico dando un resultado favorable en el cual debe estar en los intervalos de 4%-9%.

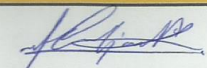
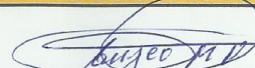
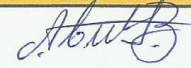
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17

**ANEXO n.º 14. Ensayo de Compactación Proctor modificado para muestra patrón +2%
cloruro de calcio.**

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO				CÓDIGO DEL DOCUMENTO:				
NORMA:		MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141				CPM-LS-UPNC:				
PROYECTO:		"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS."								
CALICATA:	C-1		TIPO DE MATERIAL:			MUESTRA PATRÓN +2% DE CLORURO DE CALCIO				
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA		COLOR DE MATERIAL:			MARRÓN				
FECHA DE MUESTREO:	05/06/17		RESPONSABLE:			BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA				
FECHA DE ENSAYO:	07/06/17		REVISADO POR:							


COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5915.02		5987.21		6095.15		6115.12	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1740.02		1812.21		1920.15		1940.12	
D	Volumen Muestra húmeda	cm ³	937.22		937.22		937.22		937.22	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	1.86		1.93		2.05		2.07	
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.40	27.40	27.40	27.40	27.40	27.40	27.40	27.40
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	299.47	293.51	297.47	294.33	284.44	273.16	281.16	276.14
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	289.54	284.32	284.37	283.44	268.13	258.47	255.66	249.35
K	Peso del Agua	gr	9.93	9.19	13.10	10.89	16.31	14.69	25.50	26.79
L	Peso Muestra seca	gr	262.14	256.92	256.97	256.04	240.73	231.07	228.26	221.95
M	Contenido de Humedad W%	%	3.79	3.58	5.10	4.25	6.78	6.36	11.17	12.07
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	3.68		4.68		6.57		11.62	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm ³	1.79		1.84		1.92		1.85	

OBSERVACIONES: Suelo natural + 2% de Cloruro de calcio, se obtiene una densidad máxima seca (MDS) de 1.92 gr/cm³ y una humedad óptima de 6.39 %, según el gráfico, con adiciones de agua de 2%, 4%, 6% y 8% respectivamente, este ensayo se realizó por el método "A".

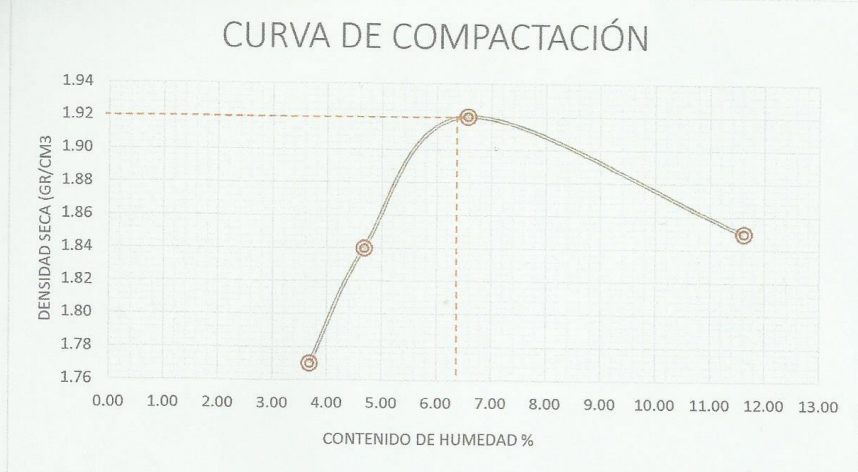
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra FECHA: 17/07/17



**ANEXO n.º 15. Ensayo de Compactación Proctor modificado para muestra patrón +2%
cloruro de calcio.**


LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141	CPM-LS-UPNC:
	PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS."	
CALICATA:	C-1	TIPO DE MATERIAL:	MUESTRA PATRÓN +2% DE CLORURO DE CALCIO
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	05/06/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	07/06/17	REVISADO POR:	

