



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Aplicación del cloruro de magnesio como alternativa natural para
incrementar la estabilización del suelo de la carretera Juliaca –
Caminaca, 2021.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Ticona Chambi, Walter Lino (ORCID: 0000-0001-5388-4442)

García Mendoza, Pedro Javier (ORCID: 0000-0001-9681-871X)

ASESOR:

Mg. Clemente Condori, Luis Jimmy (ORCID: 0000-0002-0250-4363)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

De: Ticona Chambi, Walter Lino

Dedico mi tesis a mis padres Clemente y Rosa, a mi hermana Margoth y a mi sobrino Benjamín, por su aliento constante y por brindarme su apoyo incondicionalmente en todo momento, sin ellos nada sería posible.

De: García Mendoza, Pedro Javier

Mi tesis la dedico a mi familia por estar siempre apoyándome, dándome consejos, ellos son la razón de mi vida todo lo que soy es por ellos y que sin su ayuda todo esto sería complicado.

AGRADECIMIENTO

De: Ticona Chambi, Walter Lino
Agradezco a Dios por darme la oportunidad de seguir avanzando en mi formación profesional, a mi familia por su apoyo constante y desinteresado.

De: García Mendoza, Pedro Javier
Agradecer a Dios y a mi esposa e hijos por alentarme siempre, por todos sus consejos e inmenso amor que siempre me brindan.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	11
III. METODOLOGÍA	29
3.1. Tipo y diseño de investigación	29
3.2. Variables y operacionalización.....	30
3.3. Población, muestra y muestreo.....	32
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
3.5. Procedimientos	34
3.6. Método de análisis de datos.....	45
3.7. Aspectos éticos	45
IV. RESULTADOS	46
V. DISCUSIÓN.....	66
VI. CONCLUSIONES	69
VII. RECOMENDACIONES.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Delimitación del proyecto	10
Tabla 2. Tipo de suelos	20
Tabla 3. Clasificación de arcillas según su origen.....	21
Tabla 4. Categoría de Subrasante	22
Tabla 5. Especificaciones de los ensayos de compactación en laboratorio	27
Tabla 6. Niveles de confiabilidad.....	34
Tabla 7. Formatos necesarios para los ensayos de laboratorio	34
Tabla 8. Tamizado de muestra del km 70+350.	46
Tabla 9. Tamizado de muestra del km 70+850	48
Tabla 10. Tamizado de muestra del km 71.350	49
Tabla 11. % de penetración del suelo patrón	51
Tabla 12. % de penetración suelo patrón + 5% de bischofita.....	51
Tabla 13. % de penetración suelo patrón + 7% de bischofita.....	51
Tabla 14. % de penetración suelo patrón + 9% de bischofita.....	52
Tabla 15. Datos de Proctor Modificado suelo patrón.....	53
Tabla 16. Datos de Proctor Modificado suelo patrón + 5% de bischofita	53
Tabla 17. Datos de Proctor Modificado suelo patrón + 7% de bischofita	54
Tabla 18. Datos de Proctor Modificado suelo patrón + 9% de bischofita	54
Tabla 19. Límites de consistencia del suelo natural	56
Tabla 20. Límites de consistencia del suelo natural + 5% bischofita	56
Tabla 21. Límites de consistencia del suelo + 7% de bischofita.....	56
Tabla 22. Límites de consistencia del suelo + 9% de bischofita.....	57
Tabla 23. Criterios para seleccionar prueba estadística.....	57
Tabla 24. Prueba de Normalidad.....	58
Tabla 25. Descripción de las variables	59
Tabla 26. Prueba de ANOVA	59
Tabla 27. Comparación múltiple de cada uno de los resultados de CBR.....	60
Tabla 28. Sub conjuntos de Tukey	60
Tabla 29. Prueba de Normalidad.....	61
Tabla 30. Descripción de las variables	61
Tabla 31. Prueba de Análisis de varianza	61
Tabla 32. Comparación múltiple de cada uno de los resultados de CBR.....	62

Tabla 33. Sub conjuntos de Tukey	62
Tabla 34. Prueba de Normalidad.....	63
Tabla 35. Descripción de las variables.....	63
Tabla 36. Prueba de Análisis de varianza	64
Tabla 37. Comparación múltiple de los resultados de índice de plasticidad	64
Tabla 38. Sub conjuntos de Tukey	65
Tabla 39. Comparación de resultados obtenidos del Proctor modificado.....	67
Tabla 40. Comparación de resultados de CBR	68

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Inestabilidad de suelos.....	3
Figura 2. Vías rurales falladas por su mala conformación.....	5
Figura 3. Estabilización de suelos con cloruro de calcio	6
Figura 4. Carretera Juliaca – Caminaca.....	7
Figura 5. Problemas del suelo – agua en la carretera Juliaca – Caminaca.....	7
Figura 6. Carretera Juliaca – Caminaca.....	10
Figura 7. Caminos no pavimentados	19
Figura 8. Deterioro de caminos afirmados	20
Figura 9. Clasificación de materiales en función de los límites de Atterberg....	23
Figura 10. Cloruro de magnesio	26
Figura 11. Extracción del material	35
Figura 12. Perfilado de la calicata con barreta.	35
Figura 13. Extracción del material orgánico.	36
Figura 14. Juego de tamices	36
Figura 15. Cuarteo del material	37
Figura 16. Lavado del material extraído	37
Figura 17. Material dispuesto	38
Figura 18. Proceso del tamizado.....	38
Figura 19. Ensayo de la copa de Casagrande.	39
Figura 20. Levantar una porción de muestra en tarros.....	40
Figura 21. Proceso de secado.....	40
Figura 22. Peso final del material	41
Figura 23. Peso del material inalterado	41
Figura 24. Materiales para Proctor modificado.....	42
Figura 25. Ensayo Proctor modificado	42
Figura 26. Peso del molde + material compactado	43
Figura 27. Extracción del material compactado.....	43
Figura 28. Moldeado de la muestra para el ensayo de CBR.....	44
Figura 29. Material tras el procedimiento de saturación.....	44
Gráfico 1. Curva granulométrica del suelo natural del km 70+350.....	47
Gráfico 2. Curva granulométrica del suelo natural del km 70+850.....	49
Gráfico 3. Curva granulométrica del suelo natural del km 71+350.....	50

Gráfico 4. Resumen de capacidad de soporte california	53
Gráfico 5. Resumen de la MDS y OCH	55

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CBR	: California Bearing Ratio
EE.UU.	: Estados Unidos
%	: Porcentaje
Km	: Kilometro
LL	: Limite liquido
LP	: Limite plástico
IP	: Índice de plasticidad
Cu	: Coeficiente de uniformidad
Cc	: Coeficiente de curvatura
g	: Gramos (Sistema Internacional de Unidades)
cm ³	: Centímetros cúbicos
W _o	: Humedad inicial
G _s	: Gravedad especifica
kN	: Kilo-Newtons
SUCS	: Sistema unificado de clasificación de suelos
Lbf	: Libra-fuerza
CH	: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad
ft	: Pies
S _s	: Densidad
CL	: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad
ph	: Alcalinidad
D _s	: Densidad seca
MDS	: Máxima densidad seca
S ₀	: Subrasante inadecuada
S ₁	: Subrasante pobre
S ₂	: Subrasante regular

S ₃	: Subrasante buena
S ₄	: Subrasante muy buena
S _s	: Subrasante extraordinaria
CaCl ₂	: Cloruro de calcio
IL	: Índice de Liquidez
G _p	: Grava
AASHTO	: American association of state highway and transportation
INV	: Instituto nacional de vías

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de aplicar una nueva técnica de estabilización de suelos para mejorar las propiedades físico mecánicas de la sub rasante de la carretera Juliaca – Caminaca, progresiva (km 70+100 – km 71+600), aplicando cloruro de magnesio, las cuales puedan cumplir con los parámetros mínimos que se encuentren en la DG-2013. El método de investigación empleado en la presente tesis es de carácter hipotético deductivo, ya que se establecieron hipótesis para luego contrastarlas, para tal fin se realizó la extracción del suelo a mejorar aplicando cloruro de magnesio aplicando las siguientes dosificaciones de 5 %, 7 % y 9 %. Para la evaluación del suelo se emplearon los siguientes ensayos como son la granulometría, límites de consistencia, CBR y Proctor. Los resultados demostraron que el suelo natural evaluado contempla una CBR de 5.83%, máxima densidad seca 1.82 g/cm^3 y una humedad optima de 12.66%, así mismo se determinó que los valores de CBR para las dosificaciones 5%, 7% y 9% demostraron resultados de 12.73%, 14.00%, 12.93% respectivamente, por otra parte, tras efectuar el ensayo Proctor se determinaron los siguientes valores de máxima densidad seca (1.84 g/cm^3 y 10.70%), (1.87 g/cm^3 y 11.60%), (1.90 g/cm^3 y 9.73%), los índices de plasticidad se vieron reflejados en un aumento del 2%, concluyendo que la incorporación de bichosfita genera una variación positiva en los valores de CBR, Proctor e índice de plasticidad, siendo la más influyente la dosificación del 7%.

Palabras Claves: Cloruro de magnesio, estabilización, suelos, alternativa natural.

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the purpose of applying a new soil stabilization technique to improve the physical-mechanical properties of the subgrade of the Juliaca - Caminaca highway, progressive (km 70 + 100 - km 71 + 600), applying chloride of magnesium, which can meet the minimum parameters found in DG-2013. The research method used in this thesis is hypothetical deductive in nature, since hypotheses were established and then contrasted, for this purpose the extraction of the soil to be improved was carried out applying magnesium chloride applying the following dosages of 5%, 7% and 9%. For the evaluation of the soil, the following tests were used, such as granulometry, consistency limits, CBR and Proctor. The results showed that the evaluated natural soil contemplates a CBR of 5.83%, maximum dry density 1.82 g / cm³ and an optimal humidity of 12.66%, likewise it was determined that the CBR values for the dosages 5%, 7% and 9% showed results of 12.73%, 14.00%, 12.93% respectively, on the other hand, after carrying out the Proctor test the following values of maximum dry density were determined (1.84 g / cm³ and 10.70%), (1.87 g / cm³ and 11.60%) , (1.90 g / cm³ and 9.73%), concluding that the incorporation of bichosphyte generates a positive variation in the values of CBR, Proctor and Liquid Limits, the most influential dose being 7%.

Keywords: Magnesium chloride, stabilization, soils, natural alternative.

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito internacional los países de EE. UU, Francia y Japón padecen enormes problemas dentro de las obras viales en razón a la presencia de los suelos blandos, el crecimiento urbano de la ciudad y cargas vehiculares, generando grandes deformaciones físicas causando deterioro en los pavimentos y vías públicas. Estos conjuntos de repercusiones son producidos por factores de la baja preparación de las subrasantes en la construcción vial de las avenidas, calles y rutas. Natalio (2019 pág. 1).

A nivel internacional, se presencia diferentes ejemplares de suelos expansivos generalmente en su interior se puede hallar minerales, un ejemplo es la “montmorillonitas”, estas por su composición logran absorber agua, lo que origina un incremento sobre su volumen logrando expansiones en porcentajes menores a 13%, la presencia de estos suelos arcillosos puede perjudicar a elementos como son las cimentaciones generando fisuras debido al asentamiento. Natalio (2019 pág. 2).

En los países de América Latina como Argentina, México, Chile, Ecuador, Brasil y Colombia las empresas que se dedican al rubro de las obras viales trabajan con dirección hacia los sistemas de pavimentos y cada vez hacen más presente nuevas alternativas de solución aplicando materiales estabilizantes sobre los suelos cohesivos, que puedan mejorar la durabilidad y resistencia de la Sub rasante, tomando en cuenta los costos y el control de tiempos. Novoa (2017 pág. 2).

El Banco mundial define que en Perú solo el 13.30% de sus carreteras están pavimentadas adecuadamente con lo que el 86.70% son carreteras sin pavimentar o vías afirmadas, por lo que la pavimentación y mantenimiento de carreteras resulta siendo importante por varias razones, ya que gracias a estas vías las ciudades se conectan. Por otra parte, surte el efecto de envío de productos y alimentos debido a que la mayor parte se realiza por vía terrestre. Novoa (2017 pág. 3).

Los suelos son primordiales por que sirven como soporte de las estructuras. El análisis de sus propiedades ha argumentado que entre todas hay relación uno con otra, un suelo de gran medida plástica muy probablemente se caracterice con un

alto valor en el límite líquido y un bajo índice plástico, para luego notarse una expansividad muy elevada y una resistencia no apropiada. De la misma forma los suelos se resumen en una variedad de materiales como minerales, granulares, materia orgánica, finos, aguas y otros componentes donde le brindan una amplia diversidad de características particulares a otros, por lo expuesto surge la necesidad de ajustar el suelo a las diferentes necesidades que se nos presenta, a través de procesos mecánicos, químicos o la correlación entre ambas. Torres y Torres (2015 pág. 10).

En el Perú su característica geológica tiene diversas variedades de suelos, variedad de climas y topografía agreste, que se han generado por la actividad de la cordillera de los andes. Sus suelos sedimentarios preeminentes tienden a ser tipo arcillosos y al saturarse presentan cambios volumétricos que generan inestabilidad, como también se presencia baja capacidad en soporte que no pueden ser usados como capa sub rasante en pavimento. Actualmente el Perú se calcula con 78000 km de carretera entre longitudinales, enlace y de penetración de acuerdo a la categorización del (MTC) Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú. Castillo (2016 pág. 177).

El país al tener una gran diversidad geomorfológica, que abarca en las regiones: costa, sierra y selva, donde hay la probabilidad de presenciar suelos cohesivos de una óptima capacidad portante hasta en suelos con presencia orgánica inestables y de baja capacidad portante. Dentro de la diversidad de suelos, estas se definen de un manejo complejo o problemáticos y estas tienen la característica de una pobre resistencia y expansividad los que causan problemas serios en el proceso constructivo de acuerdo al comportamiento siguiente de la estructura del pavimento. Orejón (2018 pág. 18).

Estos suelos arcillosos no formalizan con los requerimientos imprescindibles en un proyecto de elaboración de pavimentos, su pobre capacidad de soporte y su detestable calidad debido a su origen. Los pavimentos que reposan sobre suelos suaves tienden a ser susceptibles a los asentamientos o hundimientos ocasionando deterioros a la vía, entonces esto conlleva a un estudio para solucionar este problema, donde se utilizan una variedad de alternativas para la estabilización, así

incrementar las características mecánicas eludiendo altos costos de obras. Huancollo (2017 pág. 12).

Se indica que los suelos sin estabilización conllevan a un problema medio ambiental ya sea por la creación de nuevas canteras para realizar el préstamo de materiales para mejorar la sub rasante, por eso se buscan los aditamentos estabilizadores ya sea como cloruro de calcio, cloruro de magnesio y/o parecidos para realizar un procedimiento adecuado y 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 ampliaciones de vías que son perjudiciales como efecto de hinchamiento de afirmados. Ramos (2014 pág. 1).

La inestabilidad de suelos en unas de las principales problemáticas que presencian las vías no pavimentadas como se muestra en la figura 1, para solucionar este problema se emplean una amplia variedad de técnicas para la estabilización de suelos, uno de los criterios de estabilización de suelos, son aquellas que se efectúan empleando productos químicos (no tóxicos) que mejoran a dichos suelos (carreteras), con un óptimo comportamiento durante el tiempo de servicio efectuado. Ponce (2018 pág. 1).



Figura 1. Inestabilidad de suelos

Fuente. <https://bit.ly/3fulFyB>.

La expansividad de suelos arcillosos ha sido un tema de gran importancia y conveniencia para los ingenieros de la actualidad. La alteración de volumen

ocasionado por la filtración de agua, una de las principales consecuencias de los asentamientos en obras de infraestructura. La expansión tiene como resultado esfuerzos ante las estructuras ocasionando que surjan fisuras, como de tal forma producen deformaciones plásticas en las vías terrestres y que los muros de contención sean sometidos a empujes horizontales que causan su colapso. Es de ahí que es de gran importancia de indagar soluciones a la problemática planteada y profundizar en su investigación. Torres y Torres (2015 pág. 12).

Se le conoce como suelo expansivo cuando esta produce alteraciones de volumen e hinchamiento, la arcilla expansiva seca logra tener una capacidad de carga muy alta, al mezclarse con el agua su capacidad de carga sufre una alteración negativa, creando asentamientos, roturas y fisuras en los elementos estructurales además deforma los pavimentos y presenta problemas en la compactación. Quispe (2020 pág. 1).

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 estas se califican como suelos arcillosos de alta y baja calidad los cuales no cumplen con las exigencias delimitadas de las normas técnicas. Ulate y Vargas (2018 pág. 2).

La importancia de intervenir y mejorar las vías de comunicación de las zonas rurales en nuestro país va incrementándose. Haciendo que sea fundamental la búsqueda de una variedad de alternativas en el empleo de estabilizantes para incrementar las propiedades mecánicas – físicas del suelo. De tal manera, la utilización de los aditivos en la estabilización de suelos es reducido en las vías urbanas, a pesar que es uno de los principales aspectos que están relacionados con el incremento de una ciudad y de una región, obteniendo como resultado las ventajas comparativas que se adquieren de una ciudad ante otra. De la misma manera, el estado en el que se encuentran las vías urbanas son un parámetro fundamental relacionado con la calidad de vida de los ciudadanos. Sotil (2014 pág. 13).

El manejo satisfactorio, a largo tiempo, los proyectos de construcción de carretera se someten de acuerdo a la calidad de los suelos en donde se efectúan las mismas. La gran mayoría de los suelos cuando pierden humedad padecen una alteración en propiedades físicas y mecánicas, que producen problemas significativos de un mayor costo económico en la infraestructura de carreteras como se muestra en la figura 2. Con el diseño y técnicas de construcción adecuados se pueden disminuir los cambios negativos en los suelos empleados en subrasante, bases, sub – base, esto para eludir el colapso de la carretera. Una de las técnicas más favorables para poder controlar el comportamiento de suelos es principalmente estabilizar los materiales a emplear. Se conocen varias técnicas y métodos para estabilizar un suelo, en las cuales se menciona lo siguiente: estabilización con oxido de calcio, silicato de magnesio, cloruro de calcio, cemento y otros. Roldán (2010 pág. 12).



Figura 2. Vías rurales falladas por su mala conformación

Fuente. <https://bit.ly/3whi2Ck>

Se denomina estabilización de un suelo al proceso en donde los suelos naturales son exhibidos a tratamientos de tal manera se aprovechen su calidad sobresaliente como se muestra en la figura 3, con la capacidad de soportar el impacto del tránsito y sus devastadoras secuelas. La gran mayoría de los países desarrollados, las vías no pavimentadas provienen a elaborar su componente fundamental de la red vial; constituida por capas de rodadura (grava o tierra), principales para su desarrollo social y económico, brindándoles el acceso a zonas rurales, urbanas y sedes de explotación minera y agrícola. Pacheco (2019 pág. 13).



Figura 3. Estabilización de suelos con cloruro de calcio

Fuente. <https://bit.ly/3cFiYbC>

Actualmente en las vías que conectan la ciudad de Juliaca no cuentan con suelos completamente estables por lo que surge la necesidad de emplear nuevos aditamentos que puedan influir sobre los suelos cohesivos que se presentan en el departamento de Puno, caso pertinente a comentar es la situación de la carretera Juliaca – Caminaca, esta al ser una de las principales carreteras de movimiento comercial no cuenta con una carpeta de rodadura ideal, en la actualidad esta vía se encuentra en estado afirmado, debido al concurrido movimiento vehicular y al clima de la región de Puno, esta carretera presenta problemas de calamina originando disconformidad entre la población, como se puede apreciar en la figura 4.

Cabe acotar que en la mayoría de los trabajos viales la conformación y característica de los suelos no es la misma, por lo que en la carretera Juliaca – Caminaca sucede el mismo problema, debido a que en la mayor parte de los tramos se cuenta con suelos inestables, con valores de CBR < 6%, requiriendo en gran parte de los tramos trabajos de mejoramiento y estabilización de suelos. Debido a esto la carretera Juliaca – Caminaca y al clima disfuncional de la zona se han presentado problemas de conformación de lodos, como se aprecia en la figura 5.



Figura 4. Carretera Juliaca – Caminaca



Figura 5. Problemas del suelo – agua en la carretera Juliaca – Caminaca

Por lo expuesto anteriormente surge la formulación de los siguientes problemas de investigación.

Problema Principal:

¿Cómo la aplicación del cloruro de magnesio como alternativa natural incrementaría la estabilización del suelo de la carretera Juliaca – Caminaca, 2021?

Problemas Específicos:

¿Cuál es la dosificación ideal que reducirá el contenido óptimo de humedad aplicando el cloruro de magnesio como alternativa natural?

¿Con una proporción definida se alcanzaría mejores niveles de capacidad de soporte en el suelo aplicando el cloruro magnesio como alternativa natural?

¿Con una cantidad establecida se lograría reducir el índice de plasticidad del suelo aplicando el cloruro de magnesio como alternativa natural?

Justificación del estudio

Justificación técnica

Esta investigación se justifica estrictamente al indagar nuevas aplicaciones para estabilizar los suelos incrementando sus propiedades físicas – mecánicas de las subrasantes o denominadas también terrenos de fundación con el objetivo de mejorar los suelos inestables que presentan las carreteras de carácter no pavimentadas.

Justificación social

Se justifica socialmente debido a que se contribuirá nuevos conocimientos a los estudiantes e ingenieros, de la carrera profesional de ingeniería civil, para que así experimenten nuevas técnicas para dar soluciones a las distintas problemáticas que se presenten en la conformación de una subrasante en carreteras no pavimentadas, optimizando su calidad de servicios y oponiéndose a las fallas en el afirmado.

Justificación económica

Se justifica económicamente debido a que originara una reducción de los costos en el proceso de ejecución y mantenimiento, para incrementar la vida útil y el nivel de servicio de las carreteras no pavimentadas.

Justificación ambiental

Se justifica ambientalmente debido a que se reducirá el impacto ambiental en la calidad del aire y recursos hídricos, para así brindar mejoras en las condiciones de vida de la población. De tal manera, cambiar las practicas frecuentes en el área de la infraestructura vial, lo que ninguno de estos será efectuado sin haber sido comprobado su eficiencia del aditivo cloruro de magnesio simultáneamente con el material escarificado para su aplicación.

Objetivos

Objetivo General

Incrementar la estabilización de suelos de la carretera Juliaca - Caminaca mediante la aplicación de cloruro de magnesio como alternativa natural.

Objetivos Específicos

Reducir el contenido de humedad óptimo aplicando el cloruro de magnesio como alternativa natural por medio de una dosificación ideal.

Alcanzar mejores niveles de capacidad de soporte en el suelo aplicando el cloruro de magnesio como alternativa natural mediante una proporción definida.

Lograr reducir el índice de plasticidad del suelo aplicando una cantidad establecida de cloruro de magnesio como alternativa natural.

Hipótesis

Hipótesis General

La aplicación de cloruro de magnesio como alternativa natural incrementará la estabilización del suelo de la carretera Juliaca – Caminaca.

Hipótesis Específicas

Una dosificación ideal reducirá el contenido de humedad óptimo aplicando el cloruro de magnesio como alternativa natural.

Una proporción definida alcanzará mejores niveles de capacidad de soporte en el suelo aplicando el cloruro de magnesio como alternativa natural.

Una cantidad establecida logrará reducir el índice de plasticidad del suelo aplicando cloruro de magnesio como alternativa natural.

Delimitaciones

Delimitación temporal

La presente investigación demandó aproximadamente un periodo total de 06 meses dados por: (enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio) en el año 2021, donde se realizó un trabajo exclusivo de recolección de muestras, ensayos de laboratorio y procedimientos en gabinete en la que se generó el problema y finalmente se efectuó el análisis sobre los resultados adquiridos de 3 calicatas de la carretera Juliaca – Caminaca.

Delimitación espacial

El lugar de la investigación se ubica dentro de la región de Puno, provincia de San Román, distrito de Juliaca, así como se aprecia en la tabla 1, sin embargo, para la recolección del material evaluado se tomó 3 muestras de la carretera Juliaca – Caminaca, como se aprecia en la figura 6.

Tabla 1. Delimitación del proyecto

Región	Puno
Provincia	San Román
Distrito	Juliaca
Carretera	Juliaca – Caminaca

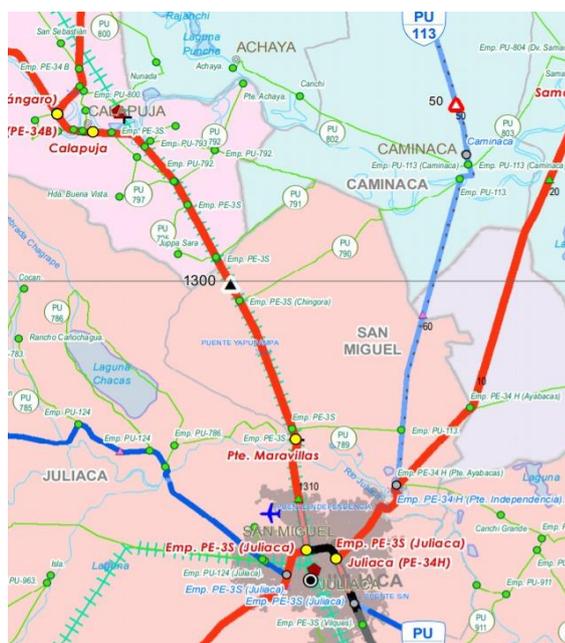


Figura 6. Carretera Juliaca – Caminaca

Fuente. <https://bit.ly/2TPmucz>

II. MARCO TEORICO

Trabajos Previos

Internacionales

Góngora, Iriarte y Mendoza (2017), según su tesis de (Pregrado) denominado “Estabilización y mejoramiento de las características físicas y químicas de los suelos a partir de mezclas con cal y escombros de material de canales de riego”, realizado para la Universidad Cooperativa de Colombia, tiene por objetivo mejorar las características físicas y mecánicas de un material granular (afirmado) a partir de ensayos de laboratorio y mezclas con cal y derivados de escombros de los canales de las arroceras (limo de riego). La metodología empleada en la presente investigación es experimental - aplicada. Los resultados demostraron que tras la evaluación de la cantera Esmeralda se determinaron las siguientes características en cuanto al LL = 25.63%, LP = 18.36%, IP = 7.27%, coeficientes de Cu = 4.16 y Cc = 1.33, en cuanto al ensayo de CBR se determinó que el contenido de agua se dio en valores de 4.24%, 9.79%, 15.00%, dada en proporciones del (5.00%, 10.0% y 15.00%), densidad suelo húmedo (1.72, 1.76, 1.87) dadas en unidades de gr/cm^3 , densidad suelo seco (1.65, 1.61 y 1.63) expresada en unidades (gr/cm^3), tras incorporar cal al 15% en el ensayo de CBR se determinaron se determinó un LL = 21.70%, LP = 16.90%, densidad máxima 2.338 gr/cm^3 , humedad optima 6.40%, en cuanto a la compactación obtenida al 100% se doto de un valor del CBR al 102.00%, en cuanto a la compactación al 95% se determinó un CBR del 85.00%, en cuanto a la incorporación del 10.00% se vieron valores reflejados en LL = 22.50, LP = 15.80, densidad máxima 2.280 gr/cm^3 , humedad optima 6.58%, % compactación al 100 doto de un CBR al 87%, en cuanto la compactación originada al 95% doto de un valor al CBR del 62%, tras incorporar el 5.00% se reflejaron valores al LL = 21.60%, LP = 15.40%, densidad máxima 2.238 gr/cm^3 , humedad optima 6.60%, en cuanto la compactación llevo al 100.00% se doto de un valor característico del CBR% en 82.00%, al llegar la compactación al 95% se doto de un valor del CBR al 43.00%. Concluyendo que al incorporar el cloruro de calcio en mayor intensidad se generan resultados más favorables repercutiendo en un CBR o valor de soporte del 102.00%.

Parra (2018), según su tesis (Pregrado) denominado “Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante”, realizado para la Universidad Católica de Colombia – Bogotá, tiene por objetivo realizar la estabilización química de un suelo (caolín), mediante a la adición de cal y ceniza en diferentes porcentajes para determinar la dosificación óptima de estabilizante, por medio de la resistencia a la compresión y a la tracción. La metodología imputada en la presente investigación es aplicada - descriptiva. Los resultados demostraron la presencia de la humedad sobre la gravedad específica (W_o , W_1 , W_2 y G_s) en (61.54, 681.50, 650,84 y 2.16) respectivamente, según el Proctor estándar se determinaron valores en cuanto al contenido de agua de 11.79%, la densidad suelo húmedo de 2.01 gr/cm^3 , la densidad seca del material 1.80, el peso unitario seco de 17.65 kN/m^3 , el peso unitario seco 112.35 lbf/ft^3 , en cuanto a la densidad seca máxima es de 1.90 gr/cm^3 , % humedad óptima 19.50%, a su misma vez tras incorporar la cantidad de 0.00%, 2.00%, 4.00%, 6.00% y 8.00% dando valores al esfuerzo max (0.689, 1.104, 2.616, 2.413 y 1.963) dado en unidades (kg/cm^2), rigidez (0.094, 0.29, 0.886, 0.808 y 1.104), deformación Max (1.590, 5.473, 4.837, 3.946 y 3.258). Concluyendo que se generó una tendencia en cuanto a los valores de esfuerzo máximo por lo cual es viable sobre la estabilización de los suelos cohesivos que presenta la zona, mientras que la ceniza volante no repercute en gran medida ante las características físico mecánicas del suelo.

Pérez y Torres (2015), según su tesis (Pregrado) denominado “Estudio de la cal y el cloruro de magnesio como agentes estabilizadores de suelos arcillosos en propiedades como la resistencia y expansividad”, realizado para la Universidad de Santander - Bucaramanga, tiene por objetivo determinar la acción de la cal y el cloruro de magnesio como agentes mejoradores de la resistencia y manejo de la expansividad en suelos arcillosos. La metodología empleada en dicha investigación es cuantitativa – experimental. Los resultados demostraron que tras la evaluación del suelo patrón se determinó las siguientes propiedades físicas $LL = 54.00\%$, $LP = 27.00\%$, $IP = 28.00\%$, Limite de contracción 13.00% , % humedad natural 34.00% , Peso específico húmedo 2.48 gr/cm^3 , Peso específico seco 1.26 gr/cm^3 , en cuanto a la estabilización con cloruro de magnesio se determinó que el suelo de El Salitre presento una clasificación de suelos SUCS (CH), contando con un $IP (\%) = 34.00$, $LL = 59.40\%$, $CL = 17.20\%$, $S_s = 2.70$, $LP = 25.40\%$, Color rojo, Arcilla = 81.20% ,

pH = 7.50, en cuanto el suelo de la Jurica tuvo clasificación SUCS (CH), IP = 36.00%, LL = 59.00%, CL = 14.50%, Sa = 2.60, LP = 23.00, Color negro, Arcilla = 86.30%, pH = 7.30. Concluyendo que tras incorporar el cloruro de magnesio y calcio se vieron mejoras en cuanto a las propiedades mecánicas en ambas canteras El salitre y Jurídica por lo que es factible usar este tipo de aditamentos para mejorar las características de la subrasante.

Guamán (2016), según su tesis (Pregrado) denominado “Estudio del comportamiento de un suelo arcillosos estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de magnesio)”, realizado para la Universidad Técnica de Ambato, tiene por objetivo analizar el comportamiento de un suelo arcillo estabilizado con componente químicos (cal y cloruro de magnesio) en el laboratorio. La metodología empleada en la presente investigación es experimental – aplicada – descriptiva. Los resultados demostraron que la adición del cal en una cantidad del 12.50% determino valores en cuanto al LL = 37.40%, IP = 8.83%, Gs = 2.655, W% opt = 39.50% y una densidad máxima de 1.418 gr/cm³, en cuanto a la incorporación del cloruro de magnesio al 2.50% se determinaron valores en el LL = 45.50% , IP = 13.75%, Gs = 2.694, W% opt = 32.50% y una densidad seca máxima de 1.602 gr/cm³, en cuanto al esfuerzo ultimo y admisible generados s los 21 días con la incorporación de cal se determinaron los valores de (8.02 kg/cm² y 2.68 kg/cm²) respectivamente, el cloruro de magnesio en cuanto al esfuerzo ultimo y el esfuerzo admisible dio como resultados (6.55 kg/cm² y 2.18 kg/cm²) respectivamente así como también se determinó la capacidad de soporte dando como resultados los valores de (26.00% y 9.30%) respectivamente. Concluyendo que la incorporación del cloruro de calcio tuvo mayor influencia que el cloruro de magnesio, siendo esta reflejada sobre las características mecánicas como se vio en el CBR contando una gran diferencia.

Araya (2020), de acuerdo a su tesis de Pregrado denominado “Análisis comparativo para ejecución de estabilización de suelos, entre procesos tradicionales y el estabilizador de suelos soiltac en la comparativa de emplear soiltac frente a cloruro de magnesio y cloruro de magnesio para estabilización de suelos”, realizado en la Universidad Austral de Chile - Valdivia, tiene por objetivo contrastar las bondades técnicas del producto Soiltac evaluando la aplicación de este en pavimentos

urbanos, realizar un análisis de costo y beneficio para estabilización de suelos convencionales entre Soiltec y estabilización química tradicional. La metodología practicada en la investigación es cuantitativa - experimental. Los resultados haciendo la comparación de suelos estabilizados entre cloruro de magnesio y Cloruro de Magnesio representa mayores costos de operación en 30% a 40% anuales con respecto a la razón original comparados a la aplicación de Soiltec. Ahora los costos de mantenimiento de la aplicación del Soiltec se realizarán cada 5 años con relaciones del 30% del material original. Se hizo las proyecciones a 10 años en cuanto al presupuesto final se notan las diferencias. En primera instancia los costos son elevados comparados al de métodos tradicionales, a partir de los 5 años de uso se notan más las diferencias de costos. En caso de utilizar el Soiltec en periodos largos de uso es conveniente emplear Soiltec, aminorando costos de mantenimiento y periodos más largos de Mantenimiento. En conclusión, la utilización de productos como es el Soiltec será más empleado, compitiendo a la par con estabilizaciones químicas tradicionales como son la empleabilidad de Cloruro de magnesio y cloruro de magnesio. Por consiguiente, ante la demanda de población para acceder a los distintos lugares será una opción más que viable. En cuanto a la comparativa de tiempo de aplicación es de la mitad del tiempo que propone el emplear estabilización química con cloruros. Una de las desventajas de emplear Soiltec es el incremento de los costos de transporte pudiéndose incrementar en un 50% extra a un transporte de materiales convencionales. Se encuentra 2 formas de aplicar el Soiltec (Amasado y tópica) de las que la aplicación de amasado es la que brinda la mayor durabilidad frete a una aplicación tópica que reduce los tiempos de durabilidad sin embargo aumentando la supresión de polvo. En cuanto al impacto ambiental se puede evidenciar un impacto menos severo en comparación a la empleabilidad de sales, manteniendo la vegetación, follaje y aguas freáticas.