CURVA DE COMPACTACIÓN

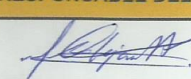
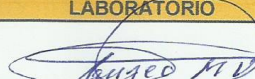
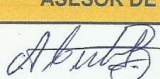


Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cm³)
4.0	1.77
4.5	1.84
6.39	1.92
11.5	1.85

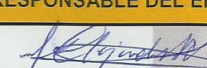

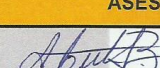
DENSIDAD MÁXIMA SECA - MDS (gr/cm³)	1.92
HUMEDAD ÓPTIMA - OCH %	6.39



OBSERVACIONES: Suelo natural + 2% de Cloruro de calcio, se obtiene una densidad máxima seca (MDS) de 1.92 gr/cm³ y una humedad óptima de 6.39 %, según el gráfico, con adiciones de agua de 2%, 4%, 6% y 8% respectivamente, este ensayo se realizó por el método "A".

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra FECHA: 17/07/17

**ANEXO n.º 16. Ensayo de California Bearing Ratio CBR para muestra patrón +2%
cloruro de calcio.**

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
NORMA:		MTC E132 / ASTM D188					CBR-LS-UPNC:			
PROYECTO:		"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".								
CALICATA:	C-1		TIPO DE MATERIAL:		MUESTRA PATRÓN +2% DE CLORURO DE CALCIO					
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA		COLOR DE MATERIAL:		MARRÓN					
FECHA DE MUESTREO:	03/07/17		RESPONSABLE:		BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA					
FECHA DE ENSAYO:	03/07/17		REVISADO POR:							
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1			3			3		
Nº de Capas		5			5			5		
Nº de Golpes por capa		12			25			56		
Condición de muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
Peso Molde	gr	7634.00	7635.00	7673.00	7674.00	7478.00	7479.00			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12879.00	13232.00	12904.00	13099.00	13345.00	13446.00			
Peso Muestra húmeda	gr	5245.00	5597.00	5231.00	5425.00	5867.00	5967.00			
Volumen muestra húmeda	cm ³	1623.74	1623.74	1623.74	1623.74	1623.74	1623.74			
Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	3.23	3.45	3.22	3.34	3.61	3.67			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	Nº	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	27.40	27.42	27.40	27.42	27.40	27.41	27.40	27.40	27.41
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	80.11	75.33	106.82	131.11	97.30	91.13	126.42	95.26	121.64
Peso Muestra seca + Recipiente	gr	75.31	69.20	88.63	120.23	90.34	80.04	115.85	86.73	106.25
Peso del Agua	gr	4.80	6.13	18.19	10.88	6.96	11.09	10.57	8.53	15.39
Peso Muestra Seca	gr	47.89	41.78	61.20	92.83	62.95	52.63	88.44	59.33	78.84
Contenido de humedad	W%	10.02	14.67	29.72	11.72	11.06	21.07	11.95	14.38	19.52
Promedio Contenido de Humedad	%	18.14			14.62			15.28		
Densidad Máxima seca; Ds	gr/cm ³	2.73			2.81			3.13		
ENSAYO DE HINCHAMIENTO (NP)										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
24	1	0.39	0.39	0.31	0.32	0.32	0.25	0.29	0.29	0.23
48	2	0.87	0.87	0.68	0.74	0.74	0.58	0.35	0.35	0.27
72	3	0.94	0.94	0.74	0.90	0.90	0.70	0.82	0.82	0.64
96	4	1.11	1.11	0.87	0.99	0.99	0.77	0.95	0.95	0.74
OBSERVACIONES: En este ensayo se obtiene una máxima densidad seca de 3.13gr/cm ³ y un CBR 0.1" (%) de 57.04 que según la norma de MTC E132, Tiene que tener un mínimo de 40%, cumpliendo y mejorando sus propiedades favorablemente a la muestra patrón.										
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR		
										
NOMBRE : Alejandra Briones Martínez				NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán				NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra		
FECHA: 17/07/17				FECHA: 17/07/17				FECHA: 17/07/17		

ANEXO n.º 17. Ensayo de California Bearing Ratio CBR para muestra patrón +2% cloruro de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
NORMA:		MTC E132 / ASTM D188					CBR-LS-UPNC:			
PROYECTO:		"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".								
CALICATA:		C-1		TIPO DE MATERIAL:			MUESTRA PATRÓN +2% DE CLORURO DE CALCIO			
UBICACIÓN:		JIRÓN LA CANTUTA		COLOR DE MATERIAL:			MARRÓN			
FECHA DE MUESTREO:		03/07/17		RESPONSABLE:			BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA			
FECHA DE ENSAYO:		03/07/17		REVISADO POR:						

CARGA - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.635	0.025	13.87	2.15	30.57	16.03	2.49	35.35	20.36	3.16	44.90
1.270	0.050	48.96	7.59	107.96	71.67	11.11	158.03	82.98	12.87	182.96
1.905	0.075	80.33	12.46	177.13	126.00	19.54	277.83	157.29	24.39	346.82
2.540	0.100	126.00	19.54	277.83	190.48	29.54	420.00	258.68	40.11	570.38

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN

ESFUERZO (LB/PULG²)


PENETRACIÓN (PULG.)

—◆— 13 golpes —■— 27 golpes —▲— 56 golpes

OBSERVACIONES: En este ensayo se obtiene una máxima densidad seca de 3.13gr/cm³ y un CBR 0.1" (%) de 57.04 que según la norma de MTC E132, Tiene que tener un mínimo de 40%, cumpliendo y mejorando sus propiedades favorablemente a la muestra patrón.

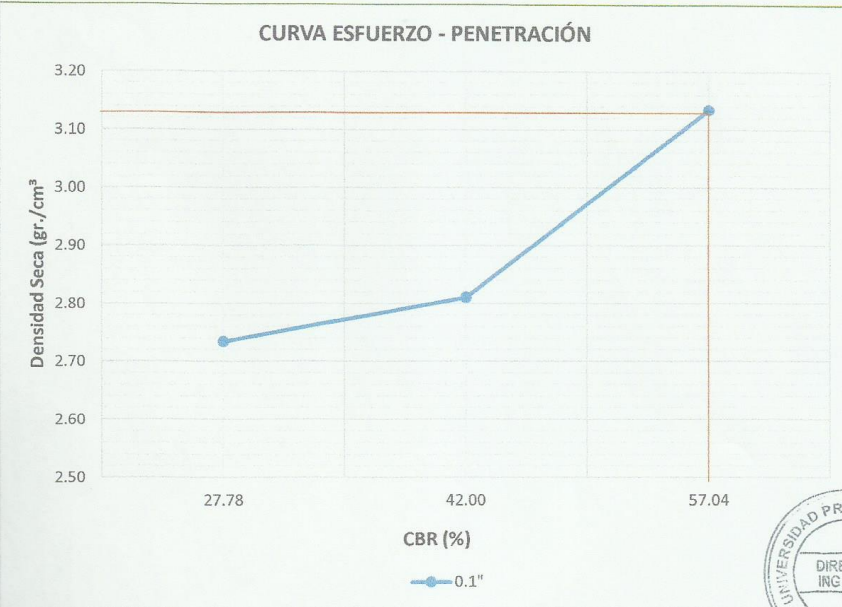
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE : Alejandra Briones Martínez	NOMBRE: Victor Guzzo Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17

**ANEXO n.º 18. Ensayo de California Bearing Ratio CBR para muestra patrón +2%
cloruro de calcio.**

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	MTC E132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:
	PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".	
CALICATA:	C-1	TIPO DE MATERIAL:	MUESTRA PATRÓN +2% DE CLORURO DE CALCIO
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	03/07/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	03/07/17	REVISADO POR:	