Nacionales

Briones (2018), según su tesis (Pregrado) denominado "Influencia del cloruro de magnesio en comparación con el cloruro de calcio en la estabilización de suelos arcillosos para afirmados", realizado para la Universidad del Norte - Cajamarca, tiene por objetivo 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. La metodología empleada en la presente investigación es experimental - descriptiva. Los resultados demostraron que el suelo contiene un % humedad relacionada al 7.62%, según la clasificación SUCS se determinó la presencia de arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media (CL), los límites generados demostraron un LL = 26.00%, LP = 14.01% y IP = 11.99%, a su vez determinando un contenido óptimo de humedad relacionado al 7.19% con una densidad seca máxima de 1.90 gr/cm³, en cuanto al ensayo CBR se determinó un valor de 31.03% esta generada a los 56 golpes y un Ds = 3.14 gr/cm³. Al incorporar un 2% de cloruro de calcio se determinaron valores para el LL = 12.00%, LP = 6.07% y el IP = 5.93%, el Proctor modificado dio como resultados un contenido óptimo de humedad relacionado al 6.39% y una densidad seca máxima Ds = 1.92 gr/cm³, el CBR indicó una modificación en cuanto a su valor de CBR = 57.04% con una Ds = 3.13 gr/cm³, conteniendo a su vez una densidad seca máxima de 3.13 gr/cm³. En cuanto a la incorporación del 5% de cloruro de magnesio se obtuvo valores en cuanto a los límites de LL = 28.00%, LP = 16.64% e IP = 11.36%, el Proctor modificado dio como resultados un Dh = 6.75% y Ds = 2.05 gr/cm³, en cuanto el ensayo de CBR generó un valor de 40.41% derivada a la relación de 56 golpes, dando como valor una densidad seca máxima de 3.13 gr/cm³. Concluyendo el material que más influencia tuvo en cuanto al valor del CBR fue el cloruro de calcio esto debido a las propiedades puzolánicas del material, a diferencia del cloruro de magnesio ya que estas repercutieron en valores de 57.04% y 40.41% respectivamente.

Ponce (2018), según su tesis (Pregrado) denominado "Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la Avenida Ccoriácca – Puyhuan Grande – Huancavelica", realizado para la Universidad Nacional de Huancavelica, tiene por objetivo determinar la influencia del uso de calcio para la estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha – Puyhuan Gran – Huancavelica. La metodología empleada en la presente investigación es experimental. Los resultados demostraron que durante la evaluación se determinó que para las calicatas I, II y III se dieron valores de (40.64%, 16.33% y 29.12%) estas dadas en cuanto al contenido de humedad. En cuanto a los límites que se presenciaron se determinó que para la calicata I surgieron valores de LL = 23.00, LP = 20.34 e IP = 2.66, en cuanto la calicata II dio

como valores en cuanto a los límites de $LL = 20.00$, $LP = 9.30$ e $IP = 10.70$ y finalmente la calicata III dio como resultados a los $LL = 50.00$, $LP = 25.54$ e $IP = 24.46$, el Proctor modificado dio como resultado para la calicata I una $DS = 1.946 \text{ gr/cm}^3$ y una Humedad optima de 13.60% , en cuanto a la calicata II se generaron valores para la $DS = 1.756 \text{ gr/cm}^3$ y una humedad optima de 15.00% , en cuanto a la calicata III se vio la presencia de una $DS = 1.671 \text{ gr/cm}^3$ y una humedad optima de 15.60% , los valores adquiridos mediante el ensayo CBR se dieron en 22.89 para la calicata I, 11.80% para la calicata II y 6.12% para la calicata III, en cuanto a la incorporación del cloruro de calcio al 2% se presenciaron valores del CBR originada a los 56 golpes de 10.30% , el 4% de cloruro de calcio dio de valores del CBR a los 56 golpes de 12.95% , el 5% de cloruro de calcio dio como valores del CBR a los 56 golpes de 16.50% incrementando significativamente dicho valor, en cuanto a la incorporación del 6% de cloruro de calcio se obtuvo valores de 12.78% , mientras que al incorporar el 8% de cloruro de calcio se vieron valores de 11.82% . Concluyendo que el cloruro de calcio dadas sus propiedades influye significativamente en las características, los mayores valores se vieron al emplearse una cantidad del 5% del material.

Cochachin (2018), según su tesis (Pregrado) denominado “Estabilización y durabilidad de sub base usando la cantera de Challhua con adición de cloruro de magnesio en 2, 4 y 6% - Huaraz – 2017”, realizado para la Universidad San Pedro, tiene por objetivo determinar la estabilización y durabilidad de la sub base con el uso del agregado de la cantera de Challhua con la adición al 2, 4 y 6% de cloruro de magnesio, Huaraz – 2017. La metodología empleada en la presente investigación es aplicada, explicativa y de enfoque cuantitativo. Los resultados demostraron que al evaluar los materiales a emplearse generaron características físicas y mecánicas, en cuanto al análisis granulométrico se pudo apreciar que la grava tuvo una presencia del 14.43% , arena 65.63% y finos del 19.94% , en cuanto a los ensayos del Proctor modificado se pudo apreciar que los humedades obtenidas dieron como resultado (17.40% , 21.80% , 25.70% , 27.00%) por lo cual se dio de las densidades secas las cuales demostraron valores de (1.200 , 1.208 , 1.195 y 1.192) estas expresadas en unidades de (gr/cm^3), a su misma vez estas al ser desarrolladas por el ensayo de CBR dieron como resultados valores de (96.80%) esta originada a los 56 golpes. Tomando en cuenta la incorporación del

2% de cloruro de calcio se determinaron valores de (9.30%, 11.70%, 14.10% y 17.80%) está dada en cuanto al contenido de humedad, la densidad seca dio como valores de (1.163, 1.193, 1.211 y 1.187) expresada en unidades de (gr/cm^3) dando una densidad seca de $1.211 \text{ gr}/\text{cm}^3$ y un % humedad de 14.10%, a su misma vez del ensayo de CBR se pudo establecer que a la cantidad de 56 golpes se obtuvo un valor de (99.90%), al incorporar una cantidad de 4% de cloruro de calcio sobre el ensayo de Proctor modificado se dieron valores en cuanto al contenido de humedad de (6.30%, 9.40%, 11.70% y 14.60%), en cuanto a la densidad seca se tuvo presencia de (1.195, 1.200, 1.214 y 1.201) esta expresada en unidades de (gr/cm^3), mediante el ensayo de CBR con incorporación del 4% de cloruro de calcio se vio de un valor de (96.20%) esta generada a los 56 golpes, tras incorporar una cantidad del 6% de cloruro de calcio sobre el ensayo de Proctor modificado se doto de valores en cuanto al contenido de humedad de (6.50%, 8.20%, 9.50% y 12.50%), en cuanto a la densidad seca se reflejaron valores de (1.182, 1.203, 1.219 y 1.139) estas expresadas en unidades de gr/cm^3 , repercutiendo sobre la densidad seca máxima generando un valor de $1.221 \text{ gr}/\text{cm}^3$ y un % de humedad de 9.20%, tras el ensayo del CBR más incorporación del 6% de cloruro de calcio se determinó un valor generado a los 56 golpes de 68.50%. Concluyendo que tras generar una mayor adición del de cloruro de calcio disminuye la calidad del CBR, el valor más optimo se vio reflejado al incorporar el 2% de cloruro de calcio viendo reflejado sobre el valor del 99.99% del 100% del CBR.

Coarita (2019), según su tesis (Pregrado) denominado “Estabilización con bischofita y sal en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 tramo EMP.MO-107 Progresiva 21+560 – 52+381 EMP. TA-105 – Moquegua, 2018”, realizado para la Universidad Privada de Tacna, tiene por objetivo determinar los beneficios estructurales que brinda la estabilización química con cloruro de magnesio y cloruro de magnesio en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO – 107 EMP. MO – 107 progresiva 21 + 560 – 52+381 EMP. TA – 105. La metodología empleada en la presenta investigación es de enfoque cuantitativo. Los resultados dieron como resultados un IMDA de 188.7143, en cuanto a las progresivas 52+381 – 51+631, LL = 25.70%, LP = 21.41%, IP = 4.29%, en cuanto a la clasificación AASHTO = A-1-a, clasf. SUCS = GP – GC, también se determinó un contenido de % Humedad = 8.11%, tras el

ensayo de Proctor modificado se dieron valores en cuanto a la densidad máxima seca se dio un resultado de 2.020 gr/cm^3 , con un contenido de humedad óptima de 10.30%, en cuanto al ensayo CBR se reflejó un valor de 128.00%, al incorporar el cloruro de magnesio y/o bischofita (1%) dotado del ensayo de Proctor modificado se dieron valores sobre la densidad máxima seca de 2.027 gr/cm^3 y una humedad óptima de 10.40%, en cuanto al ensayo CBR a una capacidad de 56 golpes se determinó una densidad seca de 2.026 gr/cm^3 y un % de humedad de 8.12%, a su misma vez se determinó una capacidad de soporte de 133.45%, al incorporar cloruro de magnesio y/o bischofita al 3% se determinó una densidad máxima seca de 2.120 gr/cm^3 y % humedad de 9.00% esta se desarrolló tras usar el ensayo de Proctor modificado, en cuanto al ensayo de relación de soporte de califórnica tras los 56 golpes se determinó una densidad seca expresada en gr/cm^3 de 2.120 y un % de humedad de 10.18%, en cuanto a la capacidad de soporte se determinó un valor de 130.00%. Concluyendo que la aplicación del cloruro de magnesio tiende a influir significativamente en cuanto a la capacidad de soporte generando altas resistencia sobrepasando el 100% de la capacidad de soporte.

Pacheco (2019), según su tesis (Pregrado) denominado “Aplicación del cloruro de calcio con material afirmado para mejorar la estabilización de la base en carreteras no pavimentadas”, realizado para la Universidad César Vallejo, tiene por objetivo aplicar el cloruro de calcio con material afirmado para mejorar la estabilización de la base en carreteras no pavimentadas. La metodología empleada en la presente investigación es aplicada – experimental. Los resultados demostraron tras su evaluación sobre las canteras de tres tomas un % humedad de 0.89, LL = 19.00%, LP = 17.00%, IP = 2.00%, en cuanto la cantera la Victoria dio como resultados % Humedad 1.32%, LL = 27.00%, LP = 24.00%, IP = 3.00%, en cuanto a la evaluación por el ensayo de Proctor modificado se determinó que la muestra sin incorporación del calcio máxima densidad seca 2.211 gr/cm^3 y % Humedad óptimo 6.78%, en cuanto a la incorporación del 10% se dotó de una densidad seca máxima de 2.190% y 6.63% en cuanto al % Humedad óptimo, tras incorporar el 30% de calcio se dio valores de 2.161% y un % humedad óptimo de 6.63%, en cuanto a la incorporación del 50% se determinó una máxima densidad seca 2.145 gr/cm^3 , en cuanto a la cantera La Victoria tras usar el Proctor Modificado sin aditivo se dio un valor de 2.146 gr/cm^3 en cuanto a la máxima densidad seca, a su misma vez se determinó

el % de humedad óptima dando un valor de 8.35, con adición del 10% se dotó de una máxima densidad seca de 2.125 gr/cm³ y un % humedad óptimo de 8.35%, tras incorporar el 30% se determinó una máxima densidad seca de 2.097 gr/cm³ y un % humedad óptima de 8.25% y tras incorporar el 50% del aditivo se determinó una máxima densidad seca de 2.079 gr/cm³ y % humedad óptimo de 8.25%. En cuanto al ensayo del CBR para la cantera Tres Tomas se determinó que, para la muestra natural, cloruro al 10%, cloruro al 30%, cloruro al 50%, a una DMS al 100% se reflejaron valores del (42.19%, 68.04%, 58.40% y 53.73%) respectivamente. En cuanto a la Cantera la Victoria para la muestra natural, muestra + 10% de cloruro, muestra + 30% de cloruro, muestra + 50% de cloruro, se reflejaron valores de (48.06%, 71.75%, 65.60% y 56.60%) dada a un % de MDS. Concluyendo que la influencia del calcio se vio reflejada al incorporarla al 50% obteniendo una resistencia en cuanto al CBR de 71.75% dotando en una buena característica mecánica a la base.

Teorías relacionadas al tema

Caminos no pavimentados

Las vías no pavimentadas sufren el proceso de deterioro más rápido que un vía pavimentada, esto se da de acuerdo a finas partículas al juntarse con los agregados gruesos, comprometidos al medio ambiente disminuyen su humedad, añadiendo la acción corrosiva del tránsito vehicular, ocasionando la disgregación superficial del material transformándose en polvo y produciendo fallas como baches, calaminas, ondulaciones como se aprecia en la figura 7, generando pérdida de seguridad, confort y durabilidad. Chavarry, Figueroa y Reynaga (2020 pág. 46).



Figura 7. Caminos no pavimentados

Fuente. <https://bit.ly/3vgPU0Q>

Los caminos a nivel de afirmado tienden a deteriorarse de forma más rápida bajo la acción del tránsito y los efectos ambientales como se aprecia en la figura 8, requieren de periódicas intervenciones para conservar la superficie de rodadura en condiciones óptimas, aludiendo elevados costos de mantenimiento. Praderna, Mery y Novoa (2014 pág. 99).



Figura 8. Deterioro de caminos afirmados

Fuente. <https://bit.ly/3tQTjDk>

Suelo

Se considera al suelo como material de construcción más arcaico, complejo y empleado por los ingenieros, teniendo propiedades fisicoquímicas y mecánicas, así como la compresibilidad, permeabilidad resistencia, estabilidad volumétrica y durabilidad, que es de mucha importancia en la ingeniería, puesto que prácticamente todas las estructuras civiles están cimentadas encima de la superficie de la tierra, existiendo varios tipos de suelos como se puede apreciar en la tabla 2. Aguirre Ana [et al] (2020 pág. 2).

Tabla 2. *Tipo de suelos*

Descripción	Símbolo
Suelos con perfil de textura uniforme	U
Suelos con perfil de textura gradual	G
Suelos con perfil de textura doble	D
Suelos orgánicos	O

Fuente. Sánchez, Quimbayo y Sterling (2015).

Las arcillas tienden a ser cualquier sedimento o acumulación mineral que es plástico cuando tiene contacto con el agua y que consiste en un material granular muy fino, dentro de su clasificación se puede tomar en consideración lo mencionado en la tabla 3, las arcillas están constituidas por partículas diminutas con un tamaño inferior a 4 micras y se conforman fundamentalmente de silicatos de aluminio hidratados. Picasso y Sun (2008 pág. 4).

La forma más vigorosa de identificar un tipo de terreno es llevando a cabo una prueba o examen que nos de los datos exactos de su composición, pero en campo lo más recomendable es efectuar una prueba añadiendo agua y amasando la tierra. Garcia, Florez y Medina (2018 pág. 2).

Tabla 3. Clasificación de arcillas según su origen

CLASIFICACION DE ARCILLAS SEGÚN SU ORIGEN					
Arcillas	Materia residual	Sin movimiento durante la formación	Productos de meteorización ordinaria	De rocas Cristalinas	Arcilla residual Caolín primario
				De rocas sedimentarias	Arcilla residual impura Arcilla caolinita
			Productos de meteorización ordinaria más acción química	De rocas cristalinas	Bauxita
				Rocas sedimentarias	Bauxita Diásporo
	Materia Transportada	Depositado en aguas sin o poca acción de corrientes, en mares, lagos, pantanos, etc.	Productos de meteorización ordinaria	Productos de meteorización ordinaria	Lutita argilaceo Limo argilaceo
				Productos de meteorización ordinaria más intensa acción química adicional	Caolín sedimentario Arcilla bola Algunas bauxitas Arcillas bituminosas Diásporo
			Productos de trituración algo meteorizados	Depositado por aguas de suave movimiento, arroyos, estuarios, etc.	Lutita silícea Limo silíceo
				Depositado por acción glacial	Arcilla glacial o till
				Depositado por vientos	Loess

Fuente. Zea (2014 pág. 19).

Las propiedades del suelo se derivan en factores sobre la textura, temperatura y cohesión. La textura en un suelo arcilloso se molda con una suave capa de materiales finos, en otros términos, se le considera un terreno sumamente pesado. En ambientes fríos este tipo de material tiende a tener pocas probabilidades de subir su temperatura. Esto se origina tras la acumulación de agua en los espacios vacíos manteniendo la humedad. Rios Maria [et al] (2010 pág. 226).

Subrasante

Es la parte inferior acabada de la carretera, al nivel de corte y relleno, en donde encima va ubicada la capa base, sub – base, pavimento, conformado sobre esta una cama de la estructura del pavimento y configurando así el paquete estructural de la vía que se realiza entre el terreno natural explanado y la estructura del pavimento. Serrano y Padilla (2019 pág. 3).

Las características en las que se regirá la subrasante consisten en recibir y resistir cargas ocasionadas por el tránsito que son transmitidas por la estructura del pavimento, así como también distribuirlo de una forma proporcionada ante las cargas del tránsito a la base del terraplén. Cuadros (2017 pág. 16).

El criterio de evaluación puesta a esta capa, es la resistencia a las deformaciones a tránsito. Por lo que debe tener en cuenta la capacidad de soporte que tiene el terreno la cual se puede ver en la tabla 4. Chávez Carlos [et al] (2016 pág. 202).

Tabla 4. Categoría de Subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante extraordinaria	De CBR ≥ 30%

Fuente. MTC (2013 pág. 40).

Límites de Consistencia

Se le denomina como límites de contenido de humedad de un suelo de grano fino que identifican las características de los cuatro estados de consistencia, como son: sólido, semisólido, plástico y semilíquido o viscoso, así como se aprecia en la figura 9. Ulloa (2011 pág. 40).

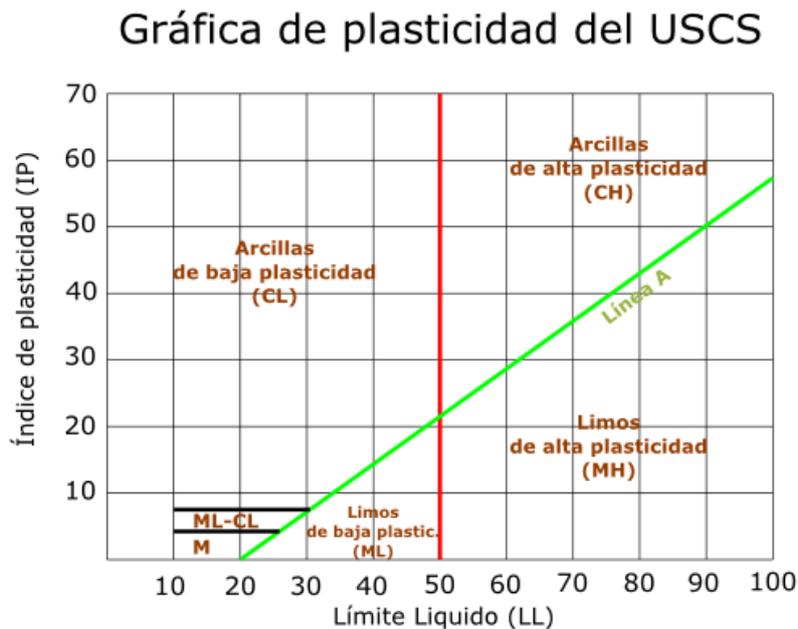


Figura 9. Clasificación de materiales en función de los límites de Atterberg

Fuente. <https://bit.ly/2RVo8IJ>

Límite Líquido

Es referido al contenido de agua, indicado en porcentaje de acuerdo al peso del suelo seco, que limita el cambio entre el estado líquido y plástico del suelo. Chavarry, Figueroa y Reynaga (2020 pág. 46).

Límite Plástico

Es el punto en el que transita del estado plástico al semisólido, y esto se mide de acuerdo por su cantidad de agua que engloba en el momento que abandona la plasticidad y deja de ser moldeable. Ocon Infante (2017 pág. 10)

Índice de Plasticidad

Se limita como una magnitud de intervalo de humedades, donde, el suelo tiene una consistencia plástica, como también el índice de liquidez, que muestra la cercanía del suelo natural al límite líquido, estas con las características singularmente útiles del suelo. Pino y Tejeda (2013 pág. 4).

Para poder determinar el índice de plasticidad es necesario conocer el límite líquido y límite plástico aplicando la siguiente ecuación.

$$IP = W_L - W_p$$

I_p = Índice de Plasticidad

L_L = Límite Líquido

L_p = Límite Plástico

Para poder determinar el índice de liquidez es necesario conocer el límite líquido, límite plástico y su contenido de humedad empleando la siguiente expresión matemática.

$$IL = \frac{W_a - W_p}{W_L - W_p}$$

IL = Índice de Liquidez

L_L = Límite Líquido

L_p = Límite Plástico

W_a = Humedad Natural

Estabilización de suelos

Se comprende por estabilización de suelos sometidos a una serie de procesos físicos – mecánicos, químicos que alteran las propiedades del suelo que tiene el interés en la adaptación de la ingeniería, extrayendo el material que sea capaz para su empleo, buscando aumentar las propiedades para una mejor durabilidad, resistencia, permeabilidad, plasticidad, compresibilidad, estabilidad volumétrica, trabajabilidad y persistencia de las propiedades obtenidas. Higuera, Gómez y Pardo (2012 pág. 23).

Estabilización de suelos comprende en añadir un ligante al suelo como material de base, sub base, o subrasante. Dicho ligante realizara la función de juntar las partículas, aumentado sus propiedades mecánicas. Rodriguez y Hidalgo (2005 pág. 112).

Estabilización química

Estabilizar los suelos consiste en indagar como modificar la masa de arcillas expansiva a una masa granulada o rígida, en sus respectivas partículas juntadas entre lazos ampliamente fuertes para tener la capacidad de resistir las presiones internas de expansión. Estos se logran a través de tratamientos químicos o térmicos. Orobio (2011 pág. 95).

La estabilización química de suelos plantea en añadir sustancias químicas con el propósito de modificar las propiedades del suelo para que sea más denso o aumentar la unión de las partículas del mismo para mejorar su capacidad de soporte sin tener deformaciones. Las formas más comunes en la estabilización química de suelos tienden a ser como el cemento, cal y sales. Junco (2010 pág. 2).

La estabilización de suelos comprende en mejorar sus propiedades mecánicas, físicas y resistencia, con durabilidad en el tiempo. El diseño de estabilización de suelos aplicando aditivos mejora su clasificación del suelo, estableciendo el tipo y cantidad de estabilizante y procedimiento para concretar la estabilización. Es complicado implantar patrones de estabilización de materiales, ante todo cuando se note una gran variedad de métodos de diseño de pavimentos. Alarcón, Jiménez y Benítez (2020 pág. 6).

Cloruro de magnesio

El cloruro de magnesio es un compuesto mineral iónico y está a base de cloro cargado negativamente, y el magnesio cargado positivamente. Lo cual tiende a ser un ácido débil. Donde puede presentarse en forma anhidra, hexahidratado y bi – hidratado. El ultimo compuesto tiende a presentarse como cristales romboides, este material se puede ver en presentación de sacos como se puede apreciar en la figura 10. Llano, Rios y Restrepo (2020 pág. 188).



Figura 10. Cloruro de magnesio

Fuente. <https://bit.ly/39RiaPh>

Cloruro de magnesio, gracias a sus múltiples propiedades físicas permite como un gran estabilizador químicos de carreteras no pavimentadas como los afirmados. Brauer, Giubergia y Gil (2019 pág. 153).

La estabilización con Cloruro de magnesio, se emplea para poder controlar el polvo en bases y superficies de rodadura para la circulación baja. Como también se emplea en zonas con poco contenido de humedad para impedir la evaporación rápida del agua de captación. Puesto que la sal es un estabilizante natural, compuesto aproximadamente un 2% de limos y arcillas, y un 98% de $MgCl_2$, sus beneficios principales tienen la capacidad de absorber la humedad del aire y cualquier otro material de su alrededor, disminuyendo el punto de evaporación y aumentando la cohesión del suelo. Chávez y Oyola (2019 pág. 7)

Proctor modificado

El proceso de compactación del suelo implica una energía mecánica fundamental y se agrega un porcentaje de humedad adecuado de acuerdo a la masa del suelo esto para disminuir el volumen de vacíos expulsando el aire que ocupa los poros, ante ello el volumen total del mismo, incrementando así su densidad con el objetivo de incrementar las propiedades del suelo. Llique y Guerrero (2014 pág. 10).

Proctor modificado este ensayo es fundamental para una cadena de estudios y control de calidad de la compactación del terreno. Gracias a este ensayo es probable establecer la densidad seca máxima del terreno de acuerdo al grado de humedad, con una fuerza de compactación limitada, las especificaciones requeridas se contemplan dentro de la tabla 5. Camacho, Reyes y Mendez (2007 pág. 70).

Tabla 5. Especificaciones de los ensayos de compactación en laboratorio

Ensayo	Referencia Estándar	Martillo		Volumen del molde	Capas	Golpes por capa
		Masa	Altura de caída			
Proctor estándar AASHTO estándar	ASTM D - 698	2.49 Kg. (5.5 lb.)	305 mm (12")	944 cm ³	3	25
Proctor estándar AASHTO modificado	ASTM D - 1557 - 78 ASSHTO T - 180	4.54 Kg. (10 lb.)	457 mm (18")	944 cm ³	5	25
Proctor estándar Normas INVIAS METODO A	INV E – 141 Método A y Método C	2.5 Kg. (5.5 lb.)	305 mm (12")	817 cm ³	3	25
	INV E – 141 Método B y Método D	2.5 Kg. (5.5 lb.)	305 mm (12")	1815 cm ³	3	56
Proctor modificado Normas INVIAS METODO A	INV E – 142 Método A y Método C	4.54 Kg. (10 lb.)	457 mm (18")	817 cm ³	5	25
Proctor estándar Normas INVIAS METODO B	INV E – 142 Método B y Método D	4.54 Kg. (10 lb.)	457 mm (18")	1815 cm ³	5	25
Martillo Vibratorio	BS 1377: 1975 Ensayo 14	Se utiliza un molde CBR para compactar una muestra aproximadamente 2360 cm ³ de volumen mediante el uso de un martillo vibratorio; el suelo se compacta en tres capas iguales mediante vibración.				
Nota: Para los ensayos de las normas INV E – 141 y INV E – 142, el método depende del tamaño máximo del material						

Fuente. Camacho, Reyes y Mendez (2007 pág. 70).

Porosidad

La porosidad figura el porcentaje del volumen del suelo que no están ocupados por sólidos y estas están conformados por el 50% de materiales sólidos y el 50% restantes esta ocupados por espacios porosos, donde se encuentran, aire, agua y gases. Diaz, Herrera y Prada (2017 pág. 59).

CBR

Es un ensayo realizado para valorar la calidad relativa del suelo en la sub – rasante, base, sub – base de pavimentos. Este método fue recomendado por el ingeniero de Stanton y Porter del departamento de carreteras de california en 1929, por eso se le llamo California Bearing Ratio. Farias Ojeda, Mendoza y Baltazar (2020 pág. 196).

Este ensayo de CBR nos permite cuantificar la resistencia al corte del suelo de acuerdo a sus condiciones de humedad y densidad supervisada. En donde nos permite conferir el numero de la relación de soporte no constante para un suelo. Sin embargo, se utiliza solamente al estado en el que se encuentre el suelo durante el proceso del análisis. Sandoval y Rivera (2019 pág. 138).

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación es un conjunto de aplicaciones que se emplean para saber una materia o problema a profundidad y así poder crear nuevos conocimientos en el área que esta se aplica. Hernández (2019).

La investigación es de tipo aplicada, ya que se emplearon teorías, métodos y procedimientos de manipulación de la variable independiente, resultando un proceso aplicado de conocimientos para obtener los resultados esperados según los objetivos.

Diseño de investigación

Carrasco (2017) el diseño de la investigación se enfoca de acuerdo a la importancia con la que se plantea un fenómeno o evento de estudio, el diseño se aplica para estudiar y saber las características, propiedades, rasgos y cualidades de un fenómeno o hecho en la realidad según el tiempo del suceso

El diseño de la investigación es experimental, debido a que, se sustenta básicamente en la búsqueda de las consecuencias al aplicarse un nuevo material hacia la estabilización de un suelo, esto implica la experimentación del mismo, para encontrar un porcentaje óptimo de adición de nuevos materiales y mejorar un suelo.

El diseño experimental establece una coherencia de causa y efecto dentro de un grupo o varios grupos. Como podemos apreciar en las siguientes relaciones:

$$Gc (A): Y_1 \rightarrow X \rightarrow Y_2 \qquad Ge (A): Y_3 \rightarrow X' \rightarrow Y_4$$

Gc: Grupo control.

Ge: Grupo experimental.

X: Variable independiente.

X': Tratamiento convencional

Y₁, Y₃: Pretest

Y₂, Y₄: Postest

Nivel de investigación

El nivel de investigación es la magnitud con que se aborda un tema es estudio, este depende la estrategia del mismo, a esto se le suma la profundidad de conocimiento y aplicación de teorías de las variables, para ello es necesario conocer el diseño y poder definir un enfoque de investigación acorde a lo planteado según los objetivos. García (2016).

El nivel de investigación empleado en el presente estudio es explicativo, ya que se busca los efectos que causa la adición de cloruro de magnesio al suelo es estudio, esto se obtendrá mediante experimentación en laboratorio, adicionando diferentes porcentajes y midiendo cada cambio mediante resultados de propiedades mecánicas del material de suelo natural.

Método de investigación

Domínguez (2015), el método de investigación generalmente es empleado para determinar y hallar conocimientos nuevos para solventar la problemática de una población, por medio del proceso comprensivo, comunicación y reproducible. Esta puede someterse a distintas áreas para el saber humano e involucrar distintos tipos de procedimientos y razonamientos, de acuerdo al método de investigación escogido.

El método de investigación empleado en el presente estudio es inductivo, debido a que se tuvieron que conocer primeramente los resultados específicos para poder formular una conclusión general de lo planteado en los objetivos del presente estudio.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Aplicación de cloruro de magnesio

Definición Conceptual: el cloruro de magnesio es empleado para estabilizar las vías, proveniente tras las reacciones del cloro ante el hidrogeno; donde su propiedad principal al ser higroscópico, es aspirar la humedad del aire y de los materiales que se encuentran a su alrededor, disminuyendo el punto de evaporación e incrementando la cohesión del suelo. Briones (2018).

Definición Operacional: La aplicación de cloruro de magnesio es un gran aporte sobre el campo de la ingeniería civil siendo un componente apto sobre la estabilización de suelos ya que este material se facilita la absorción de la humedad con la que cuentan los suelos, esta dotará sus características de acuerdo a la cantidad que se emplee sobre el suelo.

Dimensiones: Dosificación

Indicadores: Cantidad de cloruro de magnesio

Instrumento: % de Incorporación

Escala de Medición: Razón

Variable independiente: Estabilización de suelos

Definición Conceptual: se comprende por estabilización de suelos a una cadena de procesos físicos – mecánicos y químicos que alteran las propiedades del suelo, principalmente en las aplicaciones de la ingeniería, teniendo como resultado un material con las propiedades óptimas para su empleo, donde se busca incrementar sus propiedades como: resistencia, plasticidad, durabilidad, permeabilidad, estabilidad volumétrica, trabajabilidad, compresibilidad y estas mantengan dichas propiedades adquiridas. Nieto (2019).

Definición Operacional: La estabilización de suelos se deriva en la aplicación de elementos o compuestos ajenos a los áridos, los cuales sirven para mejorar las capacidades físico mecánicas de la subrasante siendo estas la (Granulometría, límites de Atterberg, humedad, capacidad de soporte CBR).

Dimensiones: Características físicas, características mecánicas.

Indicadores: Granulometría, límites de Atterberg, humedad, capacidad de soporte (CBR).

Instrumento: Ensayos de laboratorio

Escala de Medición: Razón

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Según Tamayo (2003 pág. 114), define este punto como la muestra la cual será evaluada en el ámbito del desarrollo del proyecto.

La población de esta investigación está constituida por las carreteras no pavimentadas de la vía Juliaca – Caminaca.

Criterios de inclusión

Vara (2010), el criterio de inclusión, es la delimitación de la población, considerando todos sus aspectos, características y propiedades de la población en estudio.

En la presente investigación se consideró netamente las progresivas del km (70+100 – 71+600) de carretera Juliaca – Caminaca.

Criterios de exclusión

Vara (2010) el criterio de exclusión, es la delimitación de la población, excluyendo aspectos, propiedades y características de la población en estudio que no se estudiaron.

En la investigación no se tomaron en cuenta las progresivas que no se encuentren dentro de los km (70+100 – 71+600) de la carretera Juliaca – Caminaca.

Muestra

Hernández, Fernández y Baptista (2014), la muestra es donde se delimita un área de investigación, esta se considera como representativa de la misma.

La muestra que se empleó para la investigación está constituida por el km (70+100 al 71+600) de carretera desde Juliaca – Caminaca.

Muestreo

Pino (2018), el muestreo consiste en tomar una parte de un conjunto, en otros términos, estudiar una de sus características.

En la investigación se realizó un muestro no probabilístico, porque se consideraron los tramos más críticos para la toma de muestra.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Consiste en la toma de valores cuantificables en los cuales repercute una serie de procedimientos que ayudaran a llegar a un problema específico. Arias (2004).

Las técnicas que se aplicaron en la investigación fue recaudar datos, obtención de materiales a incorporar, calicatas, recolección de muestras, ensayos de laboratorio, análisis de resultados, interpretación de resultados, todos de su importancia para desarrollar la presente investigación.

Instrumentos de recolección datos

Se define esto como una serie de medios que ayudan al investigador ya sea de forma física o virtual con la cual se pueda proceder a la toma de datos. García (2016).

Los instrumentos que se emplearon en la presente investigación son fichas de recolección de datos, cotización de materiales, software de análisis e interpretación de resultados.

Validez y confiabilidad

Validez

De la misma manera (Santos, 2017 pág. 1) indica que la **validez** es un procedimiento por medio del cual el investigador que realiza formularios o formatos recibe prueba para sustentar sus inferencias. Este proceso de validación necesita un análisis experimental dirigido a recolectar los datos.

Los instrumentos y formatos para la recaudación de datos son conocidos y estandarizados por entidades serias como la ASTM como también las delimitaciones del RNE (Reglamento nacional de edificaciones). La validación de los instrumentos se anexará al presente estudio.

Confiabilidad

Según (Santos, 2017 pág. 1), corresponde al nivel (Tabla 6) los datos de una medición se obtienen libres de errores de medida. O sea, al rehacer la medición en condiciones seguidas estas deberían de ser semejantes.

Tablita de niveles de confiabilidad

Tabla 6. Niveles de confiabilidad

Rangos	Magnitud
0.81 a 1.00	Muy alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy Baja

Fuente. (Santos, 2017 pág. 7)

Los formatos que se detallan en la tabla 7 serán validados por 03 expertos y serán añadidos a los anexos.

Tabla 7. Formatos necesarios para los ensayos de laboratorio

VALIDEZ	
Indicadores	Norma
Granulometría	MTC E 107-ASTM D 422
Contenido de humedad	MTC E 108-ASTM D2216
Límites de consistencia	MTC E 110 y E 111-ASTM D 4318
Proctor modificado	MTC E 115-ASTM D 1557
Californian Bearing Ratio	MTC E 132-ASTM D 1883

3.5. Procedimientos

Trabajo de campo

En este punto se procedió a describir los procesos necesarios para efectuar la presente investigación.

Primeramente, se realizó la visita a la carretera Caminaca para realizar la extracción del material, como se puede apreciar en la figura 11.

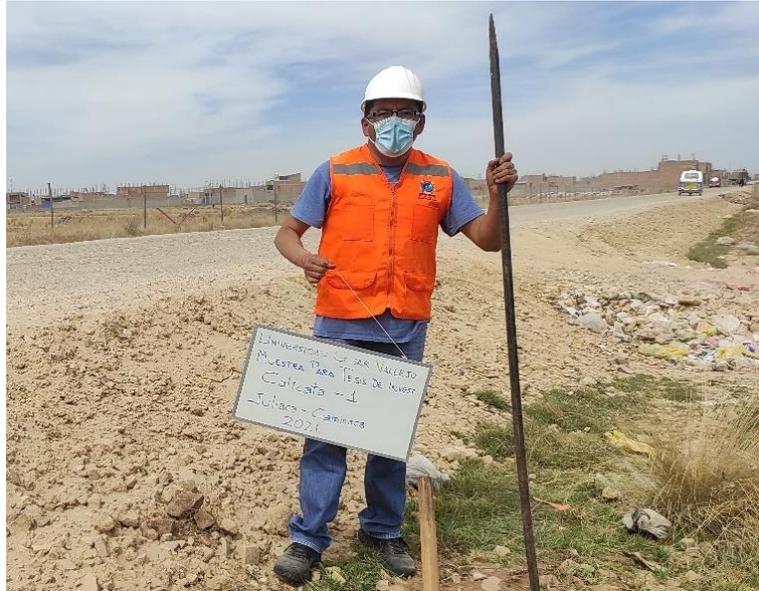


Figura 11. Extracción del material

Seguidamente se procedió a realizar la excavación y perfilado de la calicata de donde se extrajo las muestras correspondientes las cuales se llevan a laboratorio para su respectivo análisis, como se puede apreciar en la figura 12.