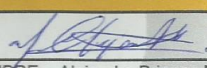
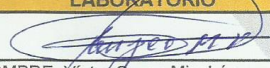
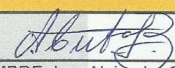
ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA			
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3
Penetración (Pulg.)	0.1"	0.1"	0.1"
Esfuerzo del suelo (lb/pulg²)	277.83	420.00	570.38
Esfuerzo patrón (lb/pulg²)	1000.00	1000.00	1000.00
CBR (%)	27.78	42.00	57.04
Ds (gr/cm³)	2.73	2.81	3.13

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



El gráfico muestra la relación entre la densidad seca (gr./cm³) y el CBR (%) para una penetración de 0.1". El eje vertical representa la densidad seca, variando de 2.50 a 3.20 gr./cm³. El eje horizontal representa el CBR (%), con marcas en 27.78, 42.00 y 57.04. Una línea azul conecta los puntos de datos, mostrando un aumento de la densidad seca a medida que aumenta el CBR. Un punto específico está marcado con un círculo azul y una línea roja que se extiende hasta el eje horizontal en 57.04% y hasta el eje vertical en 3.13 gr./cm³.

OBSERVACIONES: En este ensayo se obtiene una máxima densidad seca de 3.13gr/cm³ y un CBR 0.1" (%) de 57.04 que según la norma de MTC E132, Tiene que tener un mínimo de 40%, cumpliendo y mejorando sus propiedades favorablemente a la muestra patrón.

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17



**ANEXO n.º 19. Ensayo de límites de plasticidad para muestra patrón +5% cloruro de
magnesio.**

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111		LP-LS-UPNC:
	PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".		
CALICATA:	N°1	ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL: MUESTRA PATRÓN +5% DE CLORURO DE MAGNESIO
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA		COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	26/05/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA	
FECHA DE ENSAYO:	26/05/17	REVISADO POR:		

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	4-M	5-M	6-M
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	32.60	28.30	32.60
C	Suelo Seco + Tara	gr	32.30	28.15	31.60
D	Peso de Tara	gr	27.40	27.40	27.40
E	Peso del Agua	gr	0.30	0.15	1.00
F	Peso Suelo Seco	gr	4.90	0.75	4.20
G	Contenido de Humedad	%	6.12	20.00	23.81
H	Promedio Límite Plástico		16.64		

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	1-M	2-M	3-M
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	33.60	35.27	35.20
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	31.90	33.90	34.30
D	Peso de Recipiente	gr	27.50	27.50	27.60
E	Peso del Agua	gr	1.70	1.37	0.90
F	Peso Suelo Seco	gr	4.40	6.40	6.70
G	Número de Golpes	N	18.00	29.00	34.00
H	Contenido de Humedad	%	38.64	21.41	13.43

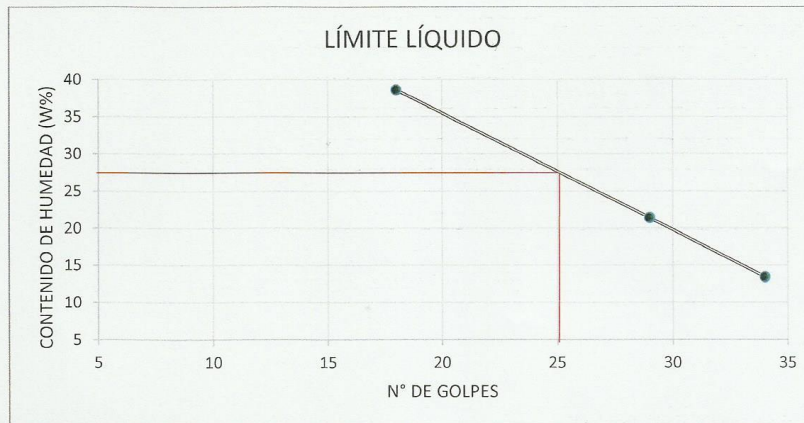


OBSERVACIONES: Suelo natural +5% de cloruro de Magnesio, en el límite líquido cumple con un 28% ya que la norma MTC E111 describe que debe tener hasta un 35% máx. , pero en el caso de índice plástico se obtiene 11.36% no cumpliendo con el parámetro establecido en la norma que da un intervalo de 4%-9%.

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17

**ANEXO n.º 20. Ensayo de límites de plasticidad para muestra patrón +5% cloruro de
magnesio.**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111		LP-LS-UPNC:	
PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".				
CALICATA:	Nº1	ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:	MUESTRA PATRÓN +5% DE CLORURO DE MAGNESIO
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA		COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN	
FECHA DE MUESTREO:	26/05/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA		
FECHA DE ENSAYO:	26/05/17	REVISADO POR:			




LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO
LL: 28.00 %	LP: 16.64 %	IP: 11.36 %



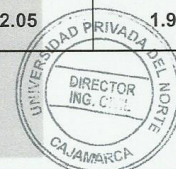
OBSERVACIONES: Suelo natural +5% de cloruro de Magnesio, en el límite líquido cumple con un 28% ya que la norma MTC E111 describe que debe tener hasta un 35% máx. , pero en el caso de índice plástico se obtiene 11.36% no cumpliendo con el parámetro establecido en la norma que da un intervalo de 4%-9%.

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17

**ANEXO n.º 21. Ensayo de Compactación de Proctor modificado para muestra patrón +5%
cloruro de magnesio.**

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM-LS-UPNC:
	NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141	
	PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS."	
CALICATA:	Nº1	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: MUESTRA PATRÓN+5% DE CLORURO DE MAGNESIO
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	12/06/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	14/06/17	REVISADO POR:	

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6105.15		6152.53		6232.08		6251.11	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1930.15		1977.53		2057.08		2076.11	
D	Volumen Muestra húmeda	cm ³	937.22		937.22		937.22		937.22	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	2.06		2.11		2.19		2.22	
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.40	27.40	27.40	27.40	27.40	27.40	27.40	27.40
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	245.41	246.53	294.49	291.17	289.38	300.39	299.40	296.69
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	235.30	235.44	280.27	277.38	272.46	283.31	273.76	266.70
K	Peso del Agua	gr	10.11	11.09	14.22	13.79	16.92	17.08	25.64	29.26
L	Peso Muestra seca	gr	207.90	208.04	252.87	249.98	245.06	255.91	246.36	239.30
M	Contenido de Humedad W%	%	4.86	5.33	5.62	5.52	6.90	6.67	10.41	12.23
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	5.10		5.57		6.79		11.32	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm ³	1.96		2.00		2.05		1.99	

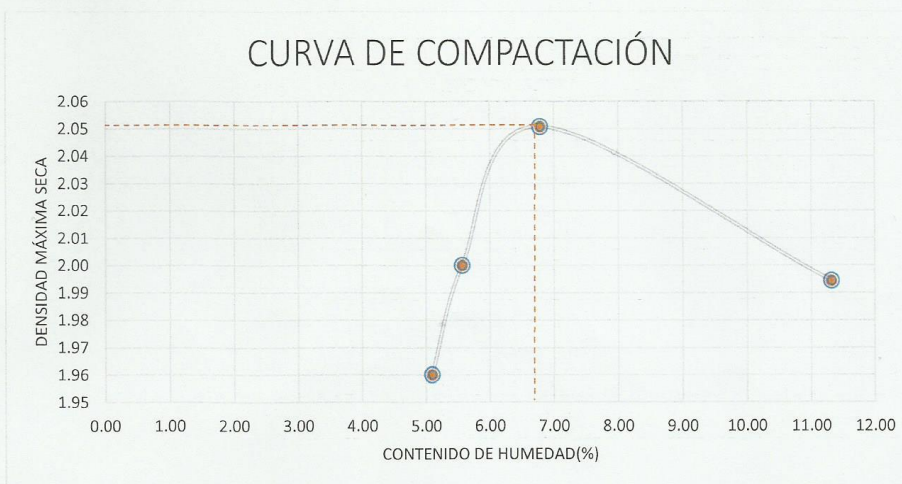


OBSERVACIONES: Suelo natural +5% de Cloruro de Magnesio, se obtiene una densidad máxima seca (MDS) de 2.05gr/cm³ y una humedad óptima (OCH) de 6.75%, según el gráfico, con adiciones de agua de 2%, 4%, 6% y 8% respectivamente, este ensayo se realizó por el método "A".