Figura 12. Perfilado de la calicata con barreta.

En la figura 13 se muestra el almacenamiento del material extraído, en un saco, para llevarlo a laboratorio.



Figura 13. Extracción del material orgánico.

Trabajo de laboratorio

Análisis Granulométrico

Durante la etapa de laboratorio se realizó el ensayo de granulometría donde se usaron los tamices para determinar los tamaños de los agregados, como se aprecia en la figura 14.



Figura 14. Juego de tamices

Cuarteo

En el ensayo de granulometría se colocó el material extraído de la carretera Juliaca – Caminaca, para realizar el cuarteo correspondiente, el cual define que se toma una determinada muestra para ser evaluada, como se puede apreciar en la figura 15.



Figura 15. Cuarteo del material

El material extraído del tramo se sometió al secado durante un periodo de 24 horas, el cual tras efectuar este proceso se dispone para el lavado del material, con el fin de eliminar los materiales finos, como se puede apreciar en la figura 16.



Figura 16. Lavado del material extraído

Seguidamente el material lavado se colocó sobre un recipiente, para medir el peso que indica, como se aprecia en la figura 17.



Figura 17. Material dispuesto

Tras efectuar el proceso de pesado del material, se procedió a realizar el secado en un horno para seguidamente empezar con el ensayo granulométrico, como se aprecia en la figura 18.

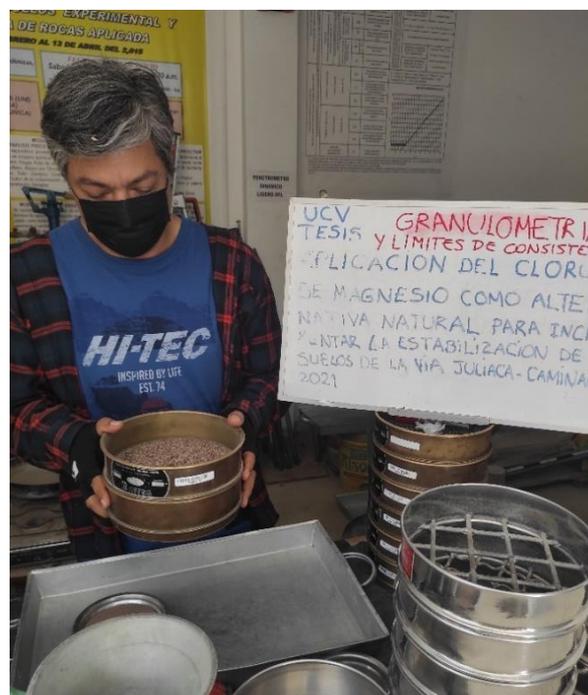


Figura 18. Proceso del tamizado.

Ensayo de límites de consistencia

Límite líquido

Para realizar el ensayo de límite líquido se extrajo una cantidad pasante del tamiz N°40, con el fin de separar las arcillas de los limos, esta muestra se homogenizó incorporando agua durante un periodo de 24 horas. Se tomó un poco de la muestra, para empezar con el ensayo de la Copa de Casagrande, la cual se puede apreciar en la figura 19.

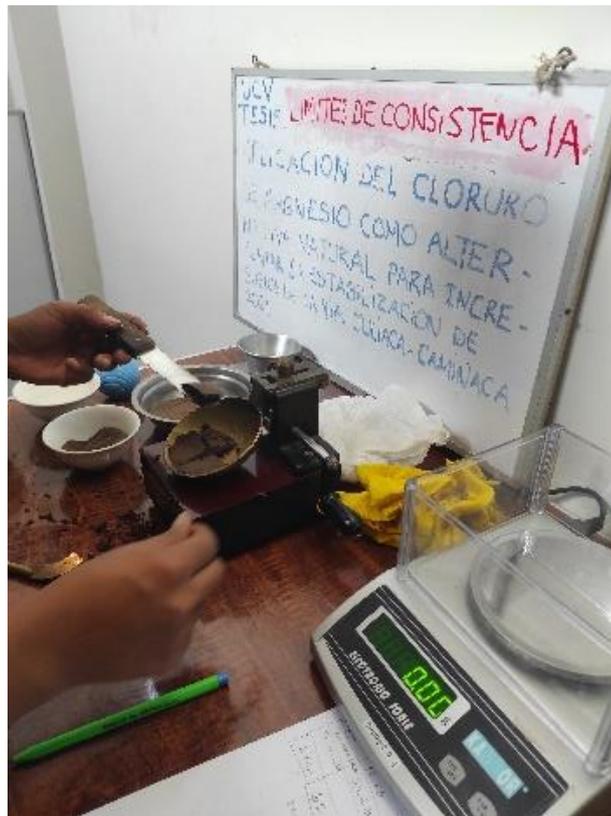


Figura 19. Ensayo de la copa de Casagrande.

El resto del material sobrante se colocó dentro de taras, de las cuales se midieron los pesos iniciales, como se muestra en la figura 20.



Figura 20. Levantar una porción de muestra en tarros.

Del material dispuesto en las taras se sometieron al proceso de secado en el horno durante un periodo de 21 horas, como se aprecia en la figura 20.



Figura 21. Proceso de secado

Seguidamente se dispuso a medir el peso final del material tras dejarlo en el horno durante un periodo de 24 horas, como se puede apreciar en la figura 22.



Figura 22. Peso final del material

Ensayo Proctor modificado

Durante esta etapa de laboratorio se tuvo primeramente que pasar el material suelto por la malla $\frac{3}{4}$ ", para alcanzar las muestras (comúnmente 4 muestras aproximadamente de 6 – 8 kg para así tener 4 puntos para la cueva), como se aprecia en la figura 23.



Figura 23. Peso del material inalterado

Seguidamente se colocó el material pesado, sobre una bandeja metálica, en la cual se incorpora una cierta dosificación de agua, como muestra la figura 24.



Figura 24. Materiales para Proctor modificado.

El material sobre la bandeja metálica, se puso dentro del molde en 5 proporciones iguales, las cuales son compactadas con la ayuda del martillo, la cantidad de golpes por capa se da en una cantidad de 25 golpes, como se puede apreciar en la figura 25.

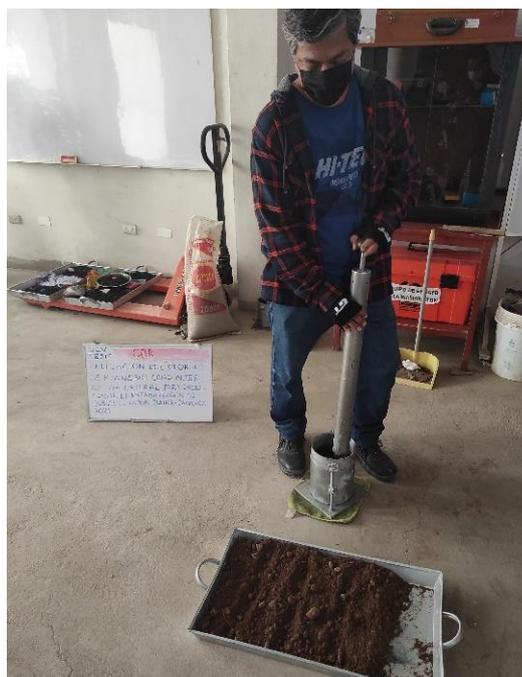


Figura 25. Ensayo Proctor modificado

Seguidamente se pesó el molde, conjuntamente con el material compactado, el cual se procedió a anotar dentro de los formatos establecidos para el ensayo Proctor modificado, como se muestra en la figura 26.



Figura 26. Peso del molde + material compactado

Tras extraer el material compactado, se procedió con la etapa de secado dentro de un horno, mediante este procedimiento se pudo conocer el contenido de humedad, así como se muestra en la figura 27.



Figura 27. Extracción del material compactado

Ensayo de CBR

Desarrollando esta etapa se preparó una muestra con la disposición de un grano fino la cual ha de ser pasante a un tamiz no menor del número 4, como se puede apreciar en la figura 28.



Figura 28. Moldeado de la muestra para el ensayo de CBR

Seguidamente se saturó los moldes para ejercerlos a la prueba de penetración, como se puede apreciar en la figura 29.



Figura 29. Material tras el procedimiento de saturación

3.6. Método de análisis de datos

En la investigación se usó el método inductivo toda vez que el estudio realizado se arriba a concretar nuestras conclusiones, luego se realizó la deducción de las conclusiones a partir de la teoría registrada anteriormente, que se realizó de manera sintética ya que la teoría establecida en esta investigación es de mucha ayuda en el desarrollo y aplicación de la investigación.

3.7. Aspectos éticos

El proyecto de investigación está realizado conforme a los principios delimitados en el “Código de ética en investigación de la Universidad Cesar Vallejo”, con Resolución N.º 0126-2017/UCV de 23 de mayo de 2017, por lo cual se tuvo en cuenta en todo el procedimiento de la elaboración de la tesis, cumplimiento así con los aspectos mencionados en el Artículo 1, ya que se cumple con los estándares máximos de rigor científico, responsabilidad y honestidad.

La presente investigación está centrada principalmente en el desarrollo de múltiples aspectos éticos, ya establecidos en la Norma mencionada para lo cual la obtención de información fue recabada de fuentes confiables, las cuales no se modificaron ni alteraron, así mismo se realizó el citado adecuadamente de los libros, normas, tesis, artículos científicos, etc. La autoría de estos fue respetada.

Con lo expuesto se acredita que:

- Se respetó la autoría de los autores de los libros, tesis y artículos científicos, cumpliendo con lo establecido en las normas ISO-690.
- Los ensayos necesarios para la elaboración de la presente investigación fueron realizados en un laboratorio que contaba con la acreditación de sus equipos, dando validez a los resultados obtenidos.

IV. RESULTADOS

En esta etapa se detalla y da a conocer los resultados obtenidos a través de los ensayos desarrollados, donde podremos responder los objetivos planteados, durante la primera etapa se procedió a recolectar las muestras de suelo de la carretera Juliaca – Caminaca, progresivas km (70+100 – 71+600), para realizar los ensayos correspondientes en laboratorio donde se determina principalmente las características con las que cuentan los materiales extraídos, seguidamente se procede a realizar el ensayo de granulometría para determinar la clasificación de los suelos, así mismo se muestran los resultados obtenidos en los límites de consistencia, Proctor y CBR.

Granulometría

En esta etapa se detallan las propiedades físicas de las muestras recolectadas de la carretera Juliaca – Caminaca, tramo (70+100 – 71+600).

En la tabla 8. Se detalla las cantidades retenidas y/o acumuladas del suelo evaluado en la progresiva KM (70+350), en las cuales se emplea los tamices que oscilan desde los valores de la N°04 a la < N°200.

Tabla 8. Tamizado de muestra del km 70+350.

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
			0.00	0.00	100.00
3"	76.200		0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	1.30	0.26	0.26	99.74
N° 10	2.000	1.80	0.36	0.62	99.38
N° 20	0.840	4.50	0.90	1.52	98.48
N° 40	0.425	10.80	2.16	3.68	96.32
N° 60	0.250	27.70	5.54	9.22	90.78
N° 100	0.150	67.50	13.50	22.72	77.28
N° 140	0.106	52.60	10.52	33.24	66.76
N° 200	0.075	40.80	8.16	41.40	58.60
< N° 200	FONDO	293.00	58.60	100.00	0.00
		500.0	100.0		

En la tabla 8 se muestran los porcentajes pasantes que tiene el material de suelo natural, teniendo que el porcentaje pasante por el tamiz N° 200 es mayor al 35%, se considera que la muestra es un suelo fino, de características arcillosas, con un porcentaje de arena del 41%, y la ausencia de material grava.

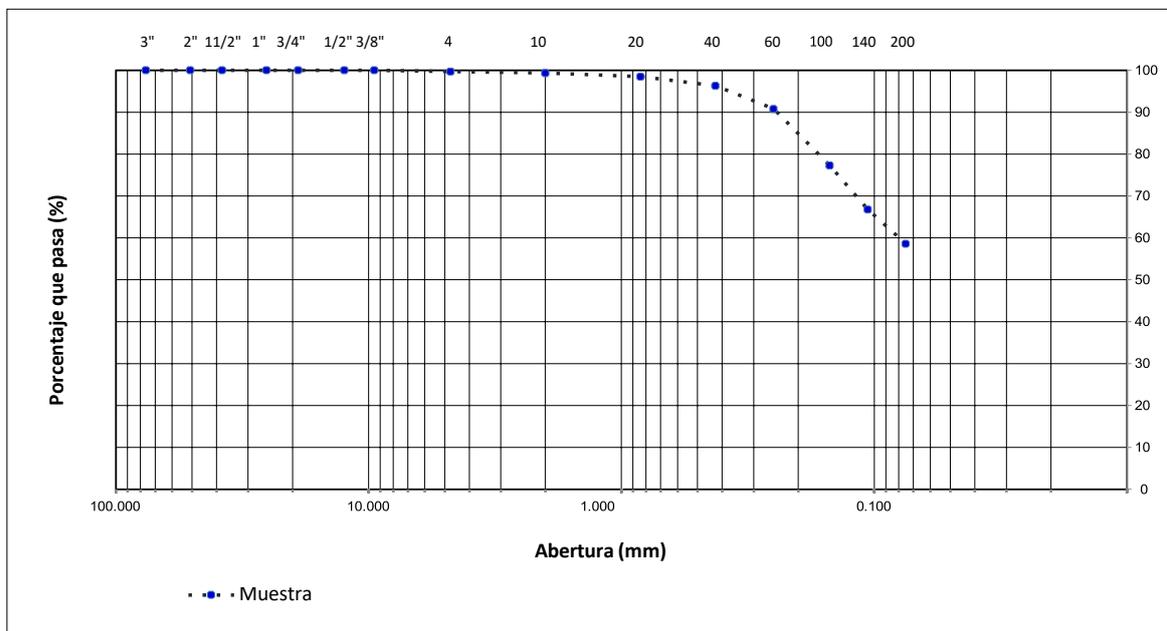


Gráfico 01. Curva granulométrica del suelo natural del km 70+350.

Fuente. Certificados de laboratorio.

En el gráfico 01 se muestra la curva granulométrica del material de suelo natural del km 70+350 donde se muestra que se carece de material grueso y/o grava, por lo que este suelo es susceptible a saturaciones y retenciones de líquido excesivo, reduciendo la capacidad de soporte del suelo.

La clasificación del suelo según SUCS es un material CL (arcilla de baja plasticidad) y en la clasificación AASHTO, dado que el porcentaje pasante del tamiz N° 200 es más del 35%, con un límite líquido del 19%, un límite plástico del 16% y un índice de grupo de 8% el material es un A-4, lo que indica que es un material de suelo natural limoso moderadamente plástico de aceptación regular.

Tabla 9. Tamizado de muestra del km 70+850

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
			0.00	0.00	100.00
3"	76.200		0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	3.80	0.76	0.76	99.24
Nº 10	2.000	2.10	0.42	1.18	98.82
Nº 20	0.840	8.90	1.78	2.96	97.04
Nº 40	0.425	5.20	1.04	4.00	96.00
Nº 60	0.250	25.70	5.14	9.13	90.87
Nº 100	0.150	71.20	14.23	23.36	76.64
Nº 140	0.106	54.00	10.79	34.15	65.85
Nº 200	0.075	41.50	8.29	42.45	57.55
< Nº 200	FONDO	288.00	57.55	100.00	0.00
		500.4	100.0		

Fuente. Certificados de laboratorio

En la tabla 9 se muestran los porcentajes pasantes que tiene el material de suelo natural, teniendo una cantidad de (57.55%) representando un porcentaje pasante por el tamiz Nº 200 es mayor al 35%, se considera que la muestra es un suelo fino, de características arcillosas, con un porcentaje de arena del 42.25%, y la ausencia de material grava.

En el grafico 02 se muestra la curva granulométrica del material de suelo natural del km 70+850 donde se muestra que se carece de material grueso y/o grava, por lo que este suelo es susceptible a saturaciones y retenciones de líquido excesivo, reduciendo la capacidad de soporte del suelo.

La clasificación del suelo según SUCS es un material CL (arcilla de baja plasticidad) y en la clasificación AASHTO, dado que el porcentaje pasante del tamiz Nº 200 es más del 35%, con un límite líquido del 18%, un índice plástico del 4%, el material es un A-4, lo que indica que es un material de suelo natural limoso moderadamente plástico de aceptación regular.

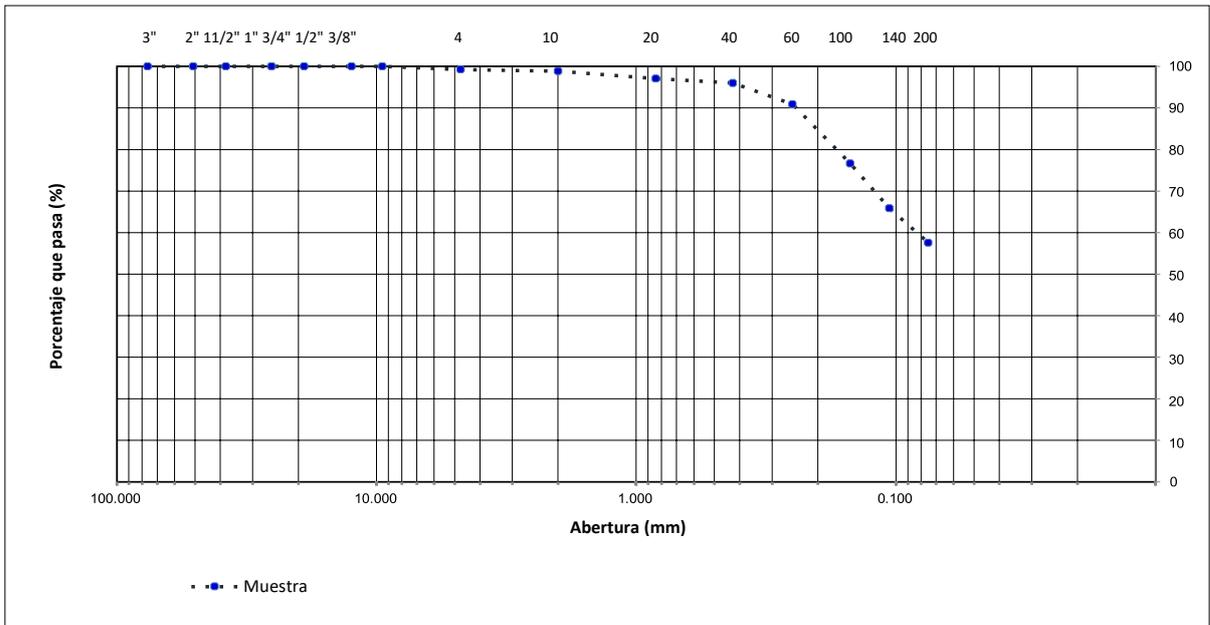


Gráfico 2. Curva granulométrica del suelo natural del km 70+850.

Fuente. Certificados de laboratorio

Tabla 10. Tamizado de muestra del km 71.350

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
			0.00	0.00	100.00
3"	76.200		0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
⅜"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	3.60	0.67	0.67	99.33
Nº 10	2.000	5.10	0.95	1.62	98.38
Nº 20	0.840	6.30	1.17	2.79	97.21
Nº 40	0.425	15.40	2.86	5.65	94.35
Nº 60	0.250	25.60	4.76	10.42	89.58
Nº 100	0.150	79.20	14.73	25.15	74.85
Nº 140	0.106	51.00	9.49	34.64	65.36
Nº 200	0.075	69.10	12.85	47.49	52.51
< Nº 200	FONDO	282.30	52.51	100.00	0.00
		537.6	100.0		

Fuente. Certificados de laboratorio

En la tabla 10 se muestran los porcentajes pasantes que tiene el material de suelo natural, teniendo una cantidad de (52.51%) representando un porcentaje pasante por el tamiz Nº 200 es mayor al 35%, se considera que la muestra es un suelo fino,

de características arcillosas, con un porcentaje de arena del 47.49%, y la ausencia de material grava.

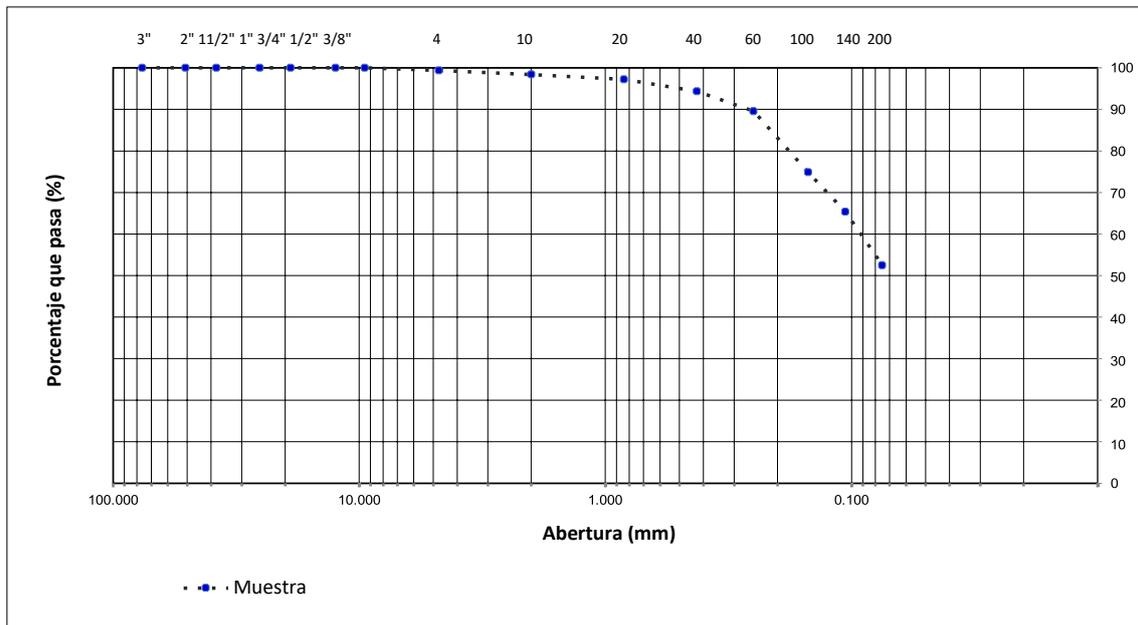


Gráfico 3. Curva granulométrica del suelo natural del km 71+350

Fuente. Certificados de laboratorio

En el gráfico 03 se muestra la curva granulométrica del material de suelo natural del km 71+350 donde se muestra que se carece de material grueso y/o grava, por lo que este suelo es susceptible a saturaciones y retenciones de líquido excesivo, reduciendo la capacidad de soporte del suelo.

La clasificación del suelo según SUCS es un material CL (arcilla de baja plasticidad) y en la clasificación AASHTO, dado que el porcentaje pasante del tamiz N° 200 es más del 35%, con un límite líquido del 16%, un índice plástico del 4%, el material es un A-4, lo que indica que es un material de suelo natural limoso moderadamente plástico de aceptación regular.

Capacidad de Soporte California

En la presente etapa se muestran los resultados obtenidos tras la evaluación de la capacidad de soporte californiana del suelo ubicado en las progresivas del km 70+350, km 70+850 y km 71+350.

Tabla 11. % de penetración para un suelo de 0.1" del suelo patrón

Descripción	Suelo patrón			
	70+350	70+850	71+350	Promedio
CBR al 100% de la MDS	6.500	5.700	5.300	5.833
CBR al 98% de la MDS	6.000	4.900	4.200	5.033
CBR al 95% de la MDS	5.100	4.000	2.900	4.000

Fuente. Resultados de laboratorio.

En la tabla 11, se aprecia los valores efectuados para una penetración de 0.1" desarrollado en las progresivas (km 70+350, 70+850 y 71+350), en la cual se llegó a valores promedio de 4.000% para un CBR al 95% respecto a la MDS, 5.033% para un CBR al 98% respecto de la MDS, 5.833% para un CBR al 100% de la MDS, demostraron que el suelo no cuenta con las características pertinentes para la conformación de una subrasante, ya que dentro de las normas se contempla que el CBR debe ser mayor a 6%.

Tabla 12. % de penetración para un suelo de 0.1" suelo patrón + 5% de bischofita

Descripción	Suelo patrón + 5% bischofita			
	70+350	70+850	71+350	Promedio
CBR al 100% de la MDS	12.600	12.900	12.700	12.733
CBR al 98% de la MDS	11.200	10.700	11.000	10.967
CBR al 95% de la MDS	8.600	8.300	8.800	8.567

Fuente. Resultados de laboratorio

En la tabla 12, se aprecia los valores efectuados para una penetración de 0.1" desarrollado en las progresivas (km 70+350, 70+850 y 71+350), en la cual se llegó a valores promedio de 8.567% para un CBR al 95% respecto a la MDS, 10.967% para un CBR al 98% respecto de la MDS, 12.733% para un CBR al 100% de la MDS, demostraron que la aplicación de la bischofita a la cantidad del 5% influye significativamente en el CBR demostrando un aumento de más del 118.29% en relación a la muestra patrón, siendo optimo la aplicación de la bischofita.

Tabla 13. % de penetración para un suelo de 0.1" suelo patrón +7% de bischofita

Descripción	Patrón + 7% bischofita			
	70+350	70+850	71+350	Promedio
CBR al 100% de la MDS	13.800	14.200	14.000	14.000
CBR al 98% de la MDS	11.900	11.400	12.300	11.867
CBR al 95% de la MDS	8.400	8.100	9.500	8.667

Fuente. Resultados de laboratorio

En la tabla 13, se aprecia los valores efectuados para una penetración de 0.1” desarrollado en las progresivas (km 70+350, 70+850 y 71+350), en la cual se llegó a valores promedio de 8.667% para un CBR al 95% respecto a la MDS, 11.867% para un CBR al 98% respecto de la MDS, 14.000% para un CBR al 100% de la MDS, demostraron que la aplicación de la bischofita a la cantidad del 7% influye significativamente en el CBR demostrando un aumento de más del 140.00% en relación a la muestra patrón, siendo optimo la aplicación de la bischofita.

Tabla 14. % de penetración para un suelo de 0.1” suelo patrón + 9% de bischofita

Descripción	Patrón + 9% bischofita			
	70+350	70+850	71+350	Promedio
CBR al 100% de la MDS	12.800	13.400	12.600	12.933
CBR al 98% de la MDS	12.200	11.900	11.700	11.933
CBR al 95% de la MDS	10.400	10.700	10.600	10.567

Fuente. Resultados de laboratorio

En la tabla 14, se aprecia los valores efectuados para una penetración de 0.1” desarrollado en las progresivas (km 70+350, 70+850 y 71+350), en la cual se llegó a valores promedio de 10.567% para un CBR al 95% respecto a la MDS, 11.933% para un CBR al 98% respecto de la MDS, 12.933% para un CBR al 100% de la MDS, demostraron que la aplicación de la bischofita a la cantidad del 9% influye significativamente en el CBR demostrando un aumento de más del 121.72% en relación a la muestra patrón, siendo optimo la aplicación de la bischofita.

En el grafico 4, se aprecia la influencia de la bischofita sobre el suelo patrón, demostraron que originariamente el valor del CBR al 100% de la MDS es de 5.833%, en cuanto a la incorporación del material bischofita al 5% se presencié un incremento de más del 100% dotando un valor del 12.733%, al incorporar el 7% de bischofita se presencié un incremento mucho mayor dotando de un valor de 14.000%, al incorporar el 9% de bischofita se presencié un leve descenso a comparación del 7%, originando un valor de 12.933%, demostraron que la aplicación de bischofita sobre el CBR tiene mucho mejores resultados con la incorporación del 7%.

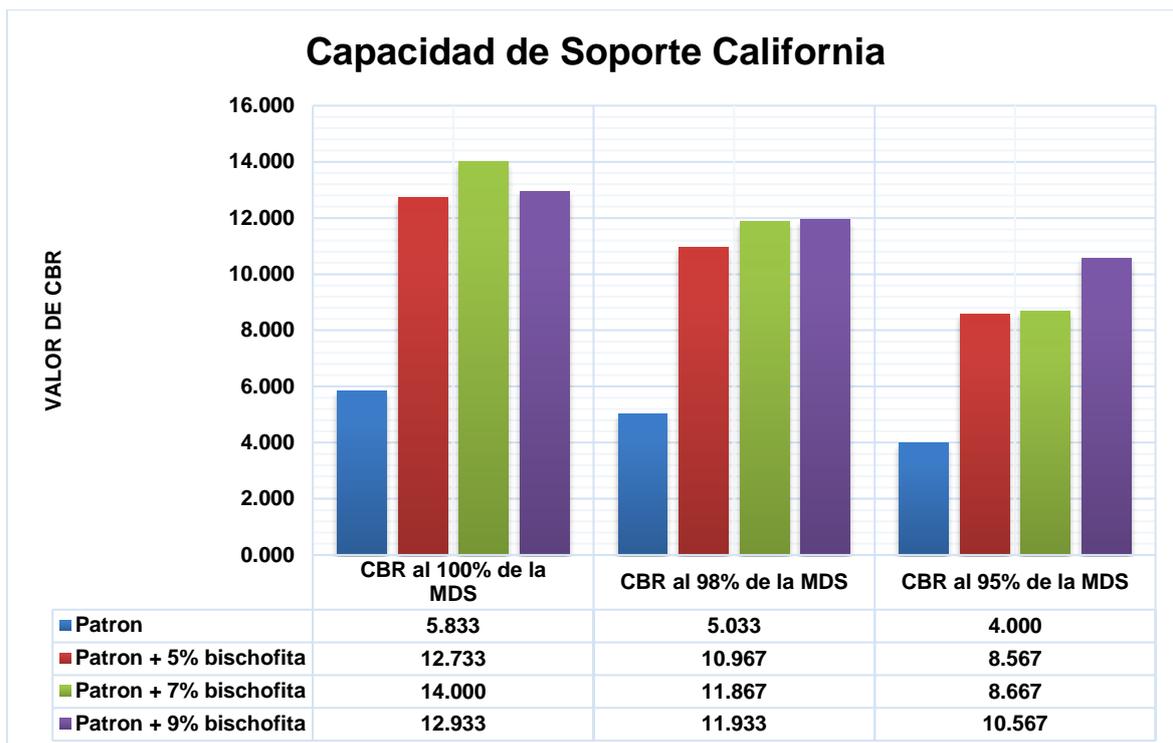


Gráfico 4. Resumen de capacidad de soporte califonia

Proctor Modificado

Tabla 15. Datos de Proctor Modificado suelo patrón

Descripción	Suelo natural			
	70+350	70+850	71+350	Promedio
Máxima densidad seca	1.820	1.810	1.820	1.817
Óptimo contenido de humedad	12.700	12.900	12.400	12.667

Fuente. Resultados de laboratorio

En tabla 15, se aprecian los datos determinados tras la evaluación del ensayo Proctor Modificado para un suelo natural, en la cual se determinó que para llegar a la máxima densidad seca (1.817 g/cm^3), es necesario contar con un óptimo contenido de humedad de 12.667%.

Tabla 16. Datos de Proctor Modificado suelo patrón + 5% de bischofita

Descripción	Suelo natural + 5% bischofita			
	70+350	70+850	71+350	Promedio
Máxima densidad seca	1.840	1.840	1.850	1.843
Óptimo contenido de humedad	11.900	11.500	11.700	11.700

Fuente. Resultados de laboratorio

En tabla 16, se aprecian los datos determinados tras la evaluación del ensayo Proctor Modificado para un suelo natural + 5% de bischofita, en la cual se determinó que para llegar a la máxima densidad seca (1.843 gr/cm³), es necesario contar con un óptimo contenido de humedad de 11.700%.

Tabla 17. Datos de Proctor Modificado suelo patrón + 7% de bischofita

Descripción	Patrón + 7% bischofita			
	70+350	70+850	71+350	Promedio
Máxima densidad seca	1.870	1.860	1.870	1.867
Óptimo contenido de humedad	11.600	11.500	11.700	11.600

Fuente. Resultados de laboratorio

En tabla 17, se aprecian los datos determinados tras la evaluación del ensayo Proctor Modificado para un suelo natural + 7% de bischofita, en la cual se determinó que para llegar a la máxima densidad seca (1.867 g/cm³), es necesario contar con un óptimo contenido de humedad de 11.600%.

Tabla 18. Datos de Proctor Modificado suelo patrón + 9% de bischofita

Descripción	Patrón + 9% bischofita			
	70+350	70+850	71+350	Promedio
Máxima densidad seca	1.890	1.900	1.900	1.897
Óptimo contenido de humedad	9.700	9.600	9.900	9.733

Fuente. Resultados de laboratorio

En tabla 18, se aprecian los datos determinados tras la evaluación del ensayo Proctor Modificado para un suelo natural + 9% de bischofita, en la cual se determinó que para llegar a la máxima densidad seca (1.897 g/cm³), es necesario contar con un óptimo contenido de humedad de 9.733%.

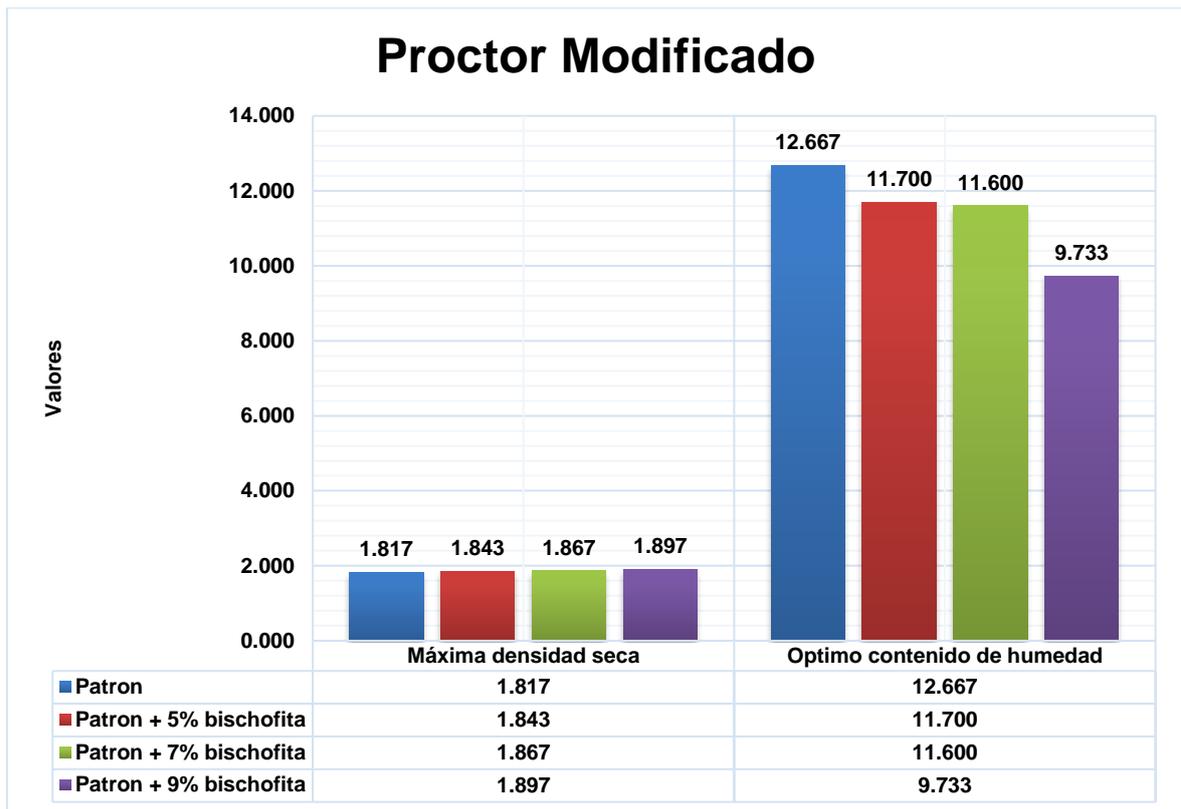


Gráfico 5. Resumen de la MDS y OCH

Fuente. Resultados de laboratorio

En el gráfico 5, se puede apreciar la variación de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, para un suelo natural se presencia que para llegar a una máxima densidad de 1.817 g/cm^3 , es necesario contar con un óptimo contenido de humedad de 12.667%, definiendo que la incorporación progresiva de bischofita afecta positivamente en el contenido óptimo de humedad, siendo la más influyente la incorporación del 9% de este material, el cual llega a valores del 9.733% de humedad, para contar con una máxima densidad seca del 1.897%.