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra FECHA: 17/07/17

ANEXO n.º 22. Ensayo de Compactación de Proctor modificado para muestra patrón +5% cloruro de magnesio.

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM-LS-UPNC:		
	NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141			
PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS."				
CALICATA:	N°1	ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:	MUESTRA PATRÓN+5% DE CLORURO DE MAGNESIO
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN		
FECHA DE MUESTREO:	12/06/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA		
FECHA DE ENSAYO:	14/06/17	REVISADO POR:			



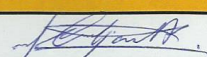
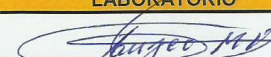
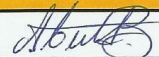
DENSIDA MÁXIMA SECA - MDS (gr/cm³)	2.05
HUMEDAD ÓPTIMA - OCH %	6.75

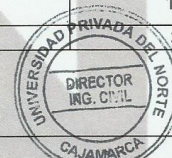


OBSERVACIONES: Suelo natural +5% de Cloruro de Magnesio, se obtiene una densidad máxima seca (MDS) de 2.05gr/cm³ y una humedad óptima (OCH) de 6.75%, según el gráfico, con adiciones de agua de 2%, 4%, 6% y 8% respectivamente, este ensayo se realizó por el método "A".

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Alejandra Briones Martínez FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra FECHA: 17/07/17

**ANEXO n.º 23. Ensayo de California Bearing Ratio CBR para muestra patrón +5%
cloruro de magnesio.**

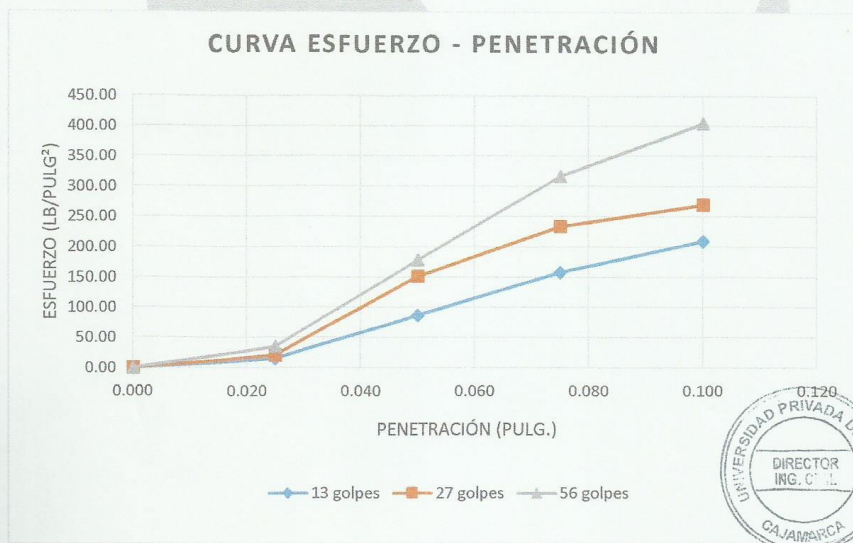
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
NORMA:		MTC E132 / ASTM D188					CBR-LS-UPNC:			
PROYECTO:		"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".								
CALICATA:		C-1		TIPO DE MATERIAL:			MUESTRA PATRÓN +5% DE CLORURO DE MAGNESIO			
UBICACIÓN:		JIRÓN LA CANTUTA		COLOR DE MATERIAL:			MARRÓN			
FECHA DE MUESTREO:		10/06/17		RESPONSABLE:			BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA			
FECHA DE ENSAYO:		10/06/17		REVISADO POR:						
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1			3			3		
Nº de Capas		5			5			5		
Nº de Golpes por capa		12			25			56		
Condición de muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
Peso Molde	gr	7634.00	7635.00	7673.00	7674.00	7478.00	7479.00			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12742.00	12841.00	13100.00	13140.00	13504.00	13528.00			
Peso Muestra húmeda	gr	5108.00	5206.00	5427.00	5466.00	6026.00	6049.00			
Volumen muestra húmeda	cm ³	1623.74	1623.74	1623.74	1623.74	1623.74	1623.74			
Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	3.15	3.21	3.34	3.37	3.71	3.73			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	Nº	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	27.3	27.29	27.32	28.90	39.70	26.60	38.70	39.00	27.90
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	78.23	89.12	101.45	124.23	101.11	95.12	167.34	128.17	97.77
Peso Muestra seca + Recipiente	gr	73.71	80.63	87.64	111.10	87.51	83.92	151.24	113.87	86.37
Peso del Agua	gr	4.52	8.49	13.81	13.13	13.60	11.20	16.10	14.30	11.40
Peso Muestra Seca	gr	46.41	53.34	60.32	82.20	47.81	57.32	112.54	74.87	58.47
Contenido de humedad ; W%	%	12.83	15.92	22.89	22.21	28.45	19.54	16.70	19.10	19.50
Promedio Contenido de Humedad	%	17.86			20.87			18.10		
Densidad Máxima seca; Ds	gr/cm ³	2.67			2.77			3.14		
ENSAYO DE HINCHAMIENTO (NP)										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
24	1	0.45	0.45	0.35	0.38	0.38	0.30	0.34	0.34	0.27
48	2	0.93	0.93	0.73	0.86	0.86	0.67	0.42	0.42	0.33
72	3	1.10	1.10	0.86	0.98	0.98	0.77	0.86	0.86	0.67
96	4	1.19	1.19	0.93	1.10	1.10	0.86	1.01	1.01	0.79
OBSERVACIONES: En este ensayo se obtiene una máxima densidad seca de 3.14 gr/cm ³ y un CBR 0.1" (%) de 31.03 que según la norma de MTC E132, Tiene que tener un mínimo de 40%, no cumpliendo con los parámetros.										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
										
NOMBRE : Alejandra Briones Martínez			NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán				NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra			
FECHA: 17/07/17			FECHA: 17/07/17				FECHA: 17/07/17			



**ANEXO n.º 24. Ensayo de California Bearing Ratio CBR para muestra patrón +5%
cloruro de magnesio.**

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC:
PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".		
CALICATA:	C-1	TIPO DE MATERIAL:	MUESTRA PATRÓN +5% DE CLORURO DE MAGNESIO
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	10/06/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	10/06/17	REVISADO POR:	

CARGA - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.635	0.025	6.93	1.08	15.29	9.53	1.48	21.02	16.03	2.49	35.35
1.270	0.050	39.43	6.11	86.94	68.81	10.67	151.72	81.20	12.59	179.04
1.905	0.075	71.93	11.15	158.60	106.07	16.45	233.89	143.42	22.24	316.24
2.540	0.100	95.32	14.78	210.19	122.19	18.95	269.43	183.28	28.42	404.14