Límites de consistencia

Los límites de consistencia muestran la capacidad que posee un suelo para resistir a la fragmentación mediante la incorporación de humedad, mostrando los límites de plasticidad de un suelo.

Tabla 19. Límites de consistencia del suelo natural

Descripción	Suelo natural		
	70+350	70+850	71+350
LL	19.000	18.000	16.000
LP	16.000	14.000	12.000
IP	3.000	4.000	4.000

Fuente. Resultados de laboratorio

En la tabla 19, se puede apreciar que el límite líquido dado por la tendencia lineal de las humedades, se ubica en la gráfica del punto de 25 golpes y donde intercepte con la línea tendencia, ese es el valor de límite líquido del suelo, en este caso para las progresivas (70+350, 70+850 y 71+650) se obtuvieron límites líquidos de (18.71%, 18.32% y 16.45%) respectivamente, en cuanto al índice de plasticidad se obtuvieron los siguientes valores (3%, 4% y 4%).

Tabla 20. Límites de consistencia del suelo natural + 5% bischofita

Descripción	Suelo natural + 5% bischofita		
	70+350	70+850	71+350
LL	21.000	19.000	20.000
LP	17.000	13.000	14.000
IP	4.000	6.000	6.000

Fuente. Resultados de laboratorio

En la tabla 20, se puede apreciar que el límite líquido dado por la tendencia lineal de las humedades, se ubica en la gráfica del punto de 25 golpes y donde intercepte con la línea tendencia, ese es el valor de límite líquido del suelo, en este caso para las progresivas (70+350, 70+850 y 71+650) se obtuvieron límites líquidos de (21.10%, 19.33% y 20.38%) respectivamente, en cuanto al índice de plasticidad se obtuvieron los siguientes valores (4%, 6% y 6%).

Tabla 21. Límites de consistencia del suelo + 7% de bischofita

Descripción	Suelo natural + 7% de bischofita		
	70+350	70+850	71+350
LL	23.000	18.000	18.000
LP	17.000	13.000	14.000
IP	6.000	5.000	4.000

Fuente. Resultados de laboratorio.

En la tabla 21, se puede apreciar que el límite líquido dado por la tendencia lineal de las humedades, se ubica en la gráfica del punto de 25 golpes y donde intercepte con la línea tendencia, ese es el valor de límite líquido del suelo, en este caso para las progresivas (70+350, 70+850 y 71+650) se obtuvieron límites líquidos de (23.35%, 18.22% y 18.29%) respectivamente, en cuanto al índice de plasticidad se obtuvieron los siguientes valores (6%, 5% y 4%).

Tabla 22. Límites de consistencia del suelo + 9% de bischofita

Descripción	Suelo natural + 9% de bischofita		
	70+350	70+850	71+350
LL	20.000	20.000	19.000
LP	16.000	14.000	13.000
IP	4.000	6.000	6.000

Fuente. Resultados de laboratorio

En la tabla 22, se puede apreciar que el límite líquido dado por la tendencia lineal de las humedades, se ubica en la gráfica del punto de 25 golpes y donde intercepte con la línea tendencia, ese es el valor de límite líquido del suelo, en este caso para las progresivas (70+350, 70+850 y 71+650) se obtuvieron límites líquidos de (20.43%, 20.45% y 19.37%) respectivamente, en cuanto al índice de plasticidad se obtuvieron los siguientes valores (4%, 6% y 6%).

Prueba estadística

Para llevar a cabo el análisis estadístico se tomaron en cuenta los siguientes criterios para seleccionar la prueba estadística para la contratación de hipótesis los cuales se detallan en la tabla 23.

Tabla 23. Criterios para seleccionar prueba estadística

CRITERIOS	
Tipo de estudio	Aplicativo
Nivel de estudio	Explicativo
Diseño de estudio	Experimental
Tipo de variable	Variable Numérica
Comportamiento de datos	Valores finales

Tomando en cuenta los criterios de la tabla 23 se dedujo que se usará la prueba estadística de análisis de varianza (ANOVA), los datos serán procesados mediante

el software Microsoft Excel y el Statistical Package for Social Sciences (SPSS). El reporte del software SPSS serán detallados dentro de los anexos 5, 6 y 7.

Planteamiento de Hipótesis

H₀: No existe variación estadística en las medias de los grupos

H₁: Existe variación estadística en las medias de los grupos

Nivel de significancia

El nivel de significancia será de 5% puesto que es un valor que se utiliza comúnmente.

Lectura del P-valor y toma de decisión

P-valor $\geq \alpha$ (Se acepta H₀)

P-valor $< \alpha$ (Se acepta H₁)

Prueba estadística para los resultados de CBR

Para realizar las pruebas estadísticas paramétricas, en este caso el análisis de varianza (ANOVA) se comprobaron si existe una distribución normal, a través de las pruebas de normalidad, tomando como punto de partida si se cuentan con datos menores a 50 el análisis se realiza con la prueba de Shapiro Wilk.

En la prueba estadística Análisis de Varianza como primer paso se comprueba si tiene distribución normal mediante las pruebas de normalidad, en este caso se analiza con la prueba de Shapiro Wilk porque se cuenta con menores a 50 datos, como se aprecia en la tabla 24.

Tabla 24. Prueba de Normalidad

Pruebas de normalidad							
	Descripción	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR	SN+0% B	0,253	3	.	0,964	3	0,637
	SN+5% B	0,253	3	.	0,964	3	0,637
	SN+7% B	0,175	3	.	1,000	3	1,000
	SN+9% B	0,292	3	.	0,923	3	0,463

En la tabla 24 se aprecian que los valores de significancia (p-valor) son mayores a 0.05 (α), por consiguiente, tienen una distribución normal, esto indica que se puede utilizar la prueba paramétrica Análisis de Varianzas (ANOVA).

En la tabla 25 se detallan las características de las variables.

Tabla 25. Descripción de las variables

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
SN+0% B	3	5,8333	,61101	,35277	4,3155	7,3512	5,30	6,50
SN+5% B	3	12,7333	,15275	,08819	12,3539	13,1128	12,60	12,90
SN+7% B	3	14,0000	,20000	,11547	13,5032	14,4968	13,80	14,20
SN+9% B	3	12,9333	,41633	,24037	11,8991	13,9676	12,60	13,40
Total	12	11,3750	3,3957	,98027	9,2174	13,5326	5,30	14,20

Luego de poseer todos los datos se realiza la prueba paramétrica de análisis de varianza como se detalla en la tabla 26.

Tabla 26. Prueba de ANOVA

ANOVA					
CBR					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	125,623	3	41,874	274,585	0,000
Dentro de grupos	1,220	8	0,153		
Total	126,843	11			

En la tabla 26 se puede apreciar que el p-valor es de 0.000 que es menor a 0.05 (α), por lo cual se acepta la hipótesis del investigador (H_1), que indica que las medias del grupo patrón y de los grupos experimentales son diferentes, es decir existe una varianza estadística significativa.

Para comprobar que existe una diferencia significativa se realiza una post prueba (post-hoc), la cual se denomina la prueba de Tukey (Tabla 27 y 28).

Tabla 27. Comparación múltiple de cada uno de los resultados de CBR

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: CBR						
HSD Tukey						
(I) Descripción	(J) Descripción	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
SN+0% B	SN+5% B	-6,90000*	0,31885	0,000	-7,9211	-5,8789
	SN+7% B	-8,16667*	0,31885	0,000	-9,1877	-7,1456
	SN+9% B	-7,10000*	0,31885	0,000	-8,1211	-6,0789
SN+5% B	SN+0% B	6,90000*	0,31885	0,000	5,8789	7,9211
	SN+7% B	-1,26667*	0,31885	0,017	-2,2877	-0,2456
	SN+9% B	-0,20000	0,31885	0,920	-1,2211	0,8211
SN+7% B	SN+0% B	8,16667*	0,31885	0,000	7,1456	9,1877
	SN+5% B	1,26667*	0,31885	0,017	0,2456	2,2877
	SN+9% B	1,06667*	0,31885	0,041	0,0456	2,0877
SN+9% B	SN+0% B	7,10000*	0,31885	0,000	6,0789	8,1211
	SN+5% B	0,20000	0,31885	0,920	-0,8211	1,2211
	SN+7% B	-1,06667*	0,31885	0,041	-2,0877	-0,0456

Según los datos de la tabla 27 la mayoría de valores son menores a 0.05 (α), esto quiere decir que existe diferencias significativas, por lo tanto, la media de los grupos no es igual.

Tabla 28. Sub conjuntos de Tukey

CBR				
HSD Tukey ^a				
DESCRIPCIÓN	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
SN+0% B	3	5,8333		
SN+5% B	3		12,7333	
SN+9% B	3		12,9333	
SN+7% B	3			14,0000
Sig.		1,000	,920	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.				

Según la tabla 28 existe diferencias significativas en todos los grupos, ya que el grupo patrón y los grupos experimentales se encuentran ubicadas en distintas columnas.

Prueba estadística para los resultados de contenido óptimo de humedad

Para realizar las pruebas estadísticas paramétricas, en este caso el análisis de varianza (ANOVA) se comprueba si existe una distribución normal, a través de las

pruebas de normalidad, debido a que se cuentan con datos menores a 50 el análisis se realiza con la prueba de Shapiro Wilk

En la prueba estadística Análisis de Varianza como primer paso se comprueba si tiene distribución normal mediante las pruebas de normalidad, en este caso se analiza con la prueba de Shapiro Wilk porque se cuenta con menores a 50 datos, como se aprecia en la tabla 29.

Tabla 29. Prueba de Normalidad

Pruebas de normalidad							
CHO	Descripción	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
	SN+0% B	0,219	3	.	0,987	3	0,780
SN+5% B	0,175	3	.	1,000	3	1,000	
SN+7% B	0,175	3	.	1,000	3	1,000	
SN+9% B	0,253	3	.	0,964	3	0,637	

En la tabla 29 se aprecian que los valores de significancia (p-valor) son mayores a 0.05 (α), por consiguiente, tienen una distribución normal, esto indica que se puede utilizar la prueba paramétrica Análisis de Varianza (ANOVA).

En la tabla 30 se detallan las características de las variables.

Tabla 30. Descripción de las variables

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite sup.		
SN+0% B	3	12,6667	,25166	,14530	12,0415	13,2918	12,40	12,70
SN+5% B	3	11,7000	,20000	,11547	11,2032	12,1968	11,50	11,90
SN+7% B	3	11,6000	,10000	,05774	11,3516	11,8484	11,50	11,70
SN+9% B	3	9,7333	,15275	,08819	9,3539	10,1128	9,60	9,90
Total	12	11,4250	1,1201	,32336	10,7133	12,1367		

Luego de poseer todos los datos se realiza la prueba paramétrica de análisis de varianza como se detalla en la tabla 31.

Tabla 31. Prueba de Análisis de varianza

ANOVA					
Contenido de Humedad Óptimo					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13,529	3	4,510	131,992	0,000
Dentro de grupos	0,273	8	0,034		
Total	13,802	11			

En la tabla 31 se puede apreciar que el p-valor es de 0.000 que es menor a 0.05 (α), por lo cual se acepta la hipótesis del investigador (H_1), que indica que las medias del grupo patrón y de los grupos experimentales son diferentes, es decir existe una varianza estadística significativa.

Para comprobar que existe una diferencia significativa se realiza una post prueba (post-hoc), la cual se denomina la prueba de Tukey (Tabla 32 y 33).

Tabla 32. Comparación múltiple de cada uno de los resultados de CHO

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Contenido de Humedad Óptimo						
HSD Tukey						
(I) Descripción	(J) Descripción	Dif. de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
SN+0% B	SN+5% B	0,96667*	,15092	,001	0,4834	1,4500
	SN+7% B	1,06667*	,15092	,000	0,5834	1,5500
	SN+9% B	2,93333*	,15092	,000	2,4500	-0,4834
SN+5% B	SN+0% B	-0,96667*	,15092	,001	-1,4500	0,5833
	SN+7% B	0,10000	,15092	,908	-0,3833	2,4500
	SN+9% B	1,96667*	,15092	,000	1,4834	-0,5834
SN+7% B	SN+0% B	-1,06667*	,15092	,000	-1,5500	2,4500
	SN+5% B	-0,10000	,15092	,908	-0,5833	-0,5834
	SN+9% B	1,86667*	,15092	,000	1,3834	0,3883
SN+9% B	SN+0% B	-2,93333*	,15092	,000	-3,4166	2,3500
	SN+5% B	-1,96667*	,15092	,000	-2,4500	-1,4834
	SN+7% B	-1,86667*	,15092	,000	-2,3500	-1,3834

Según los datos de la tabla 32 la mayoría de valores son menores a 0.05 (α), esto quiere decir que existe diferencias significativas, por lo tanto, la media de los grupos no es igual.

Tabla 33. Sub conjuntos de Tukey

CHO				
HSD Tukey ^a				
Descripción	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
SN+9% B	3	9,7333		
SN+7% B	3		11,6000	
SN+5% B	3		11,7000	
SN+0% B	3			12,6667
Sig.		1,000	0,908	1,000

Según la tabla 33 existe diferencias significativas en todos los grupos, ya que el grupo patrón y los grupos experimentales se encuentran ubicadas en distintas columnas.

Prueba estadística para los resultados de índice de plasticidad

Para realizar las pruebas estadísticas paramétricas, en este caso el análisis de varianza (ANOVA) se comprueba si existe una distribución normal, a través de las pruebas de normalidad, debido a que se cuentan con datos menores a 50 el análisis se realiza con la prueba de Shapiro Wilk.

En la prueba estadística Análisis de Varianza como primer paso se comprueba si tiene distribución normal mediante las pruebas de normalidad, en este caso se analiza con la prueba de Shapiro Wilk porque se cuenta con menores a 50 datos, como se aprecia en la tabla 34.

Tabla 34. Prueba de Normalidad

Pruebas de normalidad							
Ip	Descripción	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	SN+0% B	0,272	3	.	0,946	3	0,552
	SN+5% B	0,359	3	.	0,810	3	0,138
	SN+7% B	0,303	3	.	0,909	3	0,416
	SN+9% B	0,362	3	.	0,804	3	0,124

En la tabla 34 se aprecian que los valores de significancia (p-valor) son mayores a 0.05 (α), por consiguiente, tienen una distribución normal, esto indica que se puede utilizar la prueba paramétrica Análisis de Varianzas (ANOVA).

En la tabla 35 se detallan las características de las variables.

Tabla 35. Descripción de las variables

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite sup.		
SN+0% B	3	3,8033	0,80711	0,46599	1,7984	5,8083	2,91	4,48
SN+5% B	3	5,4300	1,52817	0,88229	1,6338	9,2262	3,67	6,42
SN+7% B	3	5,0600	0,94905	0,54794	2,7024	7,4176	4,32	6,13
SN+9% B	3	5,5000	1,31046	0,75659	2,2446	8,7554	3,99	6,34
Total	12	4,9483	1,23542	0,35664	4,1634	5,7333	2,91	6,42

Luego de poseer todos los datos se realiza la prueba paramétrica de análisis de varianza como se detalla en la tabla 35.

Tabla 36. Prueba de Análisis de varianza

ANOVA					
Índice de Plasticidad					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5,580	3	1,860	1,327	0,332
Dentro de grupos	11,209	8	1,401		
Total	16,789	11			

En la tabla 36 se puede apreciar que el p-valor es de 0.332 que es mayor a 0.05 (α), por lo cual se acepta la hipótesis nula (H_0), que indica no existe una varianza estadística significativa entre el grupo patrón y los grupos experimentales.

Para comprobar que no existe una diferencia significativa se realiza una post prueba (post-hoc), la cual se denomina la prueba de Tukey (Tabla 37 y 38).

Tabla 37. Comparación múltiple de los resultados de índice de plasticidad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Índice de plasticidad						
HSD Tukey						
(I) Descripción	(J) Descripción	Dif. de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
SN+0% B	SN+5% B	-1,62667	,96650	,391	-4,7217	1,4684
	SN+7% B	-1,25667	,96650	,588	-4,3517	1,8384
	SN+9% B	-1,69667	,96650	,359	-4,7917	1,3984
SN+5% B	SN+0% B	1,62667	,96650	,391	-1,4684	4,7217
	SN+7% B	0,37000	,96650	,980	-2,7251	3,4651
	SN+9% B	-0,07000	,96650	1,000	-3,1651	3,0251
SN+7% B	SN+0% B	1,25667	,96650	,588	-1,8384	4,3517
	SN+5% B	-0,37000	,96650	,980	-3,4651	2,7251
	SN+9% B	-0,44000	,96650	,967	-3,5351	2,6551
SN+9% B	SN+0% B	1,69667	,96650	,359	-1,3984	4,7917
	SN+5% B	0,07000	,96650	1,000	-3,0251	3,1651
	SN+7% B	0,44000	,96650	,967	-2,6551	3,5351

Según los datos de la tabla 37, la mayoría de valores son mayores a 0.05 (α), esto quiere decir que no existe diferencias significativas, por lo tanto, la media estándar de los grupos guarda relación estadísticamente.

Tabla 38. *Sub conjuntos de Tukey*

Índice de Plasticidad		
HSD Tukey ^a		
Descripción	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
SN+0% B	3	3,8033
SN+7% B	3	5,0600
SN+5% B	3	5,4300
SN+9% B	3	5,5000
Sig.		0,3590

Según la tabla 38, no existe diferencias significativas en todos los grupos, ya que el grupo patrón y los grupos experimentales se encuentran ubicadas en la misma columna.

V. DISCUSIÓN

Discusión N° 01

Según los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio (límites de consistencia, análisis granulométrico, ensayo de Proctor Modificado y el Californian Bearing Ratio) se toma la hipótesis alterna que señala que la aplicación de cloruro de magnesio como alternativa natural incrementará la estabilización del suelo de la carretera Juliaca – Caminaca, resaltando la proporción de 7% de cloruro de magnesio respecto al peso del suelo.

Los datos obtenidos en la presente investigación guardan relación con lo que afirma Briones (2018), quienes adicionaron 5% de cloruro de magnesio a un suelo clasificado según SUCS como una arcilla de baja plasticidad (CL), incrementando así los valores de CBR en un 30.23% y el límite líquido en un 7.69%.

Para el caso del presente proyecto de investigación con la incorporación de 7% de cloruro de magnesio se logró un incremento en la capacidad de soporte de un 140.14% y un incremento del índice de plasticidad de 3% a 4% en un suelo clasificado también como una arcilla de baja plasticidad.

Discusión N° 02

Según los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio (ensayo de Proctor modificado y el Californian Bearing Ratio) se toma la hipótesis alterna que señala que una dosificación ideal reducirá el contenido de humedad óptimo aplicando el cloruro magnesio como alternativa natural. La correcta incorporación de cloruro de magnesio ayuda a reducir la cantidad de agua requerida para el proceso de compactación, gracias a esto se podrá reducir las horas máquina del camión cisterna, debido a la disminución del volumen de agua requerida para llegar al contenido de humedad óptimo para alcanzar el máximo valor de la densidad seca.

Los datos obtenidos en la presente investigación guardan relación con lo que afirma Coarita (2019), quienes adicionaron 5% de bischofita a un suelo clasificado según SUCS como una arcilla de baja plasticidad (CL), reduciendo así los valores del contenido óptimo de humedad de 10.30% a 8.80% tal como se aprecia en la tabla 39.

Tabla 39. Comparación de resultados obtenidos del Proctor modificado.

Concepto	Coarite (2019)		Datos obtenidos en la presente investigación	
	Suelo patrón	Bischofita al 5%	Suelo patrón	Bischofita al 9%
Contenido óptimo de humedad	10.30%	8.80%	12.67%	9.73%
Densidad seca máxima	2.02 g/cm ³	2.080 g/cm ³	1.82 g/cm ³	1.90 g/cm ³

Para el caso de la presente investigación con la incorporación de 9% de cloruro de magnesio se logró una reducción del contenido óptimo de humedad en un 24.23%. Gracias a la reducción del volumen de agua requerido para el proceso de compactación, también se reducen la cantidad de horas maquina necesitadas para la humectación del suelo a través del camión cisterna.

Discusión N° 03

De acuerdo a los datos que se obtuvieron con el ensayo de Californian Bearin Ratio se acepta la hipótesis alterna que señala que una proporción definida alcanzará mejores niveles de capacidad de soporte en el suelo aplicando el cloruro magnesio como alternativa natural la estabilización del suelo de la carretera Juliaca – Caminaca.

Los datos obtenidos en la presente investigación se correlacionan con lo que afirma Coarita (2019), quien adicionó 5% de cloruro de magnesio logrando incrementar la capacidad de soporte del suelo de 96.6% a 100.5%

Para el caso del presente proyecto de investigación con la incorporación de 7% de bischofita se logró un incremento en la capacidad de soporte de un 140.14% pasando así de una subrasante de categoría regular a ser una subrasante buena tal como se aprecia en la tabla 40.

Tabla 40. Comparación de resultados de CBR

Concepto	Coarite (2019)		Datos obtenidos en la presente investigación	
	Suelo patrón	Bischofita al 5%	Suelo patrón	Bischofita al 7%
Californian Bearing Ratio	96.5% (Excelente)	100.5% (Excelente)	5.83% (regular)	14% (Buena)

En el caso de la presente investigación con la adición de bischofita en un 7% se logró incrementar la capacidad de soporte del suelo de subrasante de la carretera Caminaca – Juliaca, el aumento del CBR se traduce en la reducción de espesores de las capas que componen el terraplén

Discusión N° 04

Según los datos obtenidos a través de los ensayos de límites de consistencia (límite líquido y límite plástico) se rechaza la hipótesis que indica una cantidad establecida logrará reducir el índice de plasticidad del suelo aplicando cloruro de magnesio como alternativa natural.

Los datos obtenidos provenientes del laboratorio de suelos guardan relación con lo que indica Briones (2018), quien adicionó 5% de cloruro de magnesio disminuyendo mínimamente los valores de índice de plasticidad de 11.99% a 11.36%.

Para el caso de la presente investigación con la incorporación de 9% de bischofita se observó un ligero incremento (la varianza no es significativa según la prueba estadística de ANOVA) en el índice de plasticidad de 3.8% a 5.5%, esto es una característica que no beneficia a la subrasante; para la aplicación de cloruro de magnesio en suelos de alta plasticidad se debe evaluar su uso.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1. Dando respuesta al objetivo general de la presente investigación se concluye que se incrementa la estabilización de suelos de la carretera Juliaca – Caminaca mediante la aplicación de cloruro de magnesio, debido a que los valores de sus parámetros físicos y mecánicos se incrementaron.

Conclusión 2. Según el objetivo específico 1, se concluye que la incorporación de cloruro de magnesio disminuye el contenido de humedad óptimo requerido para alcanzar la densidad seca máxima, esto se traduce en la reducción del volumen necesario de agua para el proceso de compactación.

Conclusión 3. Según el objetivo específico 2, se concluye que con la incorporación de cloruro de magnesio se logra alcanzar mejores niveles de capacidad de soporte, resaltando la adición de 7% de cloruro de magnesio que incrementa el CBR del suelo de subrasante de la carretera Juliaca - Caminaca de 5.83% a 14.00%.

Conclusión 4. De acuerdo al objetivo específico 3, se concluye que con la adición de cloruro de magnesio se incrementa los valores del índice de plasticidad esto es una característica que no beneficia a la subrasante; para la aplicación de cloruro de magnesio en suelos de alta plasticidad se debe evaluar su uso.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que para la aplicación de los resultados obtenidos en la presente investigación se tenga en cuenta las características del suelo de subrasante.

El cloruro de magnesio vendría a ser una solución para varias vías aun no pavimentadas, se recomienda una comparación técnica económica con otros aditivos con propiedades higroscópicas que eviten la polución que ayuden a contrarrestar la pérdida de finos que le restan consistencia al afirmado.

Por la inestabilidad de los taludes las cunetas se colmatan por lo que deberán mantenerse limpias por los menos antes de que empiecen las lluvias a fin de que las aguas pluvias escurran y se mitigue el daño a la infraestructura vial.

Se recomienda tener en cuenta el tipo de suelo, no sugiriéndose su uso en arcillas de alta plasticidad, debido a que la incorporación de cloruro de magnesio suele incrementar el índice de plasticidad, siendo esta una característica no beneficiosa para los parámetros físicos del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Tesis

ARAYA, Maria. Análisis comparativo para ejecución de estabilización de suelos, entre procesos tradicionales y el estabilizador de suelos soiltac. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, 2010.

Disponible en <https://bit.ly/34XY2YQ>

BRIONES, Alejandra. Influencia del cloruro de magnesio en comparación con el cloruro de calcio en la estabilización de suelos arcillosos para afirmados. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Privada el Norte, Facultad de Ingeniería, 2018.

Disponible en <https://bit.ly/3pteF8p>

CHAVEZ, Erick y OYOLA, Diomedes. Comparación del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de magnesio como estabilizante químico para mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, distrito de Pariñas – Talara – Piura, 2018. Tesis (Pregrado Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/2S9Xblf>

COARITA, Maryori. Estabilización con bischofita y sal en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada mo – 107 tramo emp.mo – 107 progresiva 21+560 – 52 +381 emp. Ta – 105 – Moquegua. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Tacna: Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3ipsZxe>

COCHACHIN, Royal. Estabilización y durabilidad de sub base usando la cantera de Challhua con adición con cloruro de magnesio en 2, 4 y 6% - Huaraz – 2017. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Huaraz: Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería, 2018.

Disponible en <https://bit.ly/3uUYrWE>

CUADROS, Claudia. Mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín

mediante la estabilización química con óxido de calcio 2016. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Peruana los Andes, Facultad de Ingeniería, 2017.

Disponible en <https://bit.ly/3w0HOKA>

GONGORA, Oscar, IRIARTE, Andrés y MENDOZA, José. Estabilización y mejoramiento de las características físicas y químicas de los suelos a partir de mezclas con cal y escombros de material de canales de riego. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, 2017.

Disponible en <https://bit.ly/2TSCtH7>

GUAMÁN, Israel. Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de magnesio). Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2016.

Disponible en <https://bit.ly/2RwVygZ>

HUANCOLLO, Yuniór. Mejoramiento del suelo arcilloso con ceniza volante y cal para su uso como pavimento a nivel de afirmado en la carretera desvío Huancané – Chupa – Puno. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2017.

Disponible en <https://bit.ly/3w5hMpi>

NIETO, Juan. Evaluación del uso de aditivos químicos no tradicionales como estabilizadores de suelos limosos para caminos productivos de bajo volumen de tránsito. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Valparaíso: Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Obras Civiles, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3ggQcif>

NOVOA, Lloni. Aplicación de geotextiles para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Carabayllo: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017.

Disponible en <https://bit.ly/3uVCDu5>

OREJÓN, Edward. Propuesta del mejoramiento de la subrasante de pavimentos flexibles usando químicos en suelos de bajo valor de soporte – distrito de Ahuac.

Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, 2018.

Disponible en <https://bit.ly/3cp8QU4>

PACHECO, Sofia. Aplicación del cloruro de calcio como material afirmado para mejorar la estabilización de la base en carreteras no pavimentadas. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Chiclayo: Universidad César Vallejo, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3geVwmg>

PARRA, Manuel. Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2018.

Disponible en <https://bit.ly/3uVglDa>

PEREZ, Werner y Torres, Johel. Estudio de la cal y el cloruro de magnesio como agentes estabilizadores de suelos arcillosos en propiedades como la resistencia y expansividad. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Bucaramanga: Universidad de Santander, Especialización Geotécnica Ambiental, 2015.

Disponible en <https://bit.ly/2T1yEPf>

PONCE, Daisy. Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha – Puyhuan Grande - Huancavelica. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, 2018.

Disponible en <https://bit.ly/34Uh6qW>

QUISPE, Waldir. Estabilización de subrasante de vías en suelos expansivos con cloruro de magnesio – Avenida Jacinto Ibarra, distrito de Chilca – Huancayo 2020. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, 2020.

Disponible en <https://bit.ly/3uVCJBX>

RAMOS, Gabriel. Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería, 2014.

Disponible en <https://bit.ly/3pyxSpg>

ROLDÁN, Jairon. Estabilización de suelos con cloruro de magnesio (NaCl) para bases y subbases. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010.

Disponible en <https://bit.ly/3uXXFrP>

TORRES, Werner y TORRES, Johel. Estudio de la cal y el cloruro de magnesio como agentes estabilizadores de suelos arcillosos en propiedades como la resistencia y expansividad. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Bucaramanga: Universidad de Santander, Especialización Geotécnica Ambiental, 2015.

Disponible en <https://bit.ly/3cl5H1Z>

ZEA, Norma. Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005.

Disponible en <https://bit.ly/3x2SxUP>

Revistas

ALARCÓN, J., JIMÉNEZ, M. y BENÍTEZ, R. Stabilization of soils through the use of oily sludge, Tunja: Revista de Investigación de Construcción, 35 (1): 5-20, 2020.

ISSN: 0718-5073

Disponible en <https://bit.ly/3gdr6kw>

BRAUER, Diego, GIUBERGIA, Andrea y GIL, Veronica. Evaluación de productos para el control de polvo ambiental en caminos mineros, San Luis: Revista de Minería y Geología, 35 (2): 165-182, 2019.

ISSN: 1993-8012

Disponible en <https://bit.ly/3puOi1K>

CAMACHO, Javier; REYES, Oscar y MÉNDEZ, Dolly. Ensayo de compactación giratorio en suelos como alternativa al ensayo de compactación proctor. Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina, (2): 67-81, 2007.

ISSN: 0124-8170

Disponible en <https://bit.ly/3ilb4HT>

CASTILLO, Julio. Derechos de propiedad en carreteras publicas, un saneamiento pendiente. Revista de Investigacion Universidad Pontificia Catolica del Peru, (14): 18-32, 2016.

Disponible en <https://bit.ly/3psUreW>

CHAVARRY, Carlos, FIGUEROA, Rosario y REYNAGA, Rossy. Estabilizacion quimica de capas granulares con cloruro de calcio para vias no pavimentadas. Revista de Investigacion Polo del Conocimiento, (46): 1-8, 2020.

ISSN: 2550-682X

Disponible en <https://bit.ly/3iuSYmZ>

DIAZ, Claudia, HERRERA, Cristina y PRADA, Katerin. Physical chemical properties of soils in relation to their structural formation, Cartagena: Revista de Investigacion e Innovacion en Ingenierias, 8 (1): 13-26, 2017.

Disponible en <https://bit.ly/3w10gml>

ESTABILIZACION quimica de capas granulares con cloruro de calcio para vias no pavimentadas por Aguirre Ana [et al]. Mexico: Revista de Investigacion Polo del Conocimiento, 12 (46): 1-8, Junio 2020.

Disponible en <https://bit.ly/34WzsaT>

ESTUDIO exploratorio de las propiedades fisicas de suelos y su relacion con los deslizamientos superficiales: cuenca del rio Maracay estado de Aragua Venezuela por Rios Maria [et al]. Venezuela: Revista de Investigacion Geografia Venezolana, 51 (2): 225-247, Enero 2020.

ISSN: 1012-1617

Disponible en <https://bit.ly/3v5BH69>

GARCÍA, Ricardo; FLÓREZ, Eder y MEDINA, Yurley. Caracterizacion fisica de las arcillas utilizadas en la fabricacion de productos de mamposteria para la construccion en Ocaña Norte Santander. Revista Espacios, (53): 1-17, 2018.

ISSN: 0798-1015

Disponible en <https://bit.ly/3iptVle>

HIGUERA, Carlos; Gomez, Jenny y Pardo, Óscar. Caracterizacion de un suelo arcilloso tratado con hidroxido de calcio. Revista de Investigacion Dialnet, (32):12-27, 2012.

ISSN: 0121-1129

Disponible en <https://bit.ly/3pzHiR9>

JUNCO, Juan. Estabilizacion de suelos mediante el empleo de sales cuaternarias. Revista de Arquitectura e Ingeniera, (3): 3-9, 2010.

ISSN: 1990-8830

Disponible en <https://bit.ly/3w1e6VJ>

LLANO, Eliana, RIOS, Diana y RESTREPO, Gloria. Evaluacion de tecnologias para la estabilizacion de suelos viales empleando intemperismo acelerado. Una estrategia de analisis de impactos sobre la biodiversidad, s.l: Revista de Investigacion TecnoLogicas, 23 (49): 185-199, 2020.

ISSN: 2256-5337

Disponible en <https://bit.ly/3g0ivTd>

LLIQUE, Rosa y GUERRERO, Ana. Influencia de la humedad de compactacion en el comportamiento volumetrico de los suelos arcillosos. Revista de Investigacion Ciencia y Tecnologia, 10 (4): 9-21, 2014.

ISSN: 2306-2002

Disponible en <https://bit.ly/2SfhvBu>

MORALES, Eduardo y PAILACURA, Carlo. Estudio del comportamiento de una carpeta de rodado estabilizado con cloruro de calcio. Revista de Investigacion Scielo, (27): 27-37, 2019.

ISSN: 0718-2813

Disponible en <https://bit.ly/3w4pwrH>

NATALIO, Llerla. Sostenibilidad de los suelos, Lima – Peru: Revista de Investigacion Universidad César Vallejo, 1 (3): 1-13, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3gwtSBB>

OJEDA, Farias, MENDOZA, Rangel y BALTAZAR, Zamora. Influencia de la inclusion de ceniza de bagazo de caña de azucar sobre la compactacion, CBR y resistencia a la compresion simple de un material granular tipo subrasante, Yucatan: Revista de Investigacion ALCONPAT, 8 (2): 194-208, 2020.

ISSN: 2007-6835

Disponible en <https://bit.ly/3x3yLIL>

OROBIO, Armando. Consideraciones para el diseño y construcción de vías en afirmados estabilizadas con cloruro de calcio. Revista DYNA, (165): 12-24, 2011.

ISSN: 0012-7353

Disponible en <https://bit.ly/3psU4B4>

PICCASO, Gino y Sun, Maria. Aplicaciones tecnológicas de las arcillas modificadas. Revista de la Sociedad Química del Perú, (1):1-14, 2008.

ISSN: 1810-634X

Disponible en <https://bit.ly/3pvXhjb>

PINO, Juan y TEJEDA, Eduardo. Consideraciones acerca de la actividad de las arcillas en la estabilización de suelos con sales cuaternarias de amonio. Revista de Arquitectura e Ingeniería, (3): 1-12, 2013.

ISSN: 1990-8830

Disponible en <https://bit.ly/3vWt2o1>

PRADERNA, M., MERY, J. NOVOA, E. Unpaved roads stabilization and maintenance under ice-snow conditions in mountain areas, Chile: Revista de Investigación de Construcción, 9 (2): 97-107, 2014.

Disponible en <https://bit.ly/3gl2hTP>

REYES, Oscar, CAMACHO, Javier y TRONCOSO, Juan. Uso de cloruro de magnesio en bases granulares, 16 (1): 63-71, 2006.

Disponible en <https://bit.ly/2Sis0E7>

RODRÍGUEZ, Mario y HIDALGO, César. Comportamiento de suelos residuales de diorita estabilizados con cal y su evolución en el tiempo. Revista Ingenierías de la Universidad de Medellín, (6): 111-122, 2005.

ISSN: 1692-3324

Disponible en <https://bit.ly/3ipgrpm>

SANDOVAL, Eimar y RIVERA, William. Correlación del CBR con la resistencia a la compresión confinada. Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina, (1): 12-24, 2019. ISSN: 1909-7735

Disponible en <https://bit.ly/3w1zXw1>

SANTOS, Sanchez Guadalupe. Validez y confiabilidad del cuestionario de calidad de vida SF-36 en mujeres con LUPUS, Puebla. Tesis (Titulado en Matemáticas Aplicadas). Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2017.

Disponible en <https://bit.ly/3z34dsv>

SERRANO, Erika y PADILLA, Edgar. Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados. Revista Científica Ingeniera Solidaria, (1):1-25, 2019.

ISSN: 2382-4220

Disponible en <https://bit.ly/3w0y0jy>

SOTIL, Andres. Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales, s.l: Revista de Investigación Infraestructura Vial, 16 (28): 13-24, 2014.

ISSN: 2215-3705

Disponible en <https://bit.ly/3w1eTGb>

ULATE, Alonso y VARGAS, Catalina. Control de polvo en caminos no pavimentados. Revista PITRA-LanammeUCR, (6): 1-10, 2018.

Disponible en <https://bit.ly/3z9wC05>

ULLOA, Andrea. Guía de pruebas de laboratorio y muestro en campo para la verificación de calidad en materiales de un pavimento asfáltico, s.l: Revista de Investigación Métodos y Materiales, 1 (1): 39-51, 2011.

Disponible en <https://bit.ly/3cp9UHy>

WETTING collapse in Patzcuaro Uruapan Highway Embankments por Chávez Carlos [et al]. Morelia: Revista de Investigación y Tecnología, 27 (2): 201-210, 2016.

ISSN: 1405-7743

Disponible en <https://bit.ly/3pxi6uQ>

Libros

CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación científica. 2.^a ed. Marcos: Lima – San Marcos, 2017. 476 pp.

DOMINGUEZ, Julio. Manual de metodología de la investigación científica. 1.^{ra}. ed. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote: Chimbote, 2015. 120 pp.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Lucio. Tesis y metodología de la investigación. 6.^{ta} ed. s.l.: McGraw-Hill, 2014. 426 pp.

HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. 1.^a ed. McGraw-Hill: México, 2019. 634 pp.

MTC. Manual de carreteras, suelos, geología, geotécnica y pavimentos. 1.^a ed. MTC: Lima, 2013. 355 pp.

PINO, Raul. Metodología de la investigación - elaboración de diseños para contrastar hipótesis. 2.^{da} ed. San Marcos: Lima, 2018. 475 pp.

TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. 4.^{ta} ed. Limusa, 2003. 440 pp.

VARA, Aristides. 7 pasos para una tesis exitosa. 1.^{ra} ed. Universidad San Martín de Porres, 2010. 451 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de variables

“Aplicación del cloruro de magnesio como alternativa natural para incrementar la estabilización del suelo de la carretera Juliaca – Caminaca, 2021.”

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
Aplicación de cloruro de magnesio	El cloruro de magnesio es utilizado para la estabilización de vías, provienen tras la reacción del cloro con el hidrogeno; 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. Briones (2018).	La aplicación de magnesio es de gran aporte sobre el campo de la ingeniera civil siendo un componente apto sobre la estabilización de suelos ya que estos ayuda a absorber la humedad que cuentan los suelos, esta dotara sus características de acuerdo a la cantidad que se emplee sobre el suelo.	Dosificación	Cantidad de cloruro de magnesio	% de incorporación	Razón
Estabilización del suelo	Se entiende por estabilización de suelos una serie de procesos mecánicos, físicos, físico-químicos y químicos que transforman las propiedades de los suelos que interesan en las aplicaciones de la ingeniería, obteniendo un material apto para su utilización, que busca mejorar las propiedades tales como: resistencia, durabilidad, plasticidad, permeabilidad, estabilidad volumétrica, compresibilidad, trabajabilidad y permanencia de las propiedades adquiridas. Nieto (2019).	La estabilización de suelos se deriva en la aplicación de elementos o compuestos ajenos a los áridos, los cuales sirven para mejorar las capacidades físico mecánicas de la subrasante siendo estas la (Granulometría, límites de consistencia, humedad, capacidad de soporte CBR).	Características Físicas Características Mecánicas	Granulometría Límites de consistencia Humedad Capacidad de Soporte (CBR)	Ensayos de laboratorio	Razón

Anexo 2. Matriz de consistencia

“Aplicación del cloruro de magnesio como alternativa natural para incrementar la estabilización del suelo de la carretera Juliaca – Caminaca, 2021.”

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cómo la aplicación del cloruro de magnesio como alternativa natural incrementaría la estabilización del suelo de la carretera Juliaca – Caminaca, 2021?	Incrementar la estabilización de suelos de la carretera Juliaca - Caminaca mediante la aplicación de cloruro de magnesio como alternativa natural.	La aplicación de cloruro de magnesio como alternativa natural incrementará la estabilización del suelo de la carretera Juliaca – Caminaca	VI Cloruro de magnesio VD Estabilidad del suelo	% de incorporación Característica mecánica	% Kg/cm2	Método de investigación Inductivo Tipo de Investigación Investigación aplicada Nivel de Investigación Descriptivo – Explicativo Diseño de investigación Experimental Gc (a): Y1 → X → Y2 Ge (a): Y3 → X' → Y4 Gc: Sin adición de C.M. Ge: Con adición de C.M. Población Caminos no pavimentados de la vía Juliaca - Caminaca Muestra Juliaca - Caminaca km (km 70+100 – 71+600) Técnica de recolección de datos <ul style="list-style-type: none"> • Observación de procesos • Obtención de materiales a incorporar • Realización de calicatas • Extracción de muestras • Ensayos de laboratorio • Análisis de resultados • Interpretación de resultados Instrumentos de recolección de datos Fichas Cotización de materiales Herramientas de apertura de calicatas Formatos de campo Software de análisis e interpretación de resultados
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos				
¿Cuál es la dosificación ideal que reducirá el contenido óptimo de humedad aplicando el cloruro de magnesio como alternativa natural?	Reducir el contenido de humedad óptimo aplicando el cloruro de magnesio como alternativa natural por medio de una dosificación ideal	Una dosificación ideal reducirá el contenido de humedad óptimo aplicando el cloruro de magnesio como alternativa natural.	VI Cloruro de magnesio VD Contenido de humedad óptimo	% de incorporación Característica física	% %	
¿Con una proporción definida se alcanzará mejores niveles de capacidad de soporte en el suelo aplicando el cloruro de magnesio como alternativa natural?	Alcanzar mejores niveles de capacidad de soporte en el suelo aplicando el cloruro de magnesio como alternativa natural mediante una proporción definida.	Una proporción definida alcanzará mejores niveles de capacidad de soporte en el suelo aplicando el cloruro de magnesio como alternativa natural.	VI Cloruro de magnesio VD Capacidad de soporte	% de incorporación Capacidades del suelo	% Kg/cm2	
¿Con una cantidad establecida se logrará reducir el índice de plasticidad del suelo aplicando el cloruro de magnesio como alternativa natural?	Lograr reducir el índice de plasticidad del suelo aplicando una cantidad establecida de cloruro de magnesio como alternativa natural.	Una cantidad establecida logrará reducir el índice de plasticidad del suelo aplicando cloruro de magnesio como alternativa natural.	VI Cantidad establecida de cloruro de magnesio VD Índice de plasticidad	% incorporación Características físicas y mecánicas	% Ip	

Anexo 3: Resultados de Ensayos de Laboratorio



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA ASTM D6913 , NTP 339.128)

PROYECTO : APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA VÍA CAMINACA - JULIACA, 2021.
 PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 FECHA : JUNIO DEL 2021

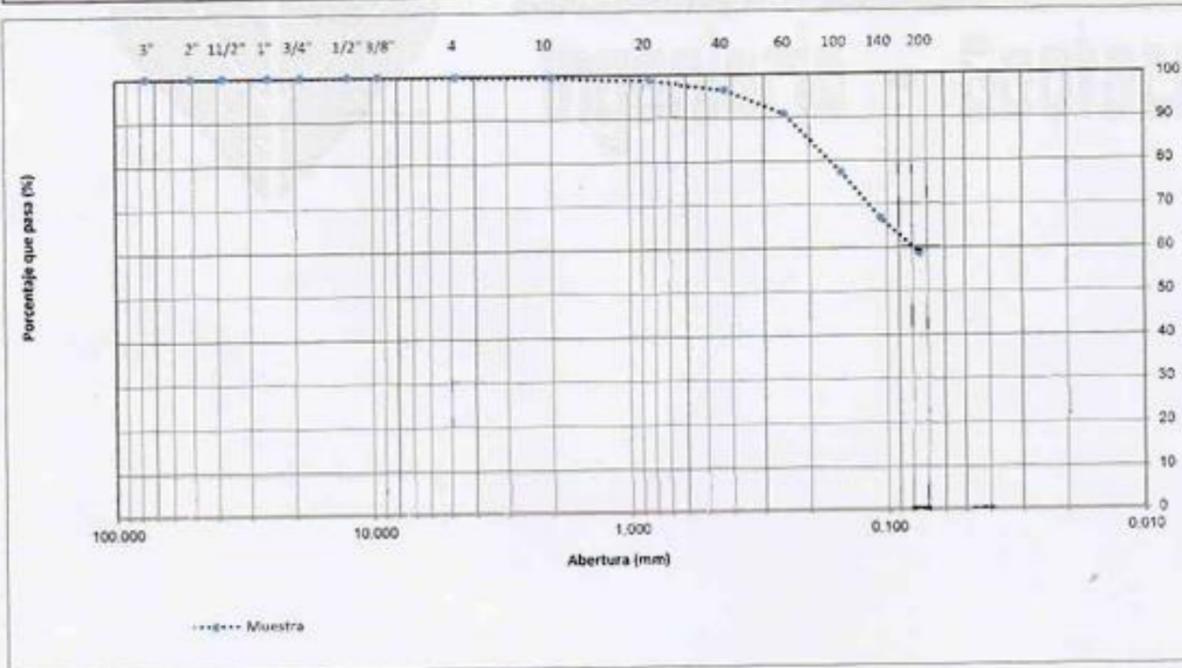
DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : ALTERADA
 MATERIAL : SUBRASANTE
 PROCEDENCIA : KM 70+350
 PESO INICIAL SECO: 500.0 g
 PESO DESPUÉS DEL LAVADO: 207.0 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
			0.00	0.00	100.00
3"	76.200		0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	1.30	0.26	0.26	99.74
Nº 10	2.000	1.80	0.36	0.62	99.38
Nº 20	0.840	4.50	0.90	1.57	98.48
Nº 40	0.425	10.80	2.16	3.68	96.32
Nº 60	0.250	27.70	5.54	9.22	90.78
Nº 100	0.150	67.50	13.50	22.72	77.28
Nº 140	0.106	52.60	10.52	33.24	66.76
Nº 200	0.075	40.80	8.16	41.40	58.60
< Nº 200	FONDO	293.00	58.60	100.00	0.00
		500.0	100.0		

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Contenido de Humedad (%):	-
LÍMITE LÍQUIDO	-
LÍMITE PLÁSTICO	-
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	-
OBSERVACIONES:	
BOLONERÍA O BLOQUES >3":	NO PRESENTA
GRAVA:	0.26
ARENA:	41.14
FINOS:	58.60
Cu	-
Cc	-

CURVA GRANULOMÉTRICA



IGEO EIRL
 INGENIERÍA & GEOTECNIA
 PEDRO ANTONIO HUANCA BORDA
 TÉCNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
 INGENIERÍA & GEOTECNIA
 ANGEL ROSALES HUANCA BORDA
 INGENIERO CIVIL INSB. CAP 8330-4

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA ASTM D6913 , NTP 339.128)

PROYECTO : APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.
PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA : JUNIO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA

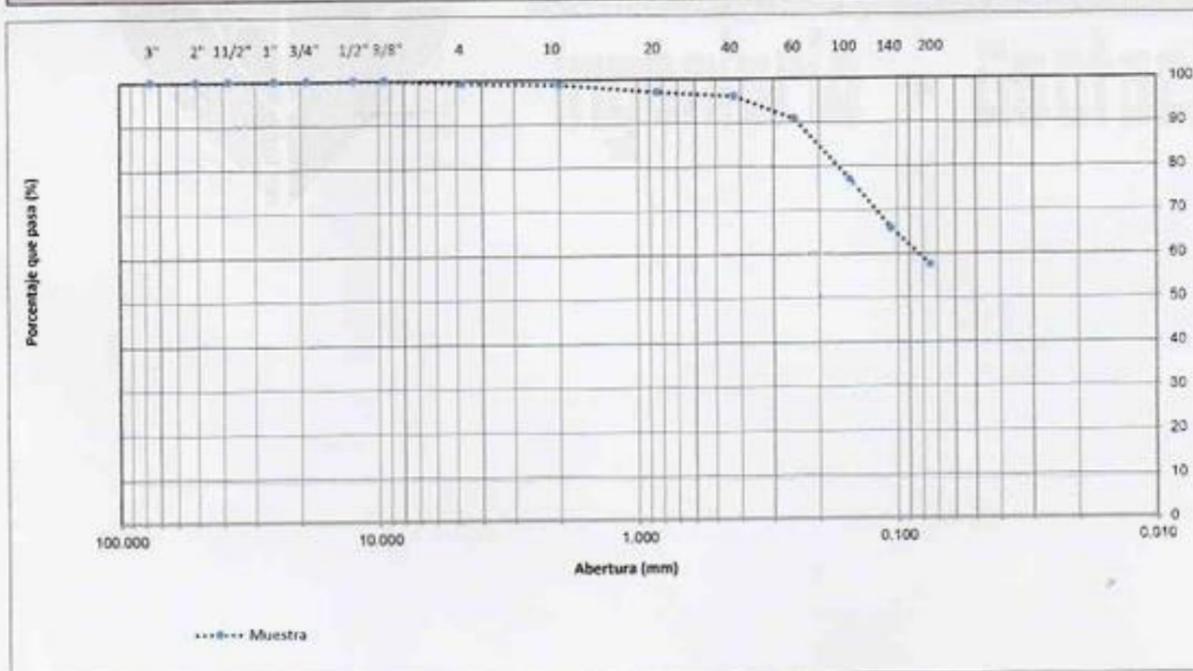
MUESTRA : ALTERADA
MATERIAL : SUBRASANTE
PROCEDENCIA : KM 70+850
PESO INICIAL SECO: 500.4 g
PESO DESPUÉS DEL LAVADO: 212.4 g

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Contenido de Humedad (%) :	-
LÍMITE LÍQUIDO	-
LÍMITE PLÁSTICO	-
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	-
OBSERVACIONES :	
BOLONERÍA O BLOQUES >3":	NO PRESENTA
GRAVA :	0.76
ARENA :	41.69
FINOS :	57.55
Cu	-
Cc	-

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
			0.00	0.00	100.00
3"	76.200		0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	3.80	0.76	0.76	99.24
Nº 10	2.000	2.10	0.42	1.18	98.82
Nº 20	0.840	8.90	1.78	2.96	97.04
Nº 40	0.425	5.20	1.04	4.00	95.00
Nº 60	0.250	25.70	5.14	9.13	90.87
Nº 100	0.150	71.20	14.23	23.36	76.64
Nº 140	0.106	54.00	10.79	34.15	65.85
Nº 200	0.075	41.50	8.29	42.45	57.55
< Nº 200	FONDO	288.00	57.55	100.00	0.00
		500.4	100.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
 PEDRO MEGOL HUANCA UNPRL
 TÉCNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
 ANGEL ROSA HUANCA BORDA
 INGENIERO CIVIL REG. CIP 53304

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA ASTM D6913 , NTP 339.128)

PROYECTO : APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.
PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA : JUNIO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA

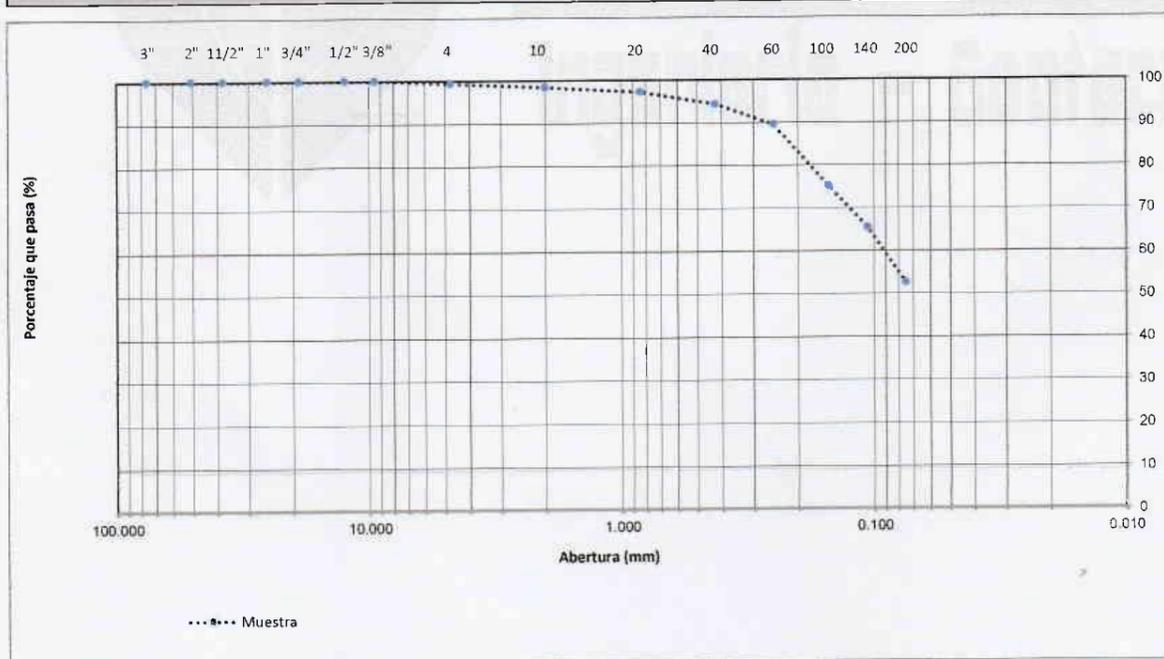
MUESTRA : ALTERADA
MATERIAL : SUBRASANTE
PROCEDENCIA : KM 71+350
PESO INICIAL SECO: 537.6 g
PESO DESPUÉS DEL LAVADO: 255.3 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
			0.00	0.00	100.00
3"	76.200		0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	3.60	0.67	0.67	99.33
Nº 10	2.000	5.10	0.95	1.62	98.38
Nº 20	0.840	6.30	1.17	2.79	97.21
Nº 40	0.425	15.40	2.86	5.65	94.35
Nº 60	0.250	25.60	4.76	10.42	89.58
Nº 100	0.150	79.20	14.73	25.15	74.85
Nº 140	0.106	51.00	9.49	34.64	65.36
Nº 200	0.075	69.10	12.85	47.49	52.51
< Nº 200	FONDO	282.30	52.51	100.00	0.00
		537.6	100.0		

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Contenido de Humedad (%) :	-
LÍMITE LÍQUIDO :	-
LÍMITE PLÁSTICO :	-
ÍNDICE DE PLASTICIDAD :	-
OBSERVACIONES :	
BOLONERÍA O BLOQUES >3" :	NO PRESENTA
GRAVA :	0.67
ARENA :	46.82
FINOS :	52.51
Cu	-
Cc	-

CURVA GRANULOMÉTRICA



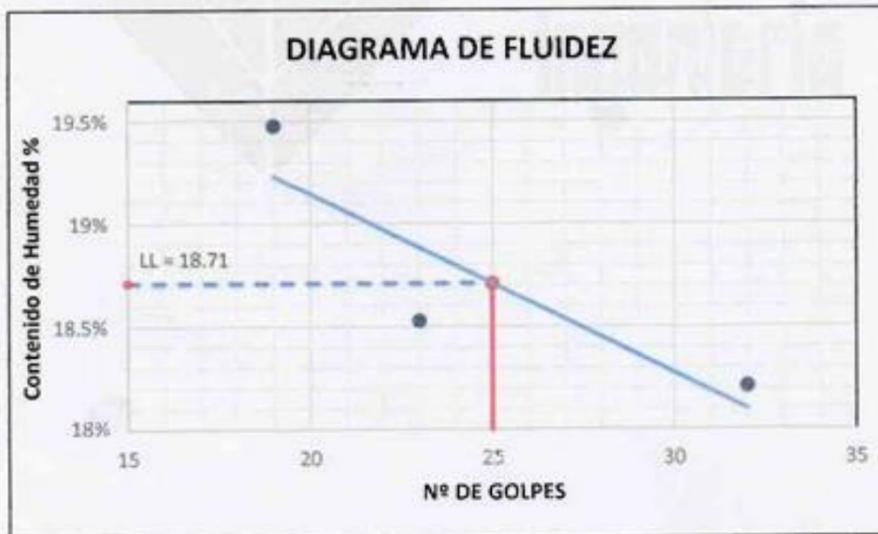
IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
PEDRO REGOL HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
ANGEL ROJAS HUANCA BORDA
MBC ING. CIVIL / RRG - CEP 3330-9

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129/ ASTM D 4319	
PROYECTO:	APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.
PROCEDENCIA:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA:	JUNIO DEL 2021
MUESTRA:	PROGRESIVA 70+350 - BISCHOFITA 0%

Tara	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	6	7	9	1	2
Masa de la tara (g)	18.23	16.02	17.60	13.59	13.74
Masa muestra húmeda + tara (g)	33.68	24.40	29.50	16.70	17.38
Masa muestra seca + tara (g)	31.30	23.09	27.56	16.27	16.89
Masa muestra húmeda (g)	15.45	8.38	11.90	3.11	3.64
Masa muestra seca (g)	13.07	7.07	9.96	2.68	3.15
Masa del agua (g)	2.38	1.31	1.94	0.43	0.49
Contenido de humedad (%)	18.21	18.53	19.48	16.04	15.56
Numero de golpes	32	23	19		



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL	19
LP	16
IP	3

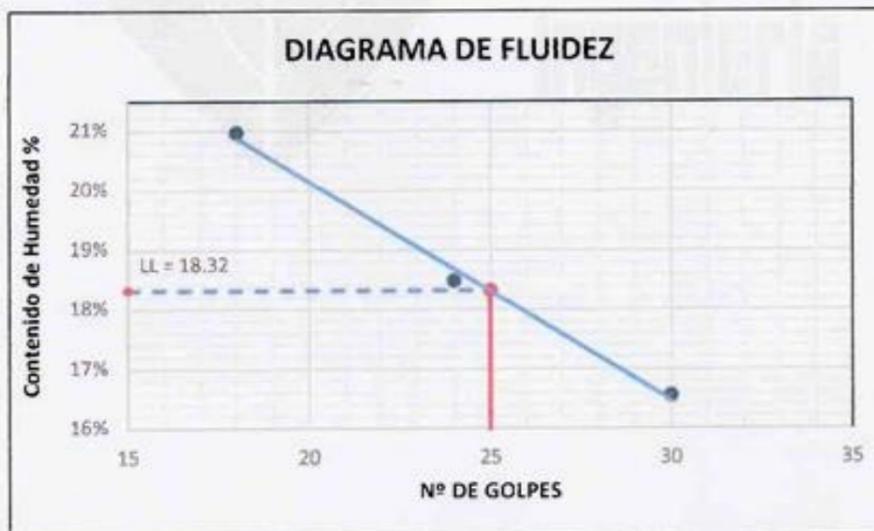
IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ANGELO HUANCA IMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSA HUANCA BORDA
MBC ING CIVIL 1966. CAP 53344

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129/ ASTM D 4319	
PROYECTO:	APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.
PROCEDENCIA:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA:	JUNIO DEL 2021
MUESTRA:	PROGRESIVA 70+850 - BISCHOFITA 0%

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	F-1	F-2	F-3	3	4
Tara					
Masa de la tara (g)	20.14	21.65	21.09	9.45	11.35
Masa muestra húmeda + tara (g)	39.58	39.21	37.98	14.70	14.88
Masa muestra seca + tara (g)	36.21	36.47	35.58	14.07	14.45
Masa muestra húmeda (g)	19.44	17.56	16.89	5.25	3.53
Masa muestra seca (g)	16.07	14.82	14.49	4.62	3.10
Masa del agua (g)	3.37	2.74	2.40	0.63	0.44
Contenido de humedad (%)	20.97	18.49	16.56	13.64	14.05
Numero de golpes	18	24	30		



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL	18
LP	14
IP	4

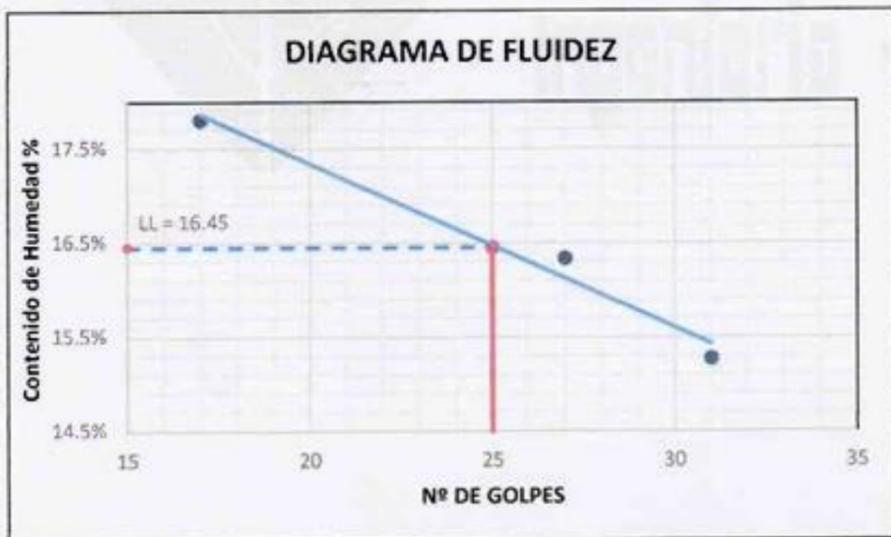
IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO SANCHEZ DEL HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN MUANCA BORDA
INGENIERO CIVIL INGEN. CAP. 53340

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129/ ASTM D 4319	
PROYECTO:	APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.
PROCEDENCIA:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA:	JUNIO DEL 2021
MUESTRA:	PROGRESIVA 71+350 - BISCHOFITA 0%

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	F-4	F-5	F-6	5	6
Tara					
Masa de la tara (g)	19.78	20.24	22.42	9.91	10.19
Masa muestra húmeda + tara (g)	38.77	38.97	38.57	14.89	15.25
Masa muestra seca + tara (g)	35.90	36.34	36.43	14.33	14.70
Masa muestra húmeda (g)	18.99	18.73	16.15	4.98	5.06
Masa muestra seca (g)	16.12	16.10	14.01	4.42	4.51
Masa del agua (g)	2.87	2.63	2.14	0.56	0.55
Contenido de humedad (%)	17.80	16.34	15.27	12.67	12.20
Numero de golpes	17	27	31		



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL	16
LP	12
IP	4

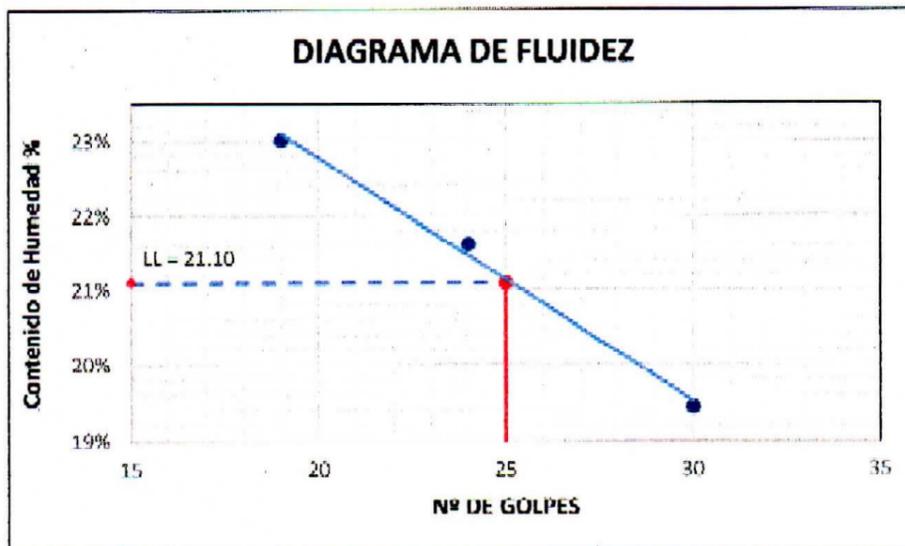
IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ALFONSO HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
WSC ING. CIVIL 1956, CIP 53344

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129/ ASTM D 4319	
PROYECTO:	APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.
PROCEDENCIA:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA:	JUNIO DEL 2021
MUESTRA:	PROGRESIVA 70+350 - BISCHOFITA 5%

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	F-1	F-2	F-3	3	4
Tara					
Masa de la tara (g)	20.14	21.65	21.09	9.45	11.35
Masa muestra húmeda + tara (g)	40.29	41.50	40.60	19.60	21.15
Masa muestra seca + tara (g)	37.01	37.97	36.95	18.11	19.68
Masa muestra húmeda (g)	20.15	19.85	19.51	10.15	9.80
Masa muestra seca (g)	16.87	16.32	15.86	8.66	8.33
Masa del agua (g)	3.28	3.53	3.65	1.49	1.47
Contenido de humedad (%)	19.44	21.63	23.01	17.21	17.65
Numero de golpes	30	24	19		



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL	21
LP	17
IP	4

IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ADRIAN HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
MBC 1996 CIVIL, 1998, CAP 83304

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
NTP 339.129/ ASTM D 4319**

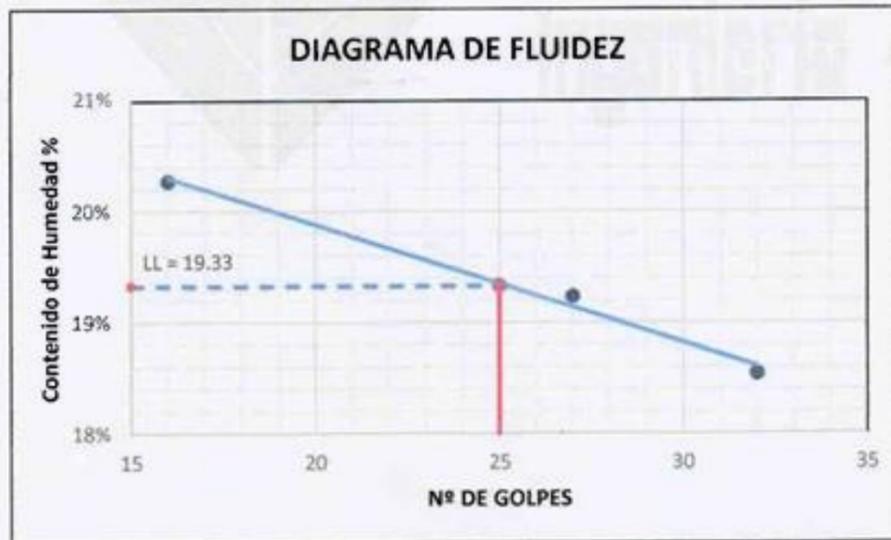
PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

PROCEDENCIA: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FECHA: JUNIO DEL 2021

MUESTRA: PROGRESIVA 70+850 - BISCHOFITA 5%

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	A-1	A-2	A-3	7	8
Tara					
Masa de la tara (g)	20.11	21.20	19.45	10.05	11.21
Masa muestra húmeda + tara (g)	39.27	38.99	38.25	13.20	14.61
Masa muestra seca + tara (g)	36.04	36.12	35.31	12.83	14.22
Masa muestra húmeda (g)	19.16	17.79	18.80	3.15	3.40
Masa muestra seca (g)	15.93	14.92	15.86	2.78	3.01
Masa del agua (g)	3.23	2.87	2.94	0.37	0.39
Contenido de humedad (%)	20.28	19.24	18.54	13.31	12.96
Numero de golpes	16	27	32		



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL	19
LP	13
IP	6

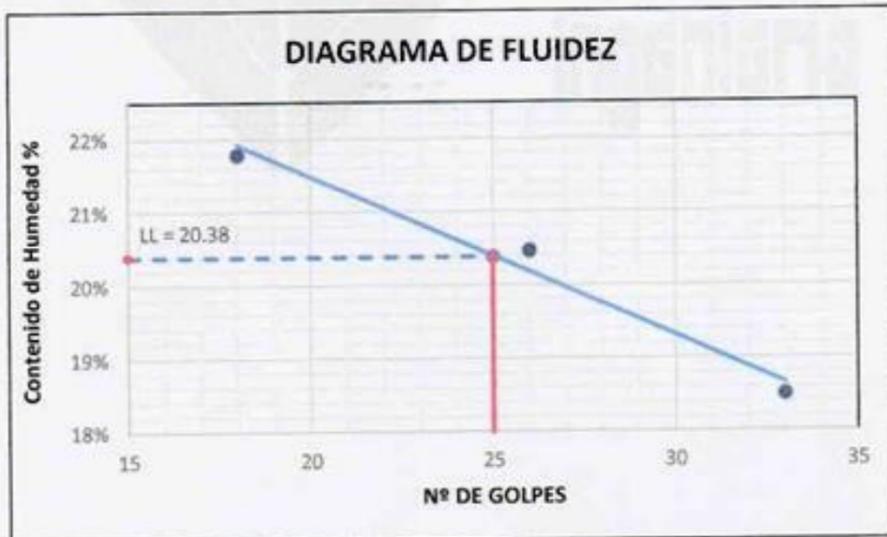
IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
PEDRO ROSAR HUANCA UMPIRI
TÉCNICO LABORATORIO GEOTÉCNICO



IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAR HUANCA BORDA
ING. CIVIL. REG. CIP 5330

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129/ ASTM D 4319	
PROYECTO:	APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.
PROCEDENCIA:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA:	JUNIO DEL 2021
MUESTRA:	PROGRESIVA 71+350 - BISCHOFITA 5%

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	F-1	F-2	F-3	3	4
Tara					
Masa de la tara (g)	20.14	21.65	21.09	9.45	11.35
Masa muestra húmeda + tara (g)	38.59	38.25	39.15	13.50	13.93
Masa muestra seca + tara (g)	35.29	35.43	36.33	13.01	13.61
Masa muestra húmeda (g)	18.45	16.60	18.06	4.05	2.58
Masa muestra seca (g)	15.15	13.78	15.24	3.56	2.26
Masa del agua (g)	3.30	2.82	2.82	0.49	0.32
Contenido de humedad (%)	21.78	20.46	18.50	13.76	14.16
Numero de golpes	18	26	33		



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL	20
LP	14
IP	6

IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
PEDRO ROSAN HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
MSC. ING. CIVIL. REG. CIP 53304