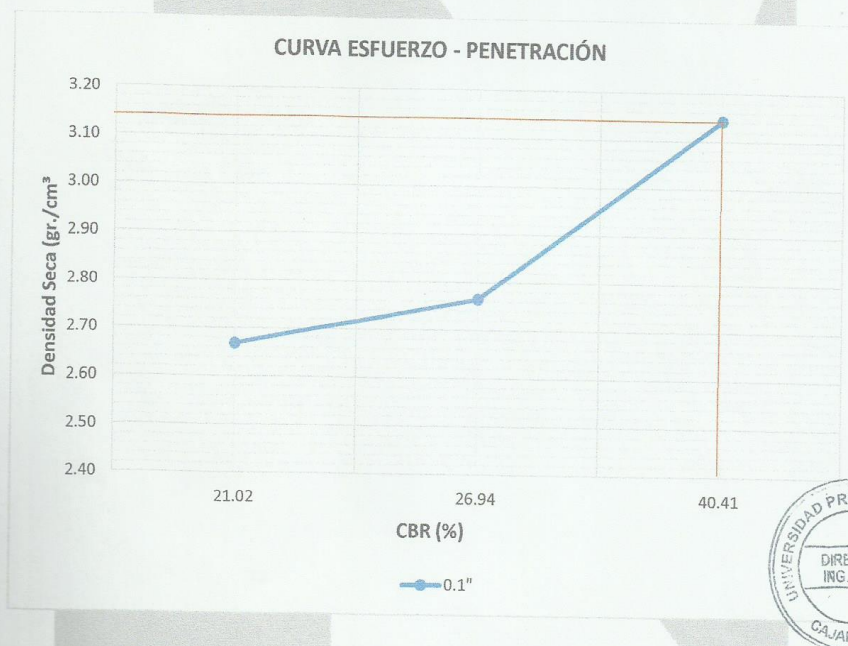
OBSERVACIONES: En este ensayo se obtiene una máxima densidad seca de 3.14 gr/cm³ y un CBR 0.1" (%) de 31.03 que según la norma de MTC E132, Tiene que tener un mínimo de 40%, no cumpliendo con los parámetros.

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE : Alejandra Briones Martínez	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17	FECHA: 17/07/17

ANEXO n.º 25. Ensayo de California Bearing Ratio CBR para muestra patrón +5% cloruro de magnesio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:	
PROYECTO:	"INFLUENCIA DEL CLORURO DE MAGNESIO EN COMPARACIÓN CON EL CLORURO DE CALCIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA AFIRMADOS".		
CALICATA:	C-1	TIPO DE MATERIAL:	MUESTRA PATRÓN +5% DE CLORURO DE MAGNESIO
UBICACIÓN:	JIRÓN LA CANTUTA	COLOR DE MATERIAL:	MARRÓN
FECHA DE MUESTREO:	10/06/17	RESPONSABLE:	BRIONES MARTÍNEZ ALEJANDRA
FECHA DE ENSAYO:	10/06/17	REVISADO POR:	

ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA			
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3
Penetración (Pulg.)	0.1"	0.1"	0.1"
Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)	210.19	269.43	404.14
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000.00	1000.00	1000.00
CBR (%)	21.02	26.94	40.41
Ds (gr/cm ³)	2.67	2.77	3.14



OBSERVACIONES: En este ensayo se obtiene una máxima densidad seca de 3.14 gr/cm³ y un CBR 0.1" (%) de 31.03 que según la norma de MTC E132, Tiene que tener un mínimo de 40%, no cumpliendo con los parámetros.

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
NOMBRE : Alejandra Briones Martínez FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán FECHA: 17/07/17	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra FECHA: 17/07/17

ANEXO n.º 26. Panel fotográfico.

Fotografía N°1: Realización de la calicata N°1



Fotografía N°2: Dimensiones de la calicata 1.00x1.00x1.80



Fotografía N°3: Dimensiones de la calicata



Fotografía N°4: Secado de material



Fotografía N°5: Ensayo de contenido de humedad



Fotografía N° 6: Realización del ensayo de limites de atterberg



Fotografía N°7: Realización de tamizado.



Fotografía N°8: Identificación de pesos en la balanza.



Fotografía N°9: Ensayo de limites en la Casagrande



Fotografía N°10: Preparación de la muestra para proctor.



Fotografía N°11: Compactación para proctor.



Fotografía N°12: Tamizado de material para límites de atterberg



Fotografía N°13: Identificación del material



Fotografía N°14: Preparación de muestra con el Ing. Cubas.



Fotografía N°15: Peso de muestra para proctor.



Fotografía N°16: Ensayo de CBR