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
NTP 339.129/ ASTM D 4319**

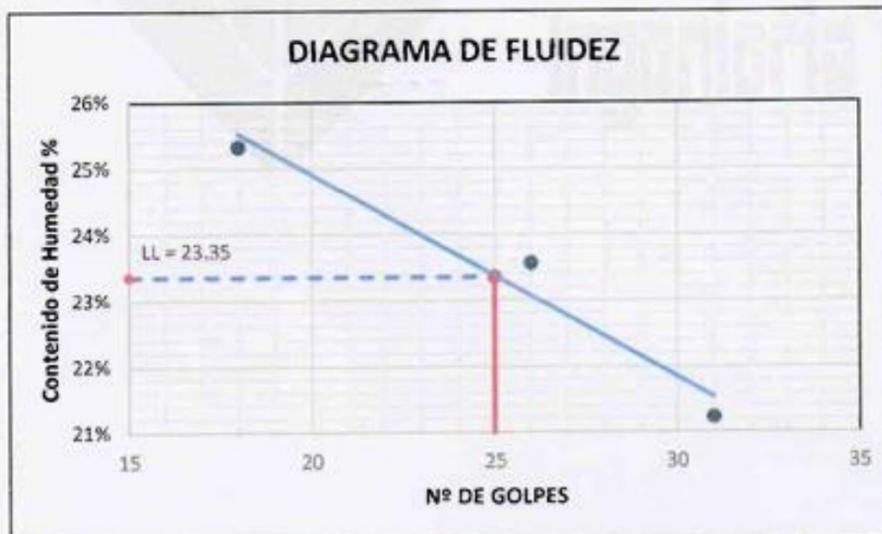
PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

PROCEDENCIA: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FECHA: JUNIO DEL 2021

MUESTRA: PROGRESIVA 70+350 - BISCHOFITA 7%

Tara	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	F-4	F-5	F-6	5	6
Masa de la tara (g)	19.78	20.24	22.42	9.91	10.19
Masa muestra húmeda + tara (g)	40.28	39.80	39.74	22.30	21.22
Masa muestra seca + tara (g)	36.69	36.07	36.24	20.49	19.59
Masa muestra húmeda (g)	20.50	19.56	17.32	12.39	11.03
Masa muestra seca (g)	16.91	15.83	13.82	10.58	9.40
Masa del agua (g)	3.59	3.73	3.50	1.81	1.63
Contenido de humedad (%)	21.23	23.56	25.33	17.11	17.34
Numero de golpes	31	26	18		



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL	23
LP	17
IP	6





IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 PEDRO ARYELDO HUANCA UMPIRI
 TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO

IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
 MSC ING CIVIL REG. CAP 83344

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
NTP 339.129/ ASTM D 4319**

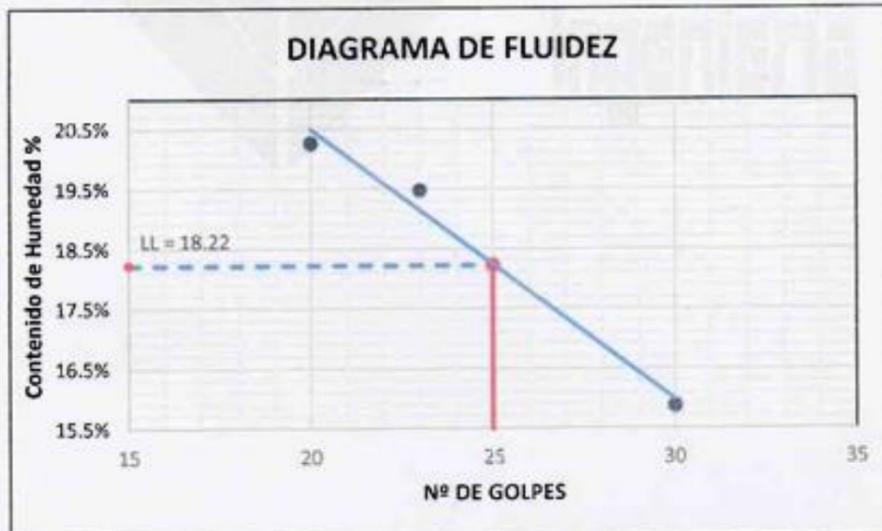
PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

PROCEDENCIA: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FECHA: JUNIO DEL 2021

MUESTRA: PROGRESIVA 70+850 - BISCHOFITA 7%

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	A-1	A-2	A-3	9	10
Tara					
Masa de la tara (g)	20.11	21.20	19.45	10.57	10.26
Masa muestra húmeda + tara (g)	38.57	39.42	38.92	13.24	14.70
Masa muestra seca + tara (g)	36.04	36.45	35.64	12.93	14.16
Masa muestra húmeda (g)	18.46	18.22	19.47	2.67	4.44
Masa muestra seca (g)	15.93	15.25	16.19	2.36	3.90
Masa del agua (g)	2.53	2.97	3.28	0.31	0.54
Contenido de humedad (%)	15.88	19.48	20.26	13.14	13.85
Numero de golpes	30	23	20		



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL	18
LP	13
IP	5

IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ANTONIO HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
MSc INGENIERO CIVIL INSC. CIP 53304

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
NTP 339.129/ ASTM D 4319**

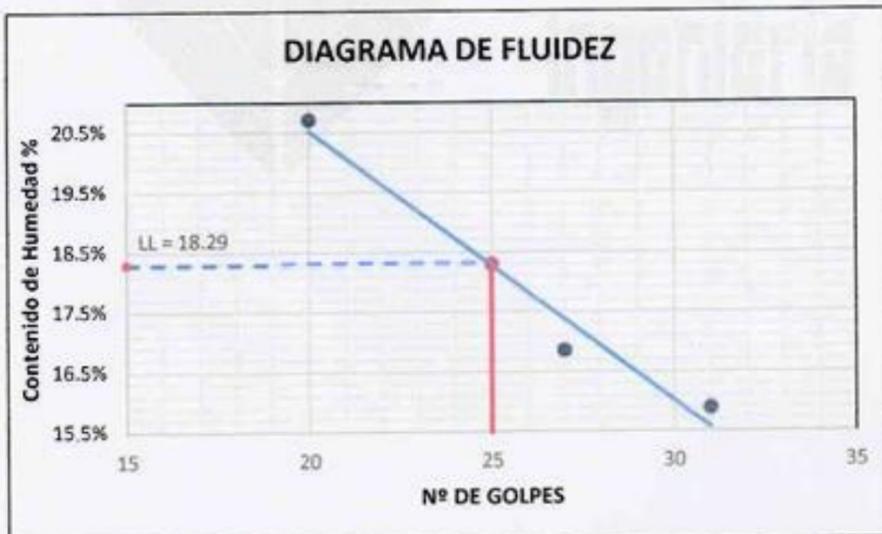
PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

PROCEDENCIA: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FECHA: JUNIO DEL 2021

MUESTRA: PROGRESIVA 71+350 - BISCHOFITA 7%

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	X-1	X-2	X-3	8	9
Tara					
Masa de la tara (g)	20.11	21.20	19.45	11.21	10.57
Masa muestra húmeda + tara (g)	38.59	39.02	39.72	15.00	14.45
Masa muestra seca + tara (g)	35.42	36.45	36.94	14.53	13.98
Masa muestra húmeda (g)	18.48	17.82	20.27	3.79	3.88
Masa muestra seca (g)	15.31	15.25	17.49	3.32	3.41
Masa del agua (g)	3.17	2.57	2.78	0.47	0.47
Contenido de humedad (%)	20.71	16.85	15.89	14.16	13.78
Numero de golpes	20	27	31		



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL	18
LP	14
IP	4

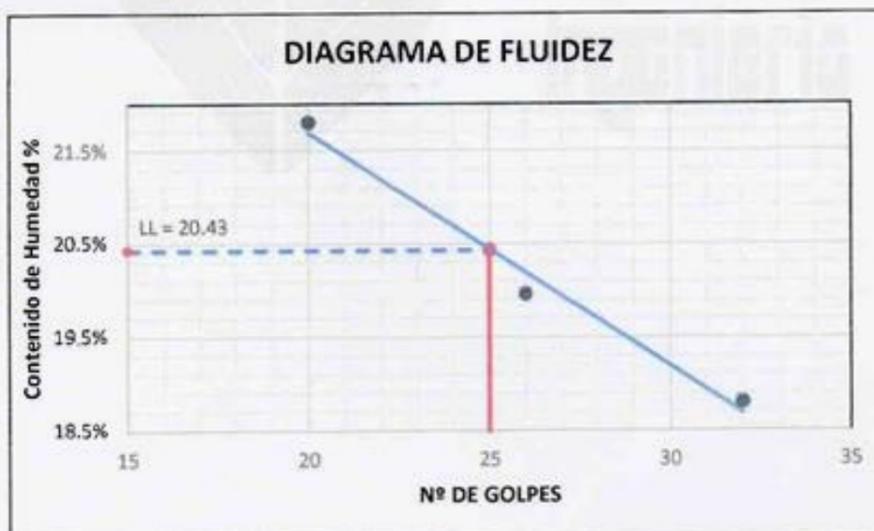
IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
PEDRO ROSAN HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
MSc. ING. CIVIL REG. CIP 53304

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129/ ASTM D 4319	
PROYECTO:	APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.
PROCEDENCIA:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA:	JUNIO DEL 2021
MUESTRA:	PROGRESIVA 70+350 - BISCHOFITA 9%

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	A-1	A-2	A-3	7	8
Tara					
Masa de la tara (g)	20.11	21.20	19.45	10.05	11.21
Masa muestra húmeda + tara (g)	39.63	41.03	40.68	20.02	19.66
Masa muestra seca + tara (g)	36.54	37.73	36.88	18.62	18.46
Masa muestra húmeda (g)	19.52	19.83	21.23	9.97	8.45
Masa muestra seca (g)	16.43	16.53	17.43	8.57	7.25
Masa del agua (g)	3.09	3.30	3.80	1.40	1.20
Contenido de humedad (%)	18.81	19.96	21.80	16.34	16.55
Numero de golpes	32	26	20		



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL	20
LP	16
IP	4

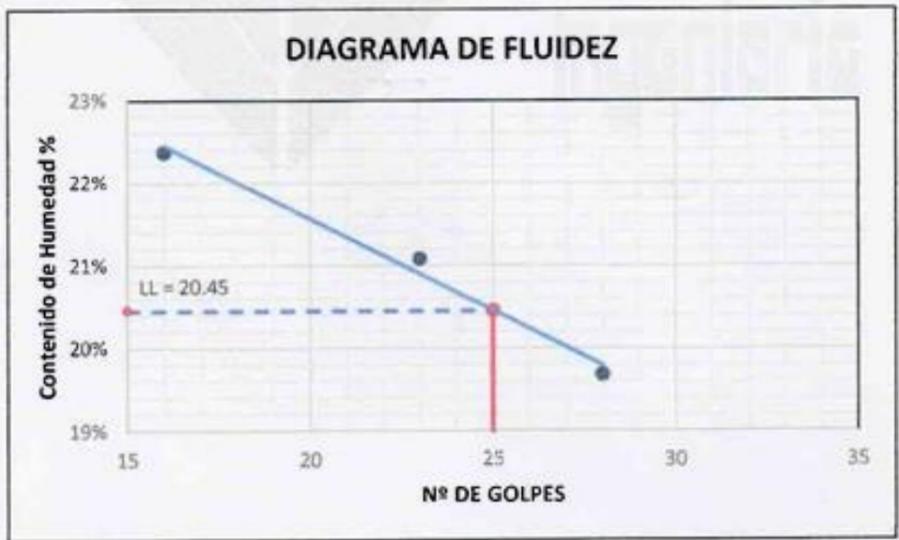
IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ANTONIO HUANCÁ BORDA
MBC 199 CIVIL 1999. CAP 8330-4



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCÁ BORDA
MBC 199 CIVIL 1999. CAP 8330-4

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129/ ASTM D 4319	
PROYECTO:	APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.
PROCEDENCIA:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA:	JUNIO DEL 2021
MUESTRA:	PROGRESIVA 70+850 - BISCHOFITA 9%

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	B-1	B-2	B-3	1	2
Tara					
Masa de la tara (g)	21.14	19.70	19.84	10.12	9.87
Masa muestra húmeda + tara (g)	38.26	39.63	38.93	14.23	13.85
Masa muestra seca + tara (g)	35.13	36.16	35.79	13.71	13.36
Masa muestra húmeda (g)	17.12	19.93	19.09	4.11	3.98
Masa muestra seca (g)	13.99	16.46	15.95	3.59	3.49
Masa del agua (g)	3.13	3.47	3.14	0.52	0.49
Contenido de humedad (%)	22.37	21.08	19.69	14.48	14.04
Numero de golpes	16	23	28		



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL	20
LP	14
IP	6

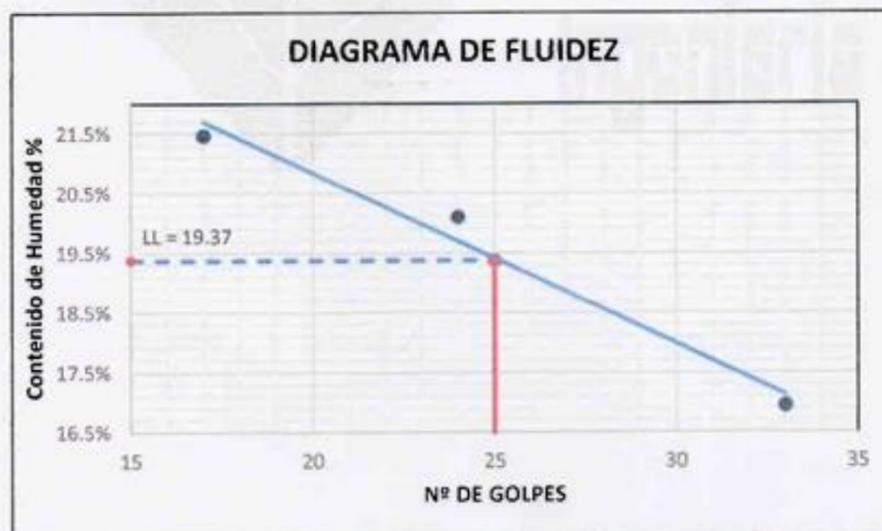
IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO AMEGOL HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
MSC INGENIERIA CIVIL REG. CAP 5334

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129/ ASTM D 4319	
PROYECTO:	APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.
PROCEDENCIA:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA:	JUNIO DEL 2021
MUESTRA:	PROGRESIVA 71+350 - BISCHOFITA 9%

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	A-4	A-5	A-6	11	12
Tara					
Masa de la tara (g)	21.32	20.76	20.44	9.62	9.47
Masa muestra húmeda + tara (g)	39.43	40.36	38.31	13.63	13.44
Masa muestra seca + tara (g)	36.23	37.08	35.72	13.16	12.99
Masa muestra húmeda (g)	18.11	19.60	17.87	4.01	3.97
Masa muestra seca (g)	14.91	16.32	15.28	3.54	3.52
Masa del agua (g)	3.20	3.28	2.59	0.47	0.45
Contenido de humedad (%)	21.46	20.10	16.95	13.28	12.78
Numero de golpes	17	24	33		



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL	19
LP	13
IP	6

IGEO F.I.R.L.
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ARMEDIL RIVANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO F.I.R.L.
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN RIVANCA BORDA
ING. CIVIL ING. CEP 9330

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

NTP 339.141 (ASTM D - 1557)

PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

PROCEDE: KM. 70+350 - BISCHOFITA 0%

MATERIAL: SUBRASANTE

FECHA: JUNIO DEL 2021

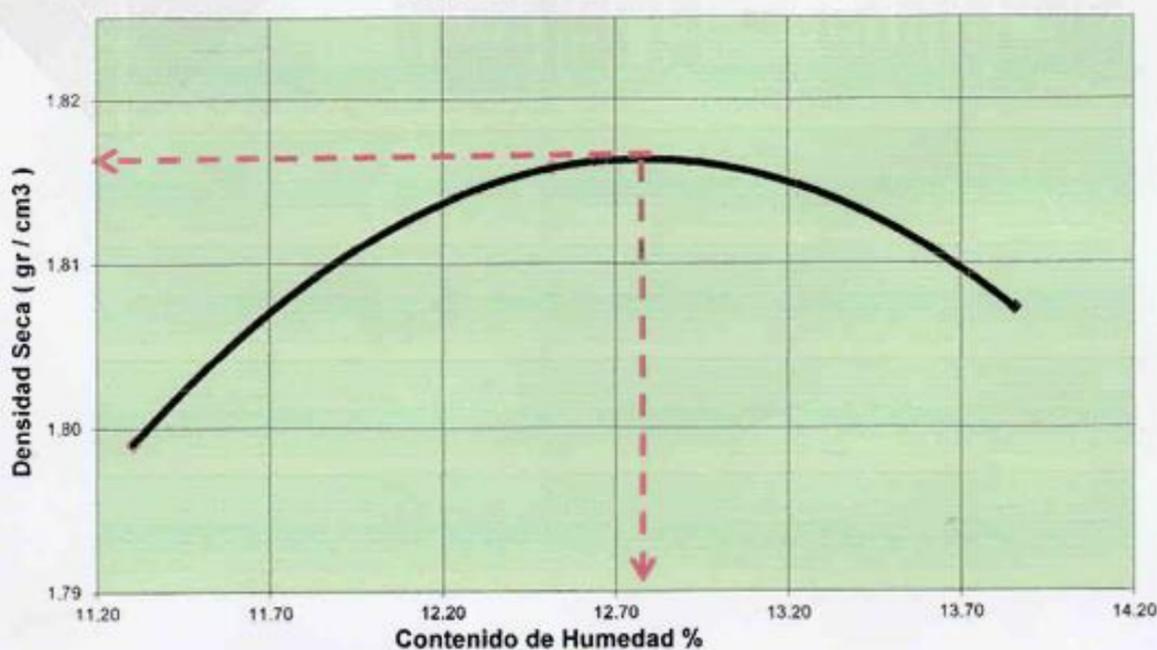
N° Capas :	5
Vol. del molde :	2137 cc

PRUEBAS DE COMPACTACION							
ITEM	PRUEBA	N	1	2	3	4	5
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10834	10921	10952		
2	Peso molde	gr.	6555	6555	6555		
3	Peso de suelo compactado	gr.	4279.00	4366.00	4397.00		
4	Densidad Húmeda	gr / cc.	2.00	2.04	2.06		
5	Densidad Seca	gr / cc.	1.799	1.816	1.807		

CONTENIDO DE HUMEDAD

ITEM	Frasco	N	1	2	3	4	5
1	Peso Frasco + suelo humedo	gr.	675.52	662.48	557.42		
2	Peso Frasco + suelo seco	gr.	606.92	588.78	489.59		
3	Peso de agua en suelo	gr.	68.6	73.7	67.83		
4	Peso de Frasco	gr.	0	0	0		
5	Peso de suelo seco (2 - 4)	gr.	606.92	588.78	489.59		
6	Contenido de humedad (3 / 5 x 100) %		11.30	12.52	13.85		
Máxima Densidad Seca :		1.82 gr/cm3	Optimo contenido de humedad			12.70	%

CURVA DE COMPACTACION




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 PEDRO ARREDONDO HUANCÁ UMPIRI
 TECNICO 4495 LABORIO GEOTECNIC




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 ANGEL ROSALES HUANCÁ BORDA
 BSC ING CIVIL REG. CIP 53304

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

NTP 339.141 (ASTM D - 1557)

PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

PROCEDEN: KM. 70+850 - BISCHOFITA 0%

MATERIAL: SUBRASANTE

FECHA: JUNIO DEL 2021

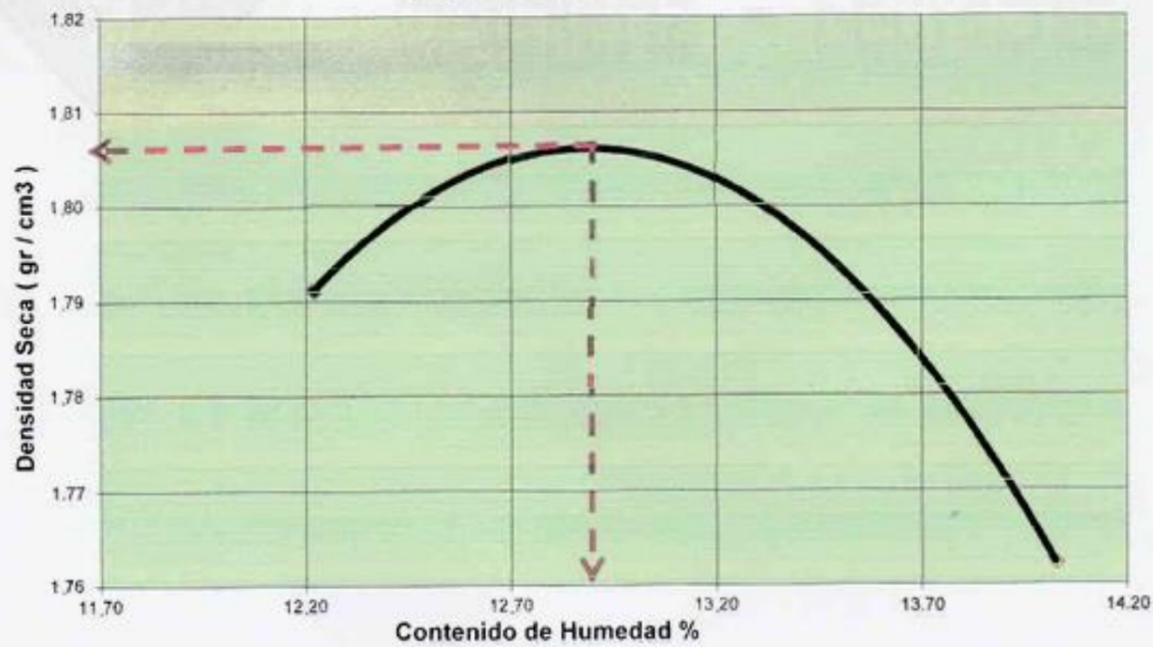
N° Capas :	5
Vol. del molde :	2137 cc

PRUEBAS DE COMPACTACION							
ITEM	PRUEBA N		1	2	3	4	5
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10850	10913	10849		
2	Peso molde	gr.	6555	6555	6555		
3	Peso de suelo compactado	gr.	4295.00	4358.00	4294.00		
4	Densidad Húmeda	gr / cc.	2.01	2.04	2.01		
5	Densidad Seca	gr / cc.	1.791	1.799	1.762		

CONTENIDO DE HUMEDAD

ITEM	Frasco	N	1	2	3	4	5
1	Peso Frasco + suelo húmedo	gr.	777.62	599.28	636.09		
2	Peso Frasco + suelo seco	gr.	692.94	528.78	559.59		
3	Peso de agua en suelo	gr.	84.68	70.5	76.5		
4	Peso de Frasco	gr.	0	0	0		
5	Peso de suelo seco (2 - 4)	gr.	692.94	528.78	559.59		
6	Contenido de humedad (3 / 5 x 100) %		12.22	13.33	14.03		
Máxima Densidad Seca :			1.81 gr/cm3	Optimo contenido de humedad		12.90	%

CURVA DE COMPACTACION




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 PEDRO ARROYO HUANCA JIMPIRI
 TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
 MSC ING CIVIL REG. CAP 5330

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

NTP 339.141 (ASTM D - 1557)

PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

PROCEDE: KM. 71+350 - BISCHOFITA 0%

MATERIAL: SUBRASANTE

FECHA: JUNIO DEL 2021

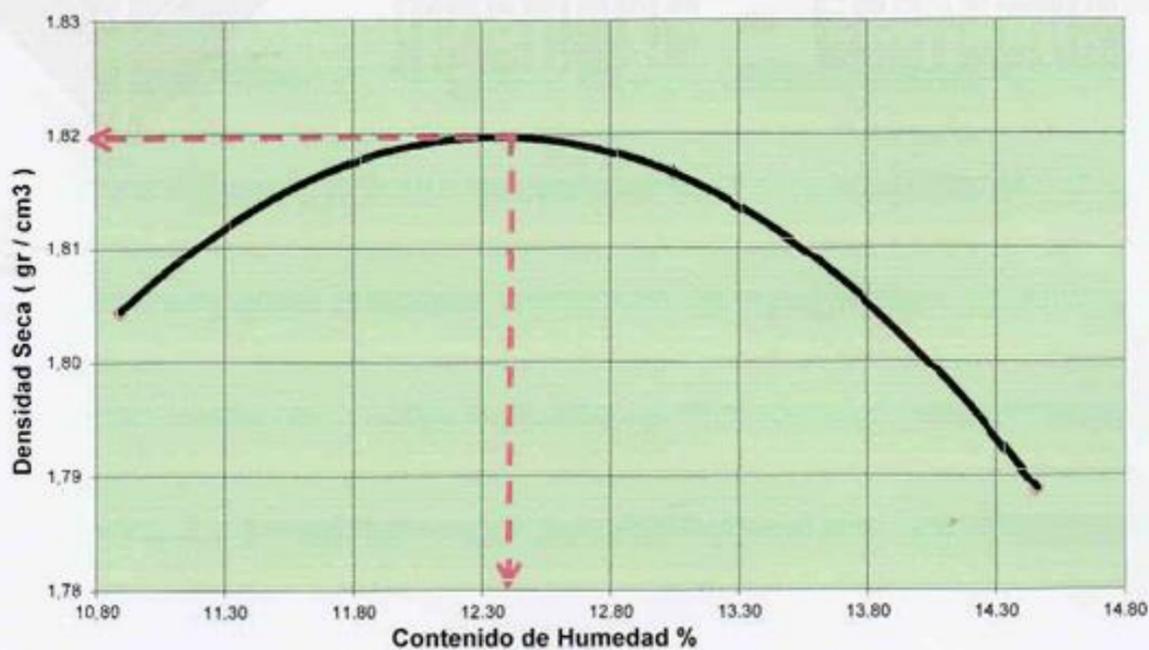
N° Capas :	5
Vol. del molde :	2137 cc

PRUEBAS DE COMPACTACION							
ITEM	PRUEBA	N	1	2	3	4	5
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10831	10943	10930		
2	Peso molde	gr.	6555	6555	6555		
3	Peso de suelo compactado	gr.	4276.00	4388.00	4375.00		
4	Densidad Húmeda	gr / cc.	2.00	2.05	2.05		
5	Densidad Seca	gr / cc.	1.804	1.816	1.789		

CONTENIDO DE HUMEDAD

ITEM	Frasco	N	1	2	3	4	5
1	Peso Frasco + suelo humedo	gr.	502	498.26	608.87		
2	Peso Frasco + suelo seco	gr.	452.89	440.78	531.8		
3	Peso de agua en suelo	gr.	49.31	57.48	76.87		
4	Peso de Frasco	gr.	0	0	0		
5	Peso de suelo seco (2 - 4)	gr.	452.89	440.78	531.8		
6	Contenido de humedad (3 / 5 x 100) %		10.89	13.04	14.45		
Máxima Densidad Seca :			1.82 gr/cm3	<i>Optimo contenido de humedad</i>		12.40	%

CURVA DE COMPACTACION




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 PEDRO ARCE HUANCA UMPIRE
 TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 ANGEL RIVAS HUANCA BORDA
 MSC. ING. CIVIL REG. CIP 53304

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

NTP 339.141 (ASTM D - 1557)

PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

PROCEDER: KM. 70+350 - BISCHOFITA 5%

MATERIAL: SUBRASANTE

FECHA: JUNIO DEL 2021

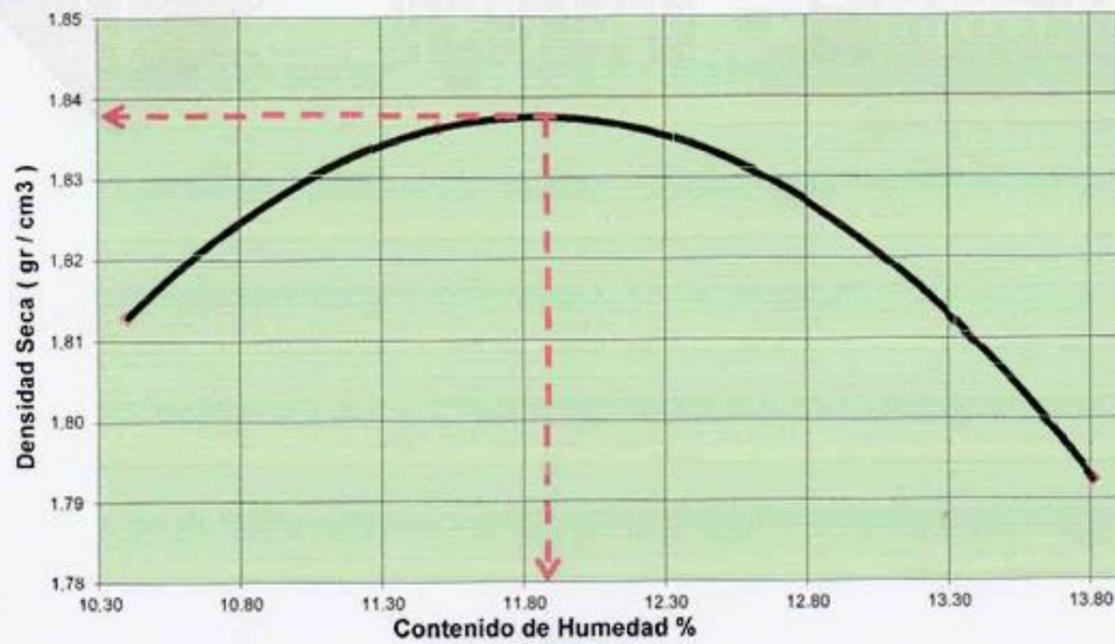
Nº Capas :	5
Vol. del molde :	2137 cc

PRUEBAS DE COMPACTACION							
ITEM	PRUEBA	N	1	2	3	4	5
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10832	10930	10914		
2	Peso molde	gr.	6555	6555	6555		
3	Peso de suelo compactado	gr.	4277.00	4375.00	4359.00		
4	Densidad Húmeda	gr / cc.	2.00	2.05	2.04		
5	Densidad Seca	gr / cc.	1.813	1.836	1.792		

CONTENIDO DE HUMEDAD

ITEM	Frasco	N	1	2	3	4	5
1	Peso Frasco + suelo humedo	gr.	643.51	702.54	552.31		
2	Peso Frasco + suelo seco	gr.	582.88	630.08	485.3		
3	Peso de agua en suelo	gr.	60.63	72.46	67.01		
4	Peso de Frasco	gr.	0	0	0		
5	Peso de suelo seco (2 - 4)	gr.	582.88	630.08	485.3		
6	Contenido de humedad (3 / 5 x 100) %		10.40	11.50	13.81		
Máxima Densidad Seca :			1.84 gr/cm3	Optimo contenido de humedad		11.90	%

CURVA DE COMPACTACION




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 PEDRO ÁNGEL HUANCA UMPIRI
 TÉCNICO LABORATORIO GEOTECNICO




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 ANGEL ROSAY HUANCA BORDA
 MSC ING CIVIL REG. CIP. 5330

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

NTP 339.141 (ASTM D - 1557)

PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

PROCEDE: KM, 70+850 - BISCHOFITA 5%

MATERIAL: SUBRASANTE

FECHA: JUNIO DEL 2021

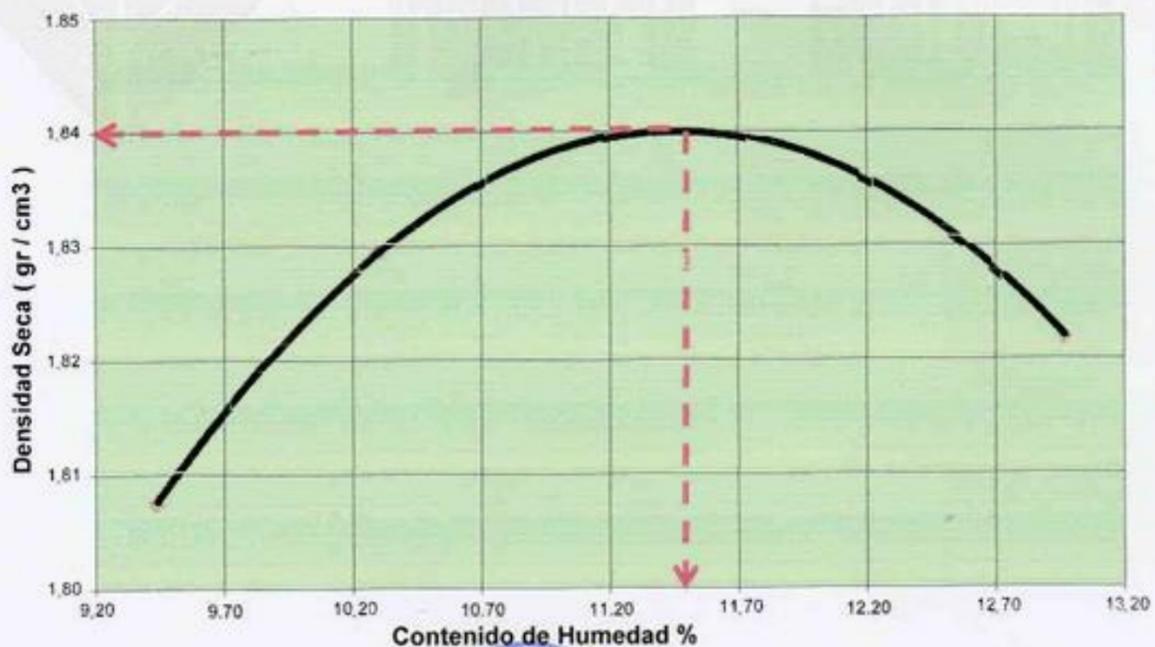
Nº Capas :	5
Vol. del molde :	2137 cc

PRUEBAS DE COMPACTACION							
ITEM	PRUEBA	N	1	2	3	4	5
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10782	10867	10953		
2	Peso molde	gr.	6555	6555	6555		
3	Peso de suelo compactado	gr.	4227,00	4312,00	4398,00		
4	Densidad Húmeda	gr / cc.	1,98	2,02	2,06		
5	Densidad Seca	gr / cc.	1,807	1,829	1,822		

CONTENIDO DE HUMEDAD

ITEM	Frasco	N	1	2	3	4	5
1	Peso Frasco + suelo humedo	gr.	559,87	629,11	553,4		
2	Peso Frasco + suelo seco	gr.	511,6	570,36	489,9		
3	Peso de agua en suelo	gr.	48,27	58,75	63,5		
4	Peso de Frasco	gr.	0	0	0		
5	Peso de suelo seco (2 - 4)	gr.	511,6	570,36	489,9		
6	Contenido de humedad (3 / 5 x 100) %		9,44	10,30	12,96		
Máxima Densidad Seca :			1.84 gr/cm3		Optimo contenido de humedad		11.50 %

CURVA DE COMPACTACION



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ALFREDO HUANCÁ UMPRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSA HUANCÁ BORDA
MSC ING CIVIL REG. CIP 5336*

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

NTP 339.141 (ASTM D - 1557)

PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

PROCEDEN: KM. 71+350 - BISCHOFITA 5%

MATERIAL: SUBRASANTE

FECHA: JUNIO DEL 2021

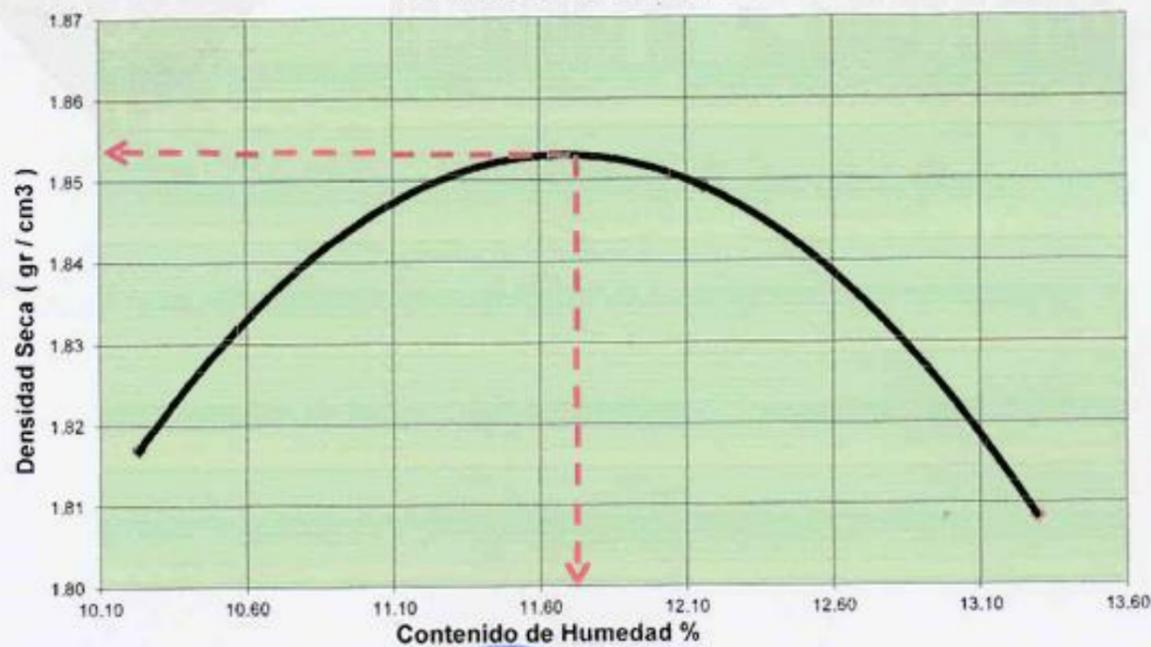
N° Capas :	5
Vol. del molde :	2137 cc

PRUEBAS DE COMPACTACION							
ITEM	PRUEBA	N	1	2	3	4	5
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10835	10987	10933		
2	Peso molde	gr.	6555	6555	6555		
3	Peso de suelo compactado	gr.	4280.00	4432.00	4378.00		
4	Densidad Húmeda	gr / cc.	2.00	2.07	2.05		
5	Densidad Seca	gr / cc.	1.817	1.849	1.808		

CONTENIDO DE HUMEDAD

ITEM	Frasco	N	1	2	3	4	5
1	Peso Frasco + suelo humedo	gr.	727.31	492.49	601.3		
2	Peso Frasco + suelo seco	gr.	659.8	439.1	530.74		
3	Peso de agua en suelo	gr.	67.51	53.39	70.56		
4	Peso de Frasco	gr.	0	0	0		
5	Peso de suelo seco (2 - 4)	gr.	659.8	439.1	530.74		
6	Contenido de humedad (3 / 5 x 100) %		10.23	12.16	13.29		
Máxima Densidad Seca :			1.85 gr/cm3	Optimo contenido de humedad		11.70	%

CURVA DE COMPACTACION



IGEO FIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ARROYO HUANCA IMPERI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO FIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROYAN HUANCA BORDA
M&C ING. CIVIL REG. CIP 93304

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

NTP 339.141 (ASTM D - 1557)

PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VÍA CAMINACA - JULIACA, 2021.

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

PROCEDENCIA: KM. 70+350 - BISCHOFITA 7%

MATERIAL: SUBRASANTE

FECHA: JUNIO DEL 2021

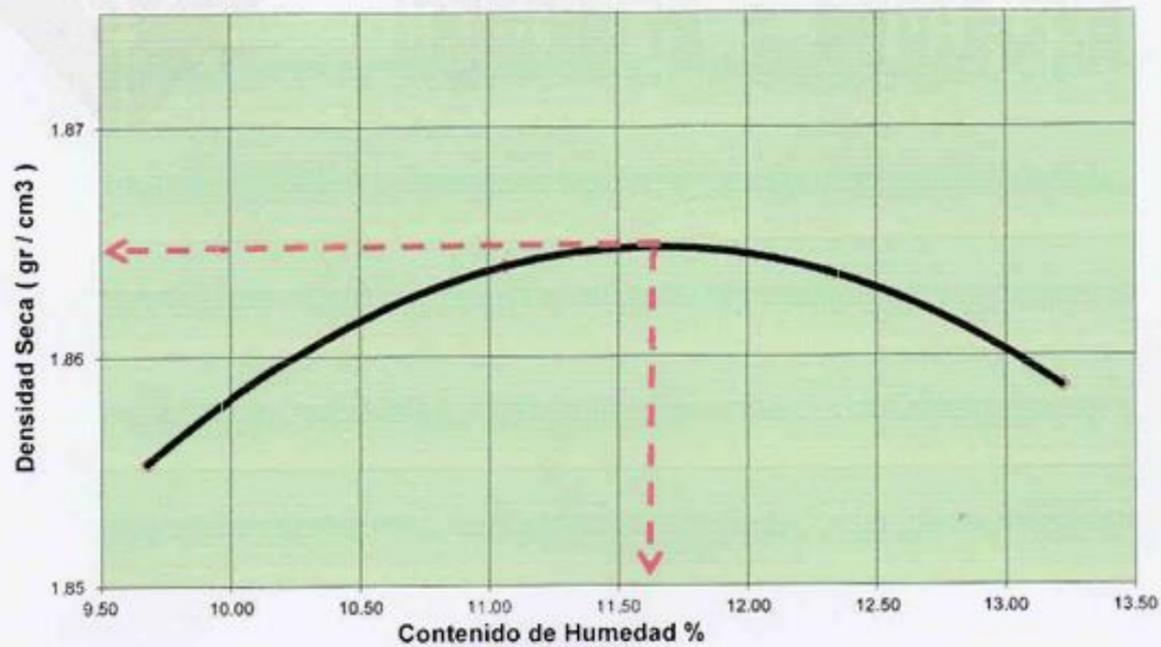
N° Capas :	5
Vol. del molde :	2137 cc

PRUEBAS DE COMPACTACION							
ITEM	PRUEBA	N	1	2	3	4	5
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10892	10967	11040		
2	Peso molde	gr.	6555	6555	6555		
3	Peso de suelo compactado	gr.	4337.00	4412.00	4485.00		
4	Densidad Húmeda	gr / cc.	2.03	2.06	2.10		
5	Densidad Seca	gr / cc.	1.850	1.859	1.854		

CONTENIDO DE HUMEDAD

ITEM	Frasco	N	1	2	3	4	5
1	Peso Frasco + suelo humedo	gr.	634.21	577.97	644.53		
2	Peso Frasco + suelo seco	gr.	578.23	520.4	569.27		
3	Peso de agua en suelo	gr.	55.98	57.57	75.26		
4	Peso de Frasco	gr.	0	0	0		
5	Peso de suelo seco (2 - 4)	gr.	578.23	520.4	569.27		
6	Contenido de humedad (3 / 5 x 100) %		9.68	11.06	13.22		
Máxima Densidad Seca :			1.865 gr/cm3	Optimo contenido de humedad		11.60	%

CURVA DE COMPACTACION



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 PEDRO ARANGO HUANCA UMPIRI
 TÉCNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
 MSC ING CIVIL REG. CAP 53304

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

NTP 339.141 (ASTM D - 1557)

PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

PROYECTO: KM. 70+850 - BISCHOFITA 7%

MATERIAL: SUBRASANTE

FECHA: JUNIO DEL 2021

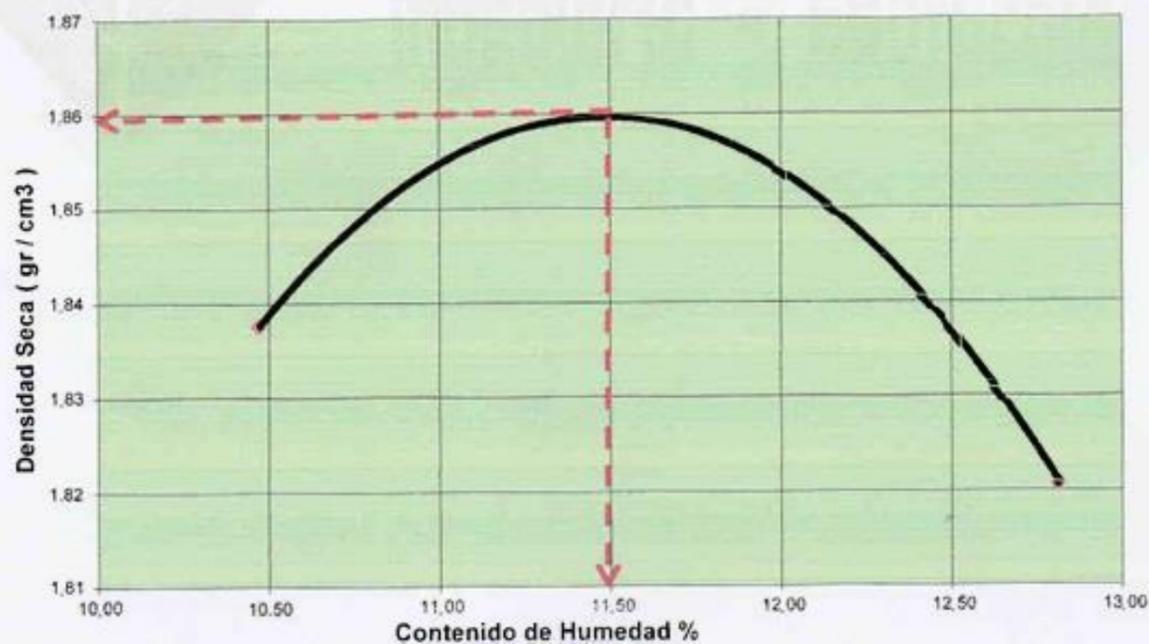
N° Capas :	5
Vol. del molde :	2137 cc

PRUEBAS DE COMPACTACION							
ITEM	PRUEBA	N	1	2	3	4	5
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10893	10978	10944		
2	Peso molde	gr.	6555	6555	6555		
3	Peso de suelo compactado	gr.	4338.00	4423.00	4389.00		
4	Densidad Humeda	gr / cc.	2.03	2.07	2.05		
5	Densidad Seca	gr / cc.	1.838	1.842	1.821		

CONTENIDO DE HUMEDAD

ITEM	Frasco	N	1	2	3	4	5
1	Peso Frasco + suelo humedo	gr.	698.5	518.29	611.74		
2	Peso Frasco + suelo seco	gr.	632.3	461.2	542.27		
3	Peso de agua en suelo	gr.	66.2	57.09	69.47		
4	Peso de Frasco	gr.	0	0	0		
5	Peso de suelo seco (2 - 4)	gr.	632.3	461.2	542.27		
6	Contenido de humedad (3 / 5 x 100) %		10.47	12.38	12.81		
Máxima Densidad Seca :		1.86 gr/cm³	<i>Optimo contenido de humedad</i>			11.50	%

CURVA DE COMPACTACION



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 PEDRO ARRIAGA HUANCABORDA
 TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 ANGEL ROSAN HUANCABORDA
 MSc. ING. CIVIL. REG. CAP. 53304

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

NTP 339.141 (ASTM D - 1557)

PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

PROCEDENTE: KM. 71+350 - BISCHOFITA 7%

MATERIAL: SUBRASANTE

FECHA: JUNIO DEL 2021

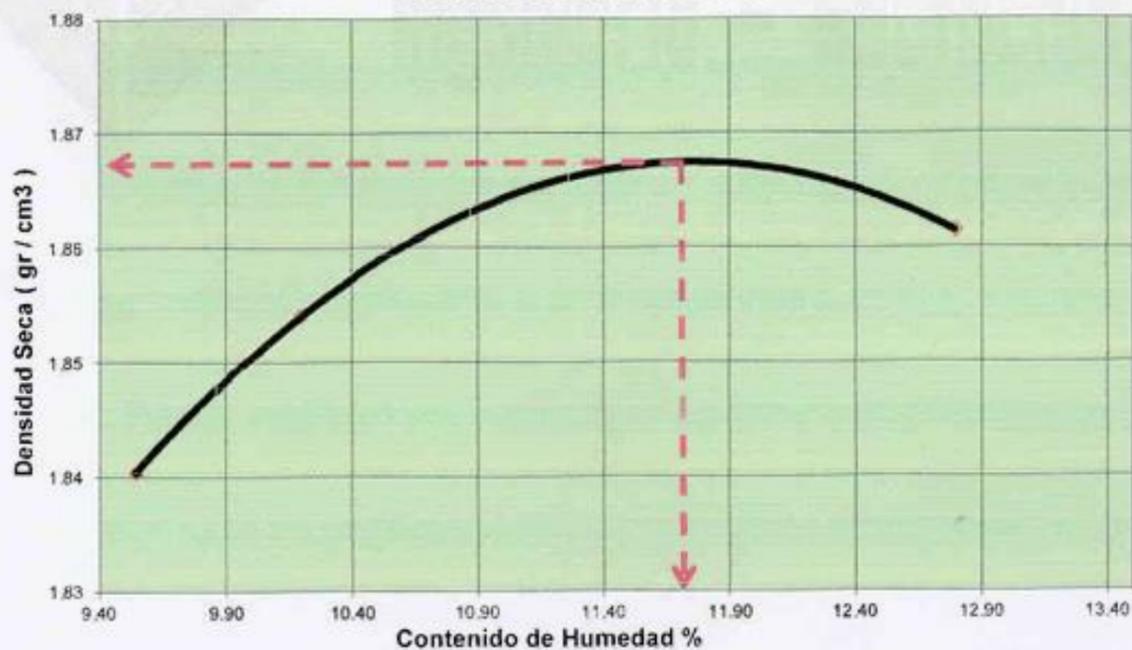
Nº Capas :	5
Vol. del molde :	2137 cc

PRUEBAS DE COMPACTACION							
ITEM	PRUEBA	N	1	2	3	4	5
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10863	10921	11042		
2	Peso molde	gr.	6555	6555	6555		
3	Peso de suelo compactado	gr.	4308.00	4366.00	4487.00		
4	Densidad Húmeda	gr / cc.	2.02	2.04	2.10		
5	Densidad Seca	gr / cc.	1.840	1.854	1.861		

CONTENIDO DE HUMEDAD

ITEM	Frasco	N	1	2	3	4	5
1	Peso Frasco + suelo humedo	gr.	802	719.8	684.08		
2	Peso Frasco + suelo seco	gr.	732.14	653.19	588.74		
3	Peso de agua en suelo	gr.	69.86	66.61	75.34		
4	Peso de Frasco	gr.	0	0	0		
5	Peso de suelo seco (2 - 4)	gr.	732.14	653.19	588.74		
6	Contenido de humedad (3 / 5 x 100) %		9.54	10.20	12.80		
Máxima Densidad Seca :			1.87 gr/cm3		Optimo contenido de humedad		11.70 %

CURVA DE COMPACTACION



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PERRINO ANGELO HUANCA IMPERIAL
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
MSc INGENIERO CIVIL NBO. CAP 53304

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

NTP 339.141 (ASTM D - 1557)

PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

PROCEDE: KM. 70+350 - BISCHOFITA 9%

MATERIAL: SUBRASANTE

FECHA: JUNIO DEL 2021

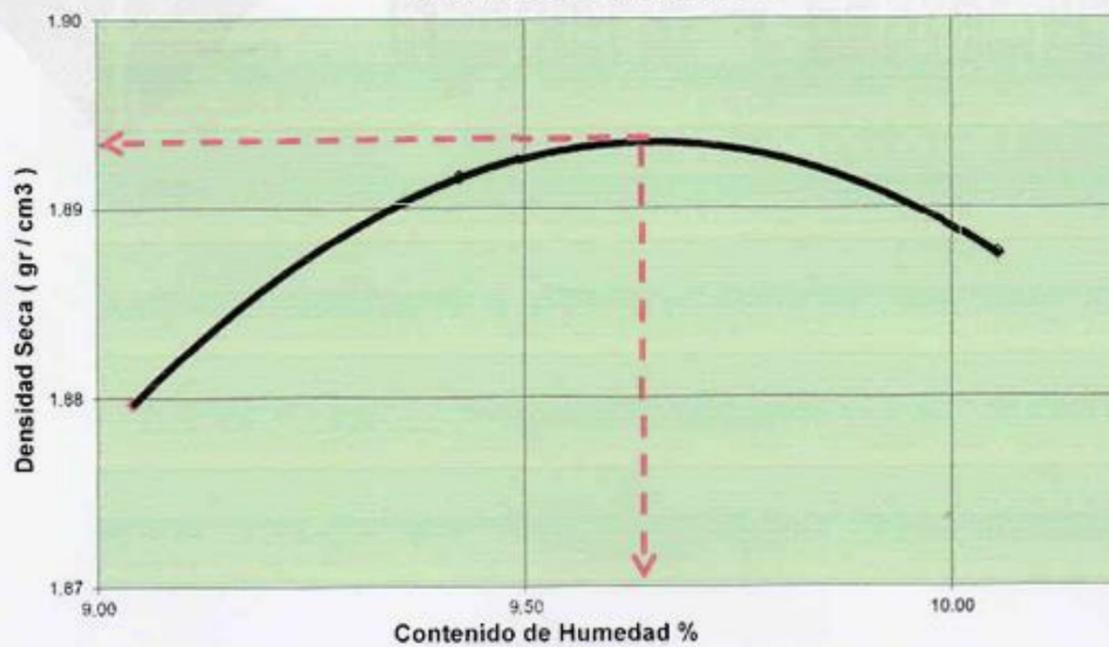
N° Capas :	5
Vol. del molde :	2137 cc

PRUEBAS DE COMPACTACION							
ITEM	PRUEBA	N	1	2	3	4	5
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10935	10978	10994		
2	Peso molde	gr.	6555	6555	6555		
3	Peso de suelo compactado	gr.	4380.00	4423.00	4439.00		
4	Densidad Húmeda	gr / cc.	2.05	2.07	2.08		
5	Densidad Seca	gr / cc.	1.880	1.892	1.887		

CONTENIDO DE HUMEDAD

ITEM	Frasco	N	1	2	3	4	5
1	Peso Frasco + suelo humedo	gr.	518.6	601.45	618.84		
2	Peso Frasco + suelo seco	gr.	475.6	549.66	560.5		
3	Peso de agua en suelo	gr.	43	51.79	56.34		
4	Peso de Frasco	gr.	0	0	0		
5	Peso de suelo seco (2 - 4)	gr.	475.6	549.66	560.5		
6	Contenido de humedad (3 / 5 x 100) %		9.04	9.42	10.05		
Máxima Densidad Seca :			1.89 gr/cm3	Optimo contenido de humedad		9.70	%

CURVA DE COMPACTACION




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 PEDRO HUANCA UMPIRI
 TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 ANGEL POSADA
 INGENIERO CIVIL

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

NTP 339.141 (ASTM D - 1557)

PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

PROCEDEN: KM. 70+850 - BISCHOFITA 9%

MATERIAL: SUBRASANTE

FECHA: JUNIO DEL 2021

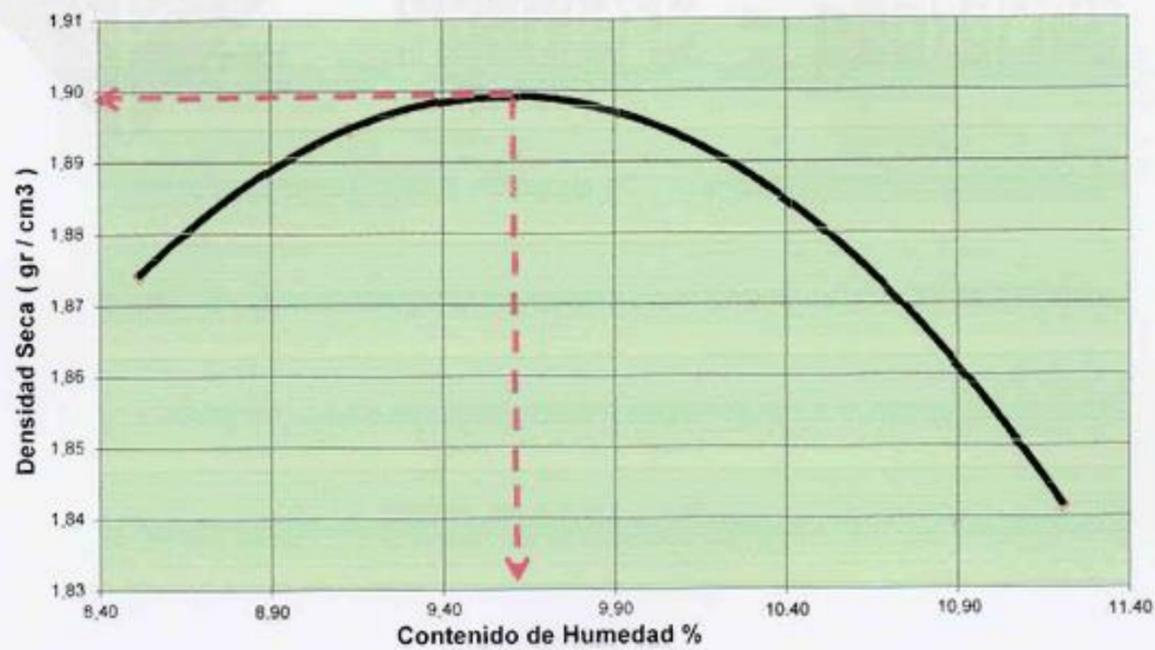
Nº Capas :	5
Vol. del molde :	2137 cc

PRUEBAS DE COMPACTACION							
ITEM	PRUEBA	N	1	2	3	4	5
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10901	10973	10931		
2	Peso molde	gr.	6555	6555	6555		
3	Peso de suelo compactado	gr.	4346.00	4418.00	4376.00		
4	Densidad Húmeda	gr / cc.	2.03	2.07	2.05		
5	Densidad Seca	gr / cc.	1.874	1.894	1.841		

CONTENIDO DE HUMEDAD

ITEM	Frasco	N	1	2	3	4	5
1	Peso Frasco + suelo humedo	gr.	726.18	551.23	676.41		
2	Peso Frasco + suelo seco	gr.	669.19	505.13	608.27		
3	Peso de agua en suelo	gr.	56.99	46.1	68.14		
4	Peso de Frasco	gr.	0	0	0		
5	Peso de suelo seco (2 - 4)	gr.	669.19	505.13	608.27		
6	Contenido de humedad (3 / 5 x 100) %		8.52	9.13	11.20		
Máxima Densidad Seca :			1.90	<i>Optimo contenido de humedad</i>		9.60	%

CURVA DE COMPACTACION




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 PEDRO ARMILLO HUANGA UMPIRI
 TECNICO ESPECIALIZADO EN GEOTECNIA




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 ANGEL ROSAN HUANGA BORDA
 MSc. ING. CIVIL REG. CAP 9330-4

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

NTP 339.141 (ASTM D - 1557)

PROYECTO: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO DE LA VIA CAMINACA - JULIACA, 2021.

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

PROCEDENTE: KM. 71+350 - BISCHOFITA 9%

MATERIAL: SUBRASANTE

FECHA: JUNIO DEL 2021

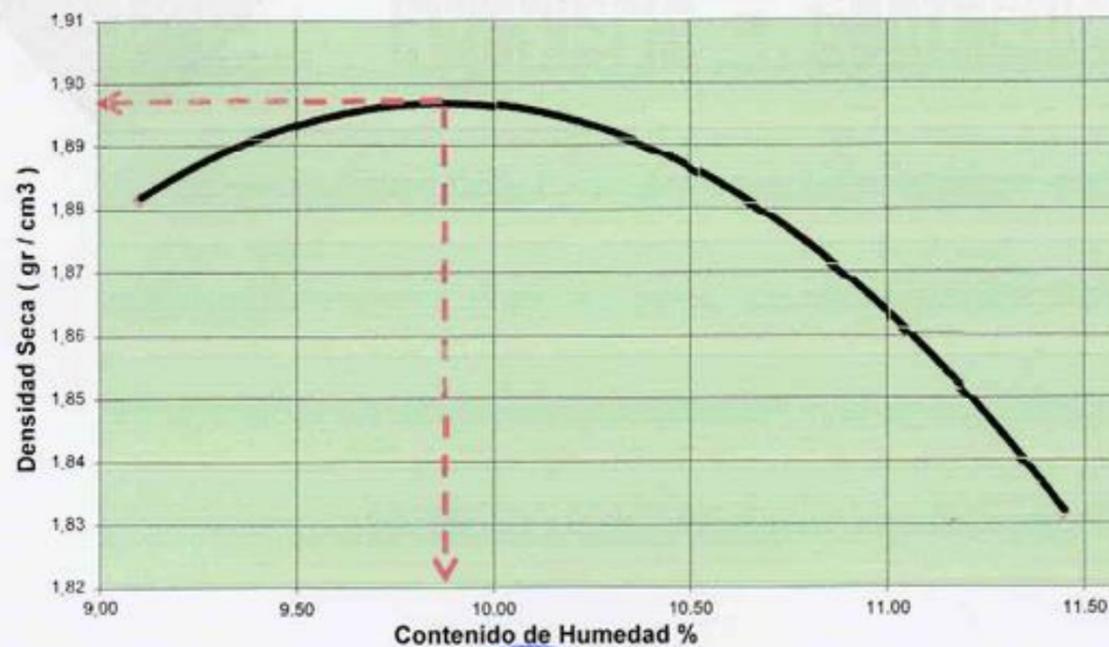
N° Capas :	5
Vol. del molde :	2137 cc

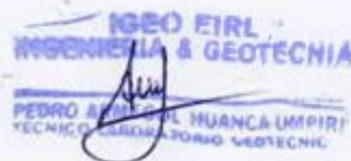
PRUEBAS DE COMPACTACION							
ITEM	PRUEBA	N	1	2	3	4	5
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10942	10993	10917		
2	Peso molde	gr.	6555	6555	6555		
3	Peso de suelo compactado	gr.	4387.00	4438.00	4362.00		
4	Densidad Húmeda	gr / cc.	2.05	2.08	2.04		
5	Densidad Seca	gr / cc.	1.882	1.874	1.832		

CONTENIDO DE HUMEDAD

ITEM	Frasco	N	1	2	3	4	5
1	Peso Frasco + suelo humedo	gr.	634.11	655.28	549.07		
2	Peso Frasco + suelo seco	gr.	581.2	591.46	492.68		
3	Peso de agua en suelo	gr.	52.91	63.82	56.39		
4	Peso de Frasco	gr.	0	0	0		
5	Peso de suelo seco (2 - 4)	gr.	581.2	591.46	492.68		
6	Contenido de humedad (3 / 5 x 100) %		9.10	10.79	11.45		
Máxima Densidad Seca :		1.90 gr/cm3	<i>Optimo contenido de humedad</i>			9.90	%

CURVA DE COMPACTACION




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 PEDRO ANIBAL HUANCA UMPIRI
 TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 ANGEL ROSAL HUANCA BORDA
 MSC ING CIVIL REG. CIP 53304

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 70+350 - BISCHOFITA 0% **Fecha:** JUNIO DEL 2021



%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			
Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3
%C.B.R.	6.55	4.39	2.47
Densidad seca (g/cm³)	1.822	1.850	1.586

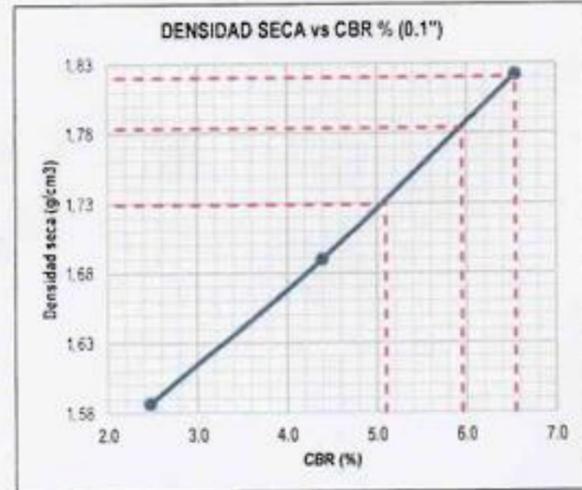
%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"			
Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3
%C.B.R.	11.60	7.13	3.05
Densidad seca (g/cm³)	1.822	1.690	1.586

Máxima Densidad Seca	1.82	g/cm³
Óptimo Contenido de humedad	12.70	%

Máxima Densidad Seca	1.82	g/cm³
Óptimo Contenido de humedad	12.70	%

%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"	
CBR al 100% de la MDS	6.5 %
CBR al 98% de la MDS	6.0 %
CBR al 95% de la MDS	5.1 %

%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"	
CBR al 100% de la MDS	11.6 %
CBR al 98% de la MDS	10.3 %
CBR al 95% de la MDS	8.7 %



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ROSAR HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAR HUANCA BORDA
MSc ING CIVIL REG. CIP 9330

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA – CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 70+350 - BISCHOFITA 0% **Fecha:** JUNIO DEL 2021

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso de suelo húmedo + Molde (g)	12903	12934	11981	12054	12310	12378
Peso molde (g)	8573	8573	7910	7910	8507	8507
Peso de suelo húmedo (g)	4330	4361	4071	4144	3803	3871
Volumen molde (cm ³)	2108	2108	2137	2137	2126	2126
Volumen del Disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.054	2.069	1.905	1.939	1.769	1.821

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Nombre de la Tara	1	2	3	4	5	6
Peso del suelo húmedo (g)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco (g)	443.57	438.74	443.51	434.51	443.47	432.12
Peso de Agua (g)	56.43	61.26	56.49	65.49	56.53	67.88
Contenido de humedad (%)	12.72	13.96	12.74	15.07	12.75	15.71
Densidad seca (g/cm ³)	1.822	1.815	1.690	1.685	1.586	1.574

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 h	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
24 h	7	0.178	0.143	6	0.152	0.123	6	0.152	0.123
48 h	9	0.229	0.184	7	0.178	0.143	7	0.178	0.143
72 h	11	0.279	0.225	10	0.254	0.205	11	0.279	0.225
96 h	11	0.279	0.225	11	0.279	0.225	11	0.279	0.225

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
Penetración (pulg)	MOLDE 1 Fuerza (Kg)	MOLDE 1 Fuerza (lb)	56 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 2 Fuerza (Kg)	MOLDE 2 Fuerza (lb)	25 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 3 Fuerza (Kg)	MOLDE 3 Fuerza (lb)	10 GOLPES (lb/pulg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	14.0	30.9	9.8	8.7	19.2	6.1	6.6	14.6	4.6
0.050	33.2	73.2	23.3	21.6	47.6	15.2	15.2	33.5	10.7
0.075	58.1	128.1	40.8	40.8	89.9	28.6	24.9	54.9	17.5
0.100	93.3	205.7	55.5	62.6	138.0	43.9	35.2	77.6	24.7
0.125	132.5	292.1	93.0	85.1	187.6	59.7	42.6	93.9	29.9
0.150	169.0	372.6	118.6	106.0	233.7	74.4	50.7	111.8	35.6
0.175	209.6	462.1	147.1	128.5	283.3	90.2	58.8	129.6	41.3
0.200	248.0	546.7	174.0	152.3	335.8	106.9	65.1	143.5	45.7
0.300	373.0	822.3	261.7	220.4	485.9	154.7	82.0	180.8	57.5
0.400	477.0	1051.6	334.7	286.2	631.0	200.8	99.3	218.9	69.7
0.500	557.0	1228.0	390.9	326.7	720.2	229.3	111.4	245.6	78.2

IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ALBERTO HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
MBC ING CIVIL REG. CAP 9330

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

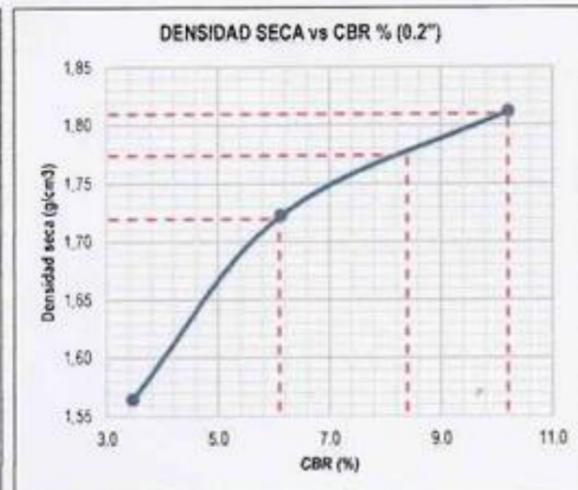
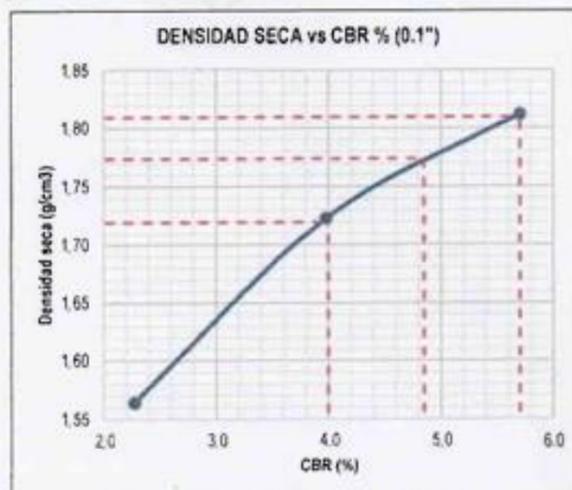
Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 70-850 - BISCHOFITA 0% **Fecha:** JUNIO DEL 2021



%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"				%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"			
Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3	Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3
%C.B.R.	5.71	3.98	2.27	%C.B.R.	10.21	6.13	3.47
Densidad seca (g/cm³)	1.812	1.723	1.564	Densidad seca (g/cm³)	1.812	1.723	1.564

Máxima Densidad Seca	1.81	g/cm³
Óptimo Contenido de humedad	12.90	%

%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"		%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"	
CBR al 100% de la MDS	5.7 %	CBR al 100% de la MDS	10.2 %
CBR al 95% de la MDS	4.9 %	CBR al 95% de la MDS	8.4 %
CBR al 90% de la MDS	4.0 %	CBR al 90% de la MDS	6.1 %



IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
PEDRO ABENGOA HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
ANGEL ROSA HUANCA BORDA
MSc. ING. CIVIL REG. CAP. 9334

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 70-850 - BISCHOFITA 0% **Fecha:** JUNIO DEL 2021

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso de suelo húmedo + Molde (g)	12743	12764	12080	12143	11681	11749
Peso molde (g)	8395	8395	7920	7920	7910	7910
Peso de suelo húmedo (g)	4348	4369	4160	4223	3771	3839
Volumen molde (cm ³)	2126	2126	2140	2140	2137	2137
Volumen del Disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.045	2.055	1.944	1.974	1.765	1.797

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Nombre de la Tara	1	2	3	4	5	6
Peso del suelo húmedo (g)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco (g)	442.92	438.65	443.11	434.41	443.24	431.16
Peso de Agua (g)	57.08	61.35	56.89	65.59	56.76	68.84
Contenido de humedad (%)	12.89	13.99	12.84	15.10	12.81	15.97
Densidad seca (g/cm ³)	1.812	1.803	1.723	1.715	1.564	1.549

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 h	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
24 h	7	0.178	0.143	6	0.152	0.123	6	0.152	0.123
48 h	10	0.254	0.205	8	0.203	0.164	7	0.178	0.143
72 h	11	0.279	0.225	10	0.254	0.205	10	0.254	0.205
96 h	11	0.279	0.225	11	0.279	0.225	11	0.279	0.225

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
Penetración (pulg)	MOLDE 1 Fuerza (Kg)	MOLDE 1 Fuerza (lb)	56 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 2 Fuerza (Kg)	MOLDE 2 Fuerza (lb)	25 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 3 Fuerza (Kg)	MOLDE 3 Fuerza (lb)	10 GOLPES (lb/pulg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	13.7	30.2	9.6	8.1	17.9	5.7	6.5	14.3	4.6
0.050	36.6	80.7	25.7	24.1	53.1	16.9	15.3	33.7	10.7
0.075	55.6	122.6	39.0	40.6	89.5	28.5	24.8	54.7	17.4
0.100	81.3	179.2	57.1	56.7	125.0	39.8	32.4	71.4	22.7
0.125	110.4	243.4	77.5	74.4	164.0	52.2	41.9	92.4	29.4
0.150	146.8	323.6	103.0	96.0	211.6	67.4	50.9	112.2	35.7
0.175	183.6	404.8	128.8	113.8	250.9	79.9	60.9	134.3	42.7
0.200	218.2	481.0	153.1	131.0	288.8	91.9	74.1	163.4	52.0
0.300	343.8	757.9	241.3	208.8	460.3	146.5	102.0	224.9	71.6
0.400	461.2	1016.8	323.6	267.6	589.9	167.8	128.5	283.3	90.2
0.500	547.3	1206.6	384.1	316.2	697.1	221.9	140.1	308.9	98.3

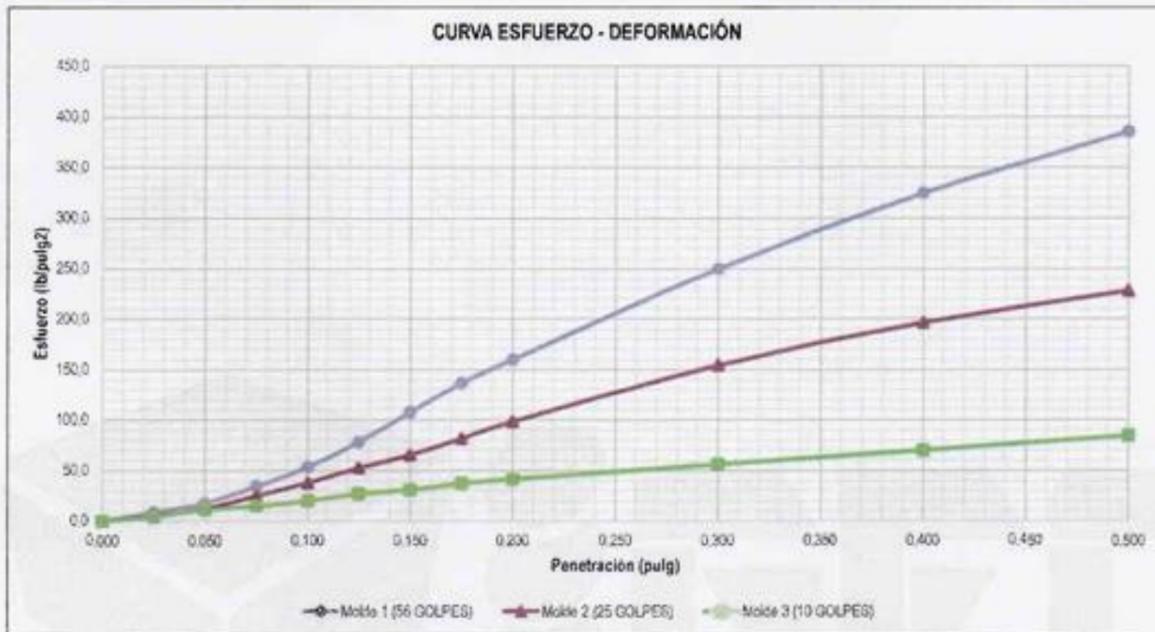
IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO MAREGOL HUANCÁ UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCÁ BORDA
MSc. ING CIVIL REG. CAP 9330-4

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

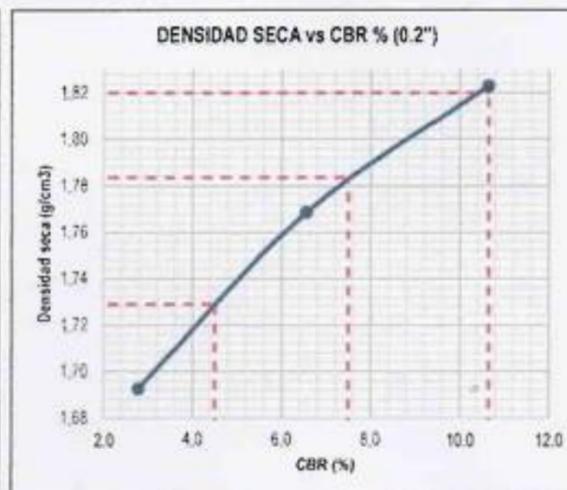
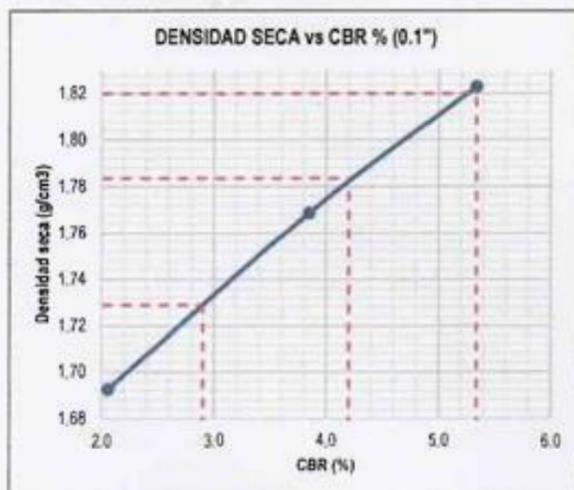
Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA – CAMNACA, 2021
 Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 Procedencia: KM. 71+350 - BISCHOFITA 0% Fecha: JUNIO DEL 2021



%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"				%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"			
Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3	Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3
%C.B.R	5.34	3.85	2.06	%C.B.R	10.65	6.56	2.78
Densidad seca (g/cm³)	1.823	1.769	1.693	Densidad seca (g/cm³)	1.823	1.769	1.693

Máxima Densidad Seca	:	1.82	g/cm³	Máxima Densidad Seca	:	1.82	g/cm³
Óptimo Contenido de humedad	:	12.40	%	Óptimo Contenido de humedad	:	12.70	%

%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"				
CBR al 100% de la MDS	:	5.3	%	CBR al 100% de la MDS	:	10.6	%
CBR al 98% de la MDS	:	4.2	%	CBR al 98% de la MDS	:	7.5	%
CBR al 95% de la MDS	:	2.9	%	CBR al 95% de la MDS	:	4.5	%




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 PEDRO ROSAN JUANCA UMPIRI
 TÉCNICO LABORATORIO GEOTECNICO




IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 ANGEL ROSAN JUANCA BORDA
 INGENIERO CIVIL INGEN. CAP 5330-

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
 Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 Procedencia: KM. 71+350 - BISCHOFITA 0%

Fecha: JUNIO DEL 2021

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso de suelo húmedo + Molde (g)	12696	12740	12776	12829	12382	12453
Peso molde (g)	8330	8330	8573	8573	8324	8324
Peso de suelo húmedo (g)	4366	4410	4203	4256	4058	4129
Volumen molde (cm ³)	2126	2126	2108	2108	2126	2126
Volumen del Disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.054	2.074	1.994	2.019	1.909	1.942

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Nombre de la Tara	1	2	3	4	5	6
Peso del suelo húmedo (g)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco (g)	443.90	437.31	443.50	435.49	443.36	432.75
Peso de Agua (g)	56.10	62.69	56.50	64.51	56.64	67.25
Contenido de humedad (%)	12.64	14.34	12.74	14.91	12.78	15.54
Densidad seca (g/cm ³)	1.823	1.814	1.759	1.759	1.693	1.681

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 h	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
24 h	7	0.178	0.143	5	0.127	0.102	6	0.152	0.123
48 h	9	0.229	0.184	7	0.178	0.143	9	0.229	0.184
72 h	9	0.229	0.184	10	0.254	0.205	11	0.279	0.225
96 h	10	0.254	0.205	11	0.279	0.225	12	0.305	0.246

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
Penetración (pulg)	MOLDE 1 Fuerza (Kg)	MOLDE 1 Fuerza (lb)	56 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 2 Fuerza (Kg)	MOLDE 2 Fuerza (lb)	25 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 3 Fuerza (Kg)	MOLDE 3 Fuerza (lb)	10 GOLPES (lb/pulg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	12.5	27.6	8.8	7.2	15.9	5.1	6.2	13.7	4.4
0.050	25.9	57.1	18.2	17.9	39.5	12.6	16.9	37.3	11.9
0.075	49.5	109.1	34.7	36.5	80.5	25.6	21.8	48.1	15.3
0.100	76.1	167.8	53.4	54.8	120.8	38.5	29.3	64.6	20.6
0.125	111.5	245.8	78.2	75.5	166.4	53.0	38.9	85.8	27.3
0.150	153.3	338.0	107.6	93.4	205.9	65.5	44.5	98.1	31.2
0.175	194.8	429.5	136.7	116.6	257.1	81.8	53.6	118.2	37.6
0.200	227.6	501.8	159.7	140.2	309.1	98.4	59.4	131.0	41.7
0.300	356.2	785.3	250.0	220.1	485.2	154.5	80.5	177.5	56.5
0.400	462.8	1020.3	324.8	279.9	617.1	196.4	100.0	220.5	70.2
0.500	549.4	1211.2	385.5	324.6	715.6	227.8	120.3	265.2	84.4

IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ANTONIO HUANCA IMPERI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAL HUANCA BORDA
MSc ING CIVIL N.º 5330-4

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

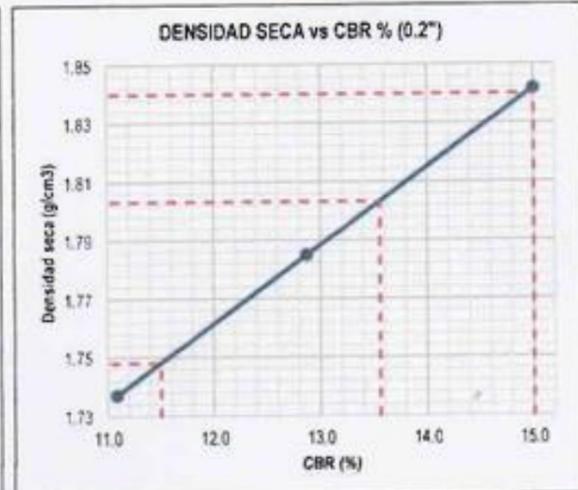
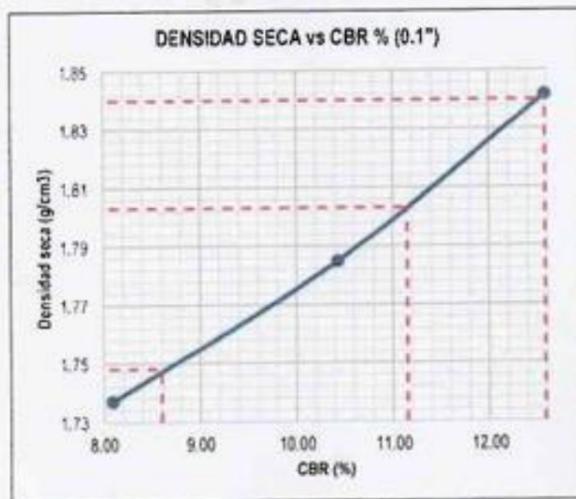
Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 70+350 - BISCHOFITA 5% **Fecha:** JUNIO DEL 2021



%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"				%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"			
Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3	Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3
%C.B.R	12.58	10.43	8.09	%C.B.R	15.00	12.87	11.09
Densidad seca (g/cm³)	1.842	1.785	1.737	Densidad seca (g/cm³)	1.842	1.785	1.737

Máxima Densidad Seca	1.84	g/cm³	Máxima Densidad Seca	1.84	g/cm³
Óptimo Contenido de humedad	11.90	%	Óptimo Contenido de humedad	11.90	%

%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
CBR al 100% de la MDS	12.6	%	CBR al 100% de la MDS	15.0	%
CBR al 98% de la MDS	11.2	%	CBR al 98% de la MDS	13.6	%
CBR al 95% de la MDS	8.6	%	CBR al 95% de la MDS	11.5	%



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ANGELO HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
MSc. ING. CIVIL. REG. CAP. 53304

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA
JULIACA - CAMINACA, 2021

Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Procedencia: KM, 70-350 - BISCHOFITA 5%

Fecha: JUNIO DEL 2021

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso de suelo húmedo - Molde (g)	12345	12464	12748	12855	12452	12610
Peso molde (g)	7920	7920	8507	8507	8330	8330
Peso de suelo húmedo (g)	4425	4544	4241	4348	4122	4280
Volumen molde (cm ³)	2140	2140	2126	2126	2126	2126
Volumen del Disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.068	2.124	1.995	2.045	1.939	2.013

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Nombre de la Tara	1	2	3	4	5	6
Peso del suelo húmedo (g)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco (g)	445.30	429.26	447.40	426.00	447.97	426.20
Peso de Agua (g)	54.70	70.74	52.60	72.00	52.03	73.80
Contenido de humedad (%)	12.28	16.48	11.76	16.82	11.61	17.32
Densidad seca (g/cm ³)	1.842	1.823	1.785	1.751	1.737	1.716

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 h	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
24 h	5	0.127	0.102	6	0.152	0.123	6	0.152	0.123
48 h	8	0.203	0.164	8	0.203	0.164	9	0.229	0.184
72 h	10	0.254	0.205	12	0.305	0.246	11	0.279	0.225
96 h	11	0.279	0.225	12	0.305	0.246	12	0.305	0.246

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
Penetración (pulg)	MOLDE 1 Fuerza (Kg)	MOLDE 1 Fuerza (lb)	56 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 2 Fuerza (Kg)	MOLDE 2 Fuerza (lb)	25 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 3 Fuerza (Kg)	MOLDE 3 Fuerza (lb)	10 GOLPES (lb/pulg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	43.9	96.8	30.8	21.3	47.0	14.9	8.1	17.9	5.7
0.050	85.6	188.7	60.1	54.3	141.8	45.1	34.2	75.4	24.0
0.075	136.2	300.3	95.6	106.2	234.1	74.5	76.8	169.3	53.9
0.100	179.3	395.3	125.8	148.7	327.8	104.3	115.3	254.2	80.9
0.125	217.3	479.1	152.5	179.3	395.3	125.8	146.3	322.5	102.7
0.150	253.1	558.0	177.6	211.5	465.3	148.4	175.4	386.7	123.1
0.175	290.4	640.2	203.8	245.7	541.7	172.4	208.6	459.9	146.4
0.200	320.7	707.0	225.0	275.1	606.5	193.0	237.0	522.5	166.3
0.300	399.6	881.0	280.4	332.9	733.9	233.6	291.8	643.3	204.8
0.400	481.0	1060.4	337.5	397.0	875.2	278.6	340.7	751.1	239.1
0.500	559.0	1232.4	392.3	449.8	991.6	315.6	379.7	837.1	266.5

IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
PEDRO ROSAN HUANCA INIPRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
MSC. ING. CIVIL REG. CIP 9330

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

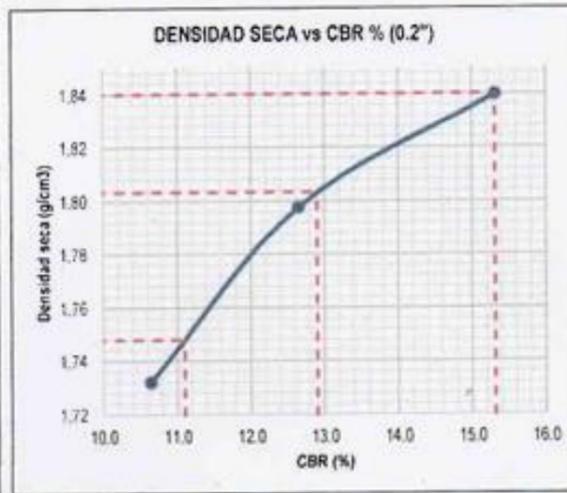
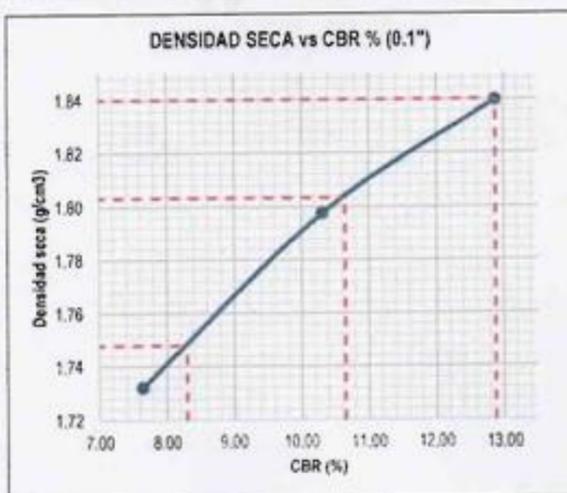
Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
 Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 Procedencia: KM. 70+850 - BISCHOFITA 5%
 Fecha: JUNIO DEL 2021



%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"				%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"			
Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3	Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3
%C.B.R.	12.86	10.32	7.64	%C.B.R.	15.32	12.65	10.64
Densidad seca (g/cm³)	1.840	1.798	1.732	Densidad seca (g/cm³)	1.840	1.798	1.732

Máxima Densidad Seca	:	1.84	g/cm³	Máxima Densidad Seca	:	1.84	g/cm³
Óptimo Contenido de humedad	:	11.50	%	Óptimo Contenido de humedad	:	11.50	%

%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"		%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"					
CBR al 100% de la MDS	:	12.9	%	CBR al 100% de la MDS	:	15.3	%
CBR al 99% de la MDS	:	10.7	%	CBR al 99% de la MDS	:	12.9	%
CBR al 95% de la MDS	:	8.3	%	CBR al 95% de la MDS	:	11.1	%



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ARMANDO HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSA HUANCA BORDA
INGENIERO CIVIL INSA. CAP 53344

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA – CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 70+850 - BISCHOFITA 5% **Fecha:** JUNIO DEL 2021

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso de suelo húmedo + Molde (g)	12321	12462	12202	12327	12443	12585
Peso molde (g)	7920	7920	7910	7910	8330	8330
Peso de suelo húmedo (g)	4401	4542	4292	4417	4113	4255
Volumen molde (cm ³)	2140	2140	2137	2137	2126	2126
Volumen del Disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.057	2.123	2.008	2.067	1.934	2.001

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Nombre de la Tara	1	2	3	4	5	6
Peso del suelo húmedo (g)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco (g)	447.25	430.81	447.56	430.20	447.69	427.98
Peso de Agua (g)	52.75	69.19	52.44	69.80	52.31	72.02
Contenido de humedad (%)	11.79	16.06	11.72	16.23	11.68	16.83
Densidad seca (g/cm ³)	1.840	1.829	1.798	1.778	1.732	1.713

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 h	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
24 h	5	0.127	0.102	5	0.127	0.102	7	0.178	0.143
48 h	9	0.229	0.184	7	0.178	0.143	8	0.203	0.164
72 h	10	0.254	0.205	11	0.279	0.225	10	0.254	0.205
96 h	11	0.279	0.225	12	0.305	0.246	13	0.330	0.266

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
Penetración (pulg)	MOLDE 1 Fuerza (Kg)	MOLDE 1 Fuerza (lb)	56 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 2 Fuerza (Kg)	MOLDE 2 Fuerza (lb)	25 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 3 Fuerza (Kg)	MOLDE 3 Fuerza (lb)	10 GOLPES (lb/pulg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	44.8	98.8	31.4	27.7	61.1	19.4	12.9	28.4	9.1
0.050	88.7	195.5	62.2	65.3	144.0	45.8	39.5	87.1	27.7
0.075	139.0	306.4	97.5	106.5	234.8	74.7	74.0	163.1	51.9
0.100	183.5	404.5	128.8	147.0	324.1	103.2	108.9	240.1	76.4
0.125	223.8	493.4	157.0	183.3	404.1	128.6	143.7	316.8	100.8
0.150	259.4	571.9	182.0	211.3	465.8	148.3	176.6	389.3	123.9
0.175	294.3	648.8	206.5	241.8	533.1	169.7	206.2	454.6	144.7
0.200	327.4	721.8	229.8	270.4	596.1	189.8	227.5	501.5	159.6
0.300	423.5	933.6	297.2	341.3	752.4	239.5	284.3	635.6	202.3
0.400	502.1	1106.9	352.3	396.4	873.9	278.2	336.7	742.3	236.3
0.500	579.1	1276.7	406.4	452.1	996.7	317.3	365.5	805.8	256.5

IGEO FIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ROSAL HUANCA BRIPPI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



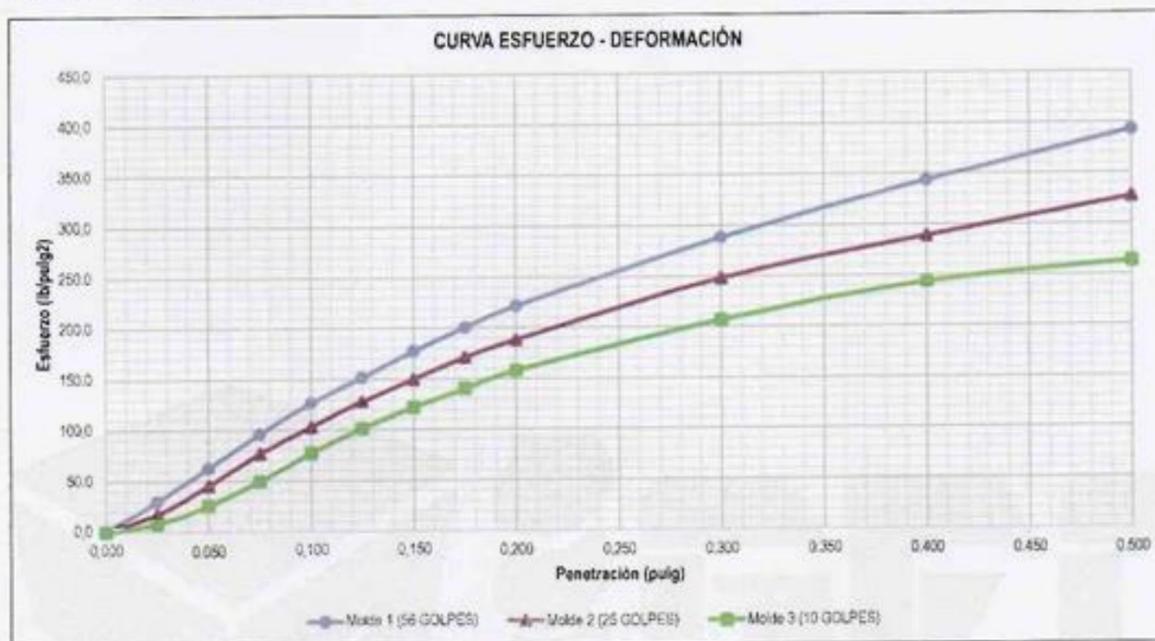
IGEO FIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAL HUANCA BORDA
MSc. ING. CIVIL. REG. CAP. 53304

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACION DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021

Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 71+350 - BISCHOFITA 5%

Fecha: JUNIO DEL 2021



%CBR PARA UNA PENETRACION DE 0.1"			
Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3
%C.B.R.	12.67	10.30	7.73
Densidad seca (g/cm³)	1.848	1.798	1.723

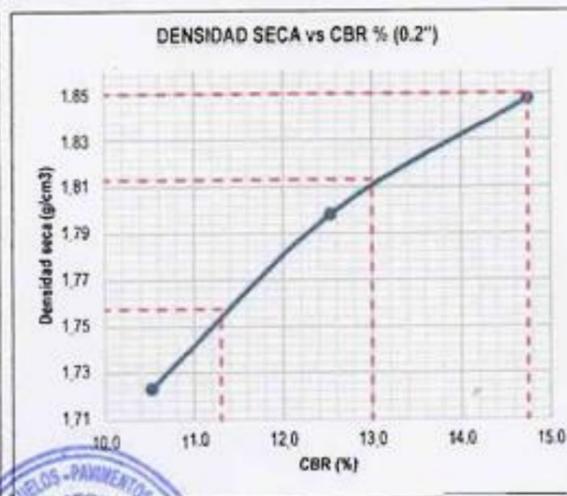
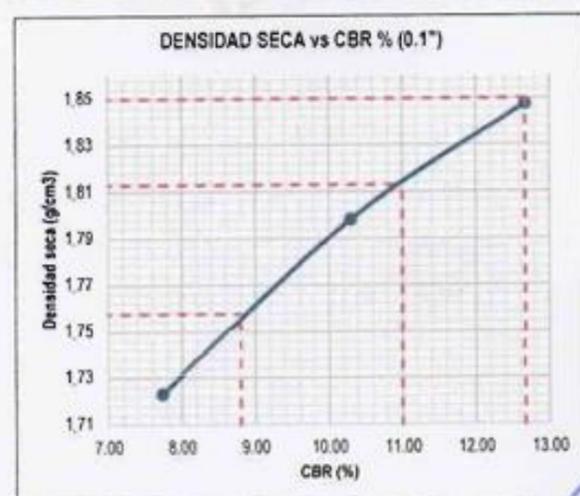
%CBR PARA UNA PENETRACION DE 0.2"			
Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3
%C.B.R.	14.75	12.53	10.52
Densidad seca (g/cm³)	1.848	1.798	1.723

Máxima Densidad Seca	: 1.85	g/cm³
Óptimo Contenido de humedad	: 11.70	%

Máxima Densidad Seca	: 1.85	g/cm³
Óptimo Contenido de humedad	: 11.70	%

%CBR PARA UNA PENETRACION DE 0.1"	
CBR al 100% de la MDS	: 12.7 %
CBR al 98% de la MDS	: 11.0 %
CBR al 95% de la MDS	: 8.8 %

%CBR PARA UNA PENETRACION DE 0.2"	
CBR al 100% de la MDS	: 14.8 %
CBR al 98% de la MDS	: 13.0 %
CBR al 95% de la MDS	: 11.3 %



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO SANCHEZ OLIVERA
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSA MORALES
ING. CIVIL RSG - CAP 53304

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA
JULIACA - CAMINACA, 2021

Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Procedencia: KM. 71+350 - BISCHOFITA 5%

Fecha: JUNIO DEL 2021

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso de suelo húmedo + Molde (g)	12339	12408	12602	12689	12626	12704
Peso molde (g)	7910	7910	8330	8330	8573	8573
Peso de suelo húmedo (g)	4429	4498	4272	4359	4053	4131
Volumen molde (cm ³)	2137	2137	2126	2126	2108	2108
Volumen del Disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.073	2.105	2.010	2.050	1.923	1.960

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Nombre de la Tara	1	2	3	4	5	6
Peso del suelo húmedo (g)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco (g)	445.71	433.88	447.43	433.02	448.05	433.20
Peso de Agua (g)	54.29	66.12	52.57	66.98	51.95	66.80
Contenido de humedad (%)	12.18	15.24	11.75	15.47	11.59	15.42
Densidad seca (g/cm ³)	1.848	1.827	1.798	1.776	1.723	1.698

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 h	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
24 h	4	0.102	0.062	6	0.152	0.123	5	0.127	0.102
48 h	8	0.203	0.164	8	0.203	0.164	9	0.229	0.184
72 h	11	0.279	0.225	11	0.275	0.225	10	0.254	0.205
96 h	11	0.279	0.225	12	0.305	0.246	12	0.305	0.246

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
Penetración (pulg)	MOLDE 1 Fuerza (Kg)	MOLDE 1 Fuerza (lb)	56 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 2 Fuerza (Kg)	MOLDE 2 Fuerza (lb)	25 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 3 Fuerza (Kg)	MOLDE 3 Fuerza (lb)	10 GOLPES (lb/pulg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	43.1	95.0	30.2	24.7	54.5	17.3	10.7	23.6	7.5
0.050	89.1	196.4	62.5	65.0	143.3	45.6	36.8	81.1	25.8
0.075	136.6	301.1	96.9	109.7	241.8	77.0	70.7	155.9	49.6
0.100	180.6	398.1	129.7	146.8	323.6	103.0	110.2	242.9	77.3
0.125	216.1	476.4	151.6	182.5	402.3	128.1	144.0	317.5	101.1
0.150	252.6	556.9	177.3	213.5	470.7	149.8	173.9	383.4	122.0
0.175	285.4	629.2	200.3	243.8	537.5	171.1	200.0	440.9	140.3
0.200	315.3	695.1	221.3	267.9	590.6	188.0	224.9	495.8	157.8
0.300	410.7	905.4	288.2	353.6	779.5	248.1	294.6	649.5	206.7
0.400	489.2	1078.5	343.3	411.6	907.4	288.8	347.2	765.4	243.6
0.500	560.2	1235.0	393.1	466.0	1027.3	327.0	375.3	827.4	263.4

IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO A. BÉNEZOL HUANCÁ UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCÁ BORDA
MBC ING CIVIL REG. CIP 5330

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

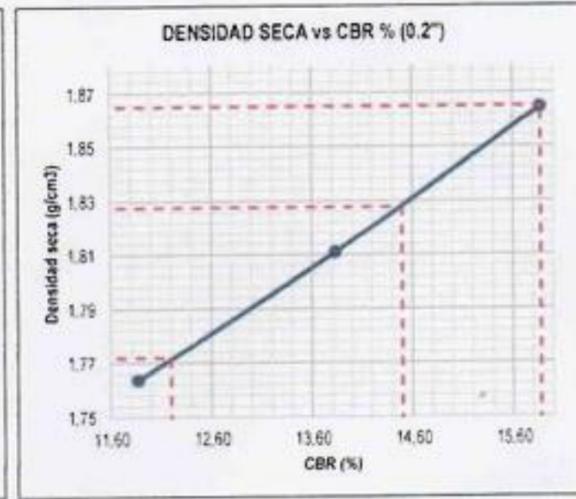
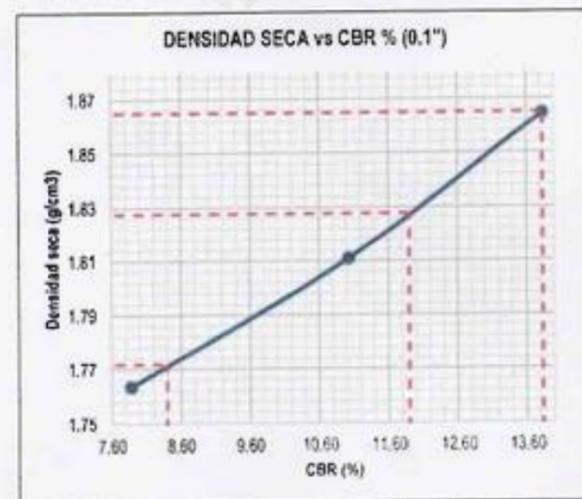
Proyecto: APLICACION DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACION DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 70+350 - BISCHOFITA 7% **Fecha:** JUNIO DEL 2021



%CBR PARA UNA PENETRACION DE 0.1"				%CBR PARA UNA PENETRACION DE 0.2"			
Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3	Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3
%C.B.R.	13.83	11.03	7.88	%C.B.R.	15.87	13.83	11.87
Densidad seca (g/cm³)	1.865	1.811	1.764	Densidad seca (g/cm³)	1.865	1.811	1.764

Máxima Densidad Seca	1.87	g/cm³	Máxima Densidad Seca	1.87	g/cm³
Óptimo Contenido de humedad	11.60	%	Óptimo Contenido de humedad	11.60	%

%CBR PARA UNA PENETRACION DE 0.1"				%CBR PARA UNA PENETRACION DE 0.2"			
CBR al 100% de la MDS		13.8	%	CBR al 100% de la MDS		15.9	%
CBR al 98% de la MDS		11.9	%	CBR al 98% de la MDS		14.5	%
CBR al 95% de la MDS		8.4	%	CBR al 95% de la MDS		12.2	%



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ARMANDO HUANCA UMRINI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
MSC ING CIVIL REG. CIP 93304

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 70+350 - BISCHOFITA 7% **Fecha:** JUNIO DEL 2021

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso de suelo húmedo + Molde (g)	12364	12504	12590	12708	12720	12823
Peso molde (g)	7910	7910	8330	8330	8573	8573
Peso de suelo húmedo (g)	4454	4594	4260	4378	4147	4250
Volumen molde (cm ³)	2137	2137	2108	2108	2108	2108
Volumen del Disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.084	2.150	2.021	2.077	1.967	2.016

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Nombre de la Tara	1	2	3	4	5	6
Peso del suelo húmedo (g)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco (g)	447.30	431.76	448.00	431.02	448.20	430.11
Peso de Agua (g)	52.70	68.24	52.00	68.98	51.80	69.89
Contenido de humedad (%)	11.78	15.81	11.61	16.00	11.56	16.25
Densidad seca (g/cm ³)	1.865	1.856	1.811	1.790	1.764	1.734

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 h	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
24 h	5	0.127	0.102	6	0.152	0.123	5	0.127	0.102
48 h	9	0.229	0.184	9	0.254	0.205	8	0.203	0.164
72 h	10	0.254	0.205	10	0.254	0.205	10	0.254	0.205
96 h	10	0.254	0.205	11	0.279	0.225	10	0.254	0.205

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
Penetración (pulg)	MOLDE 1 Fuerza (Kg)	MOLDE 1 Fuerza (lb)	56 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 2 Fuerza (Kg)	MOLDE 2 Fuerza (lb)	25 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 3 Fuerza (Kg)	MOLDE 3 Fuerza (lb)	10 GOLPES (lb/pulg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	37.6	82.9	26.4	27.1	59.7	19.0	16.8	37.0	11.8
0.050	90.8	200.2	63.7	66.1	145.7	46.4	42.0	92.6	29.5
0.075	145.2	320.1	101.9	107.4	236.8	75.4	72.7	160.3	51.0
0.100	197.1	434.5	138.3	157.2	346.6	110.3	112.3	247.6	78.8
0.125	239.4	527.8	168.0	198.0	436.5	138.9	154.6	340.8	108.5
0.150	280.0	617.3	196.5	237.3	523.1	166.5	192.0	423.3	134.7
0.175	315.5	696.5	221.4	272.6	601.0	191.3	225.1	496.3	158.0
0.200	339.3	748.0	238.1	295.7	651.9	207.5	253.8	559.5	178.1
0.300	393.0	866.4	275.8	345.1	760.8	242.2	301.0	663.6	211.2
0.400	421.3	928.8	295.6	389.5	814.6	259.3	321.4	708.6	225.5
0.500	444.0	978.8	311.6	390.6	861.1	274.1	337.0	742.9	236.5

IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
PEDRO ADRIÁN HUANCA UMPIRI
TÉCNICO LABORATORIO GEOTÉCNICO



IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
ANGEL ROMAN HUANCA BORDA
MSc. ING. CIVIL, REG. CAP. 53304

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

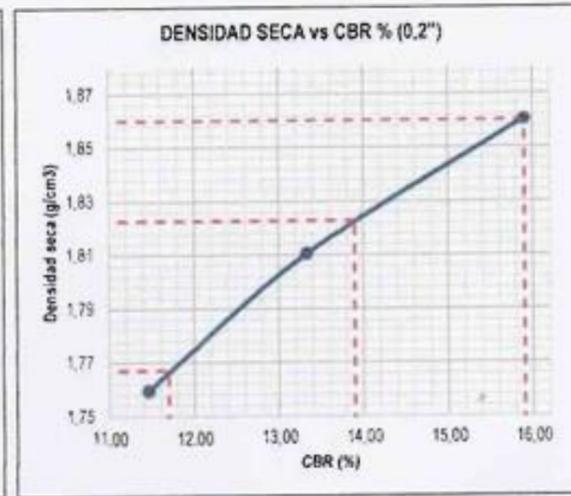
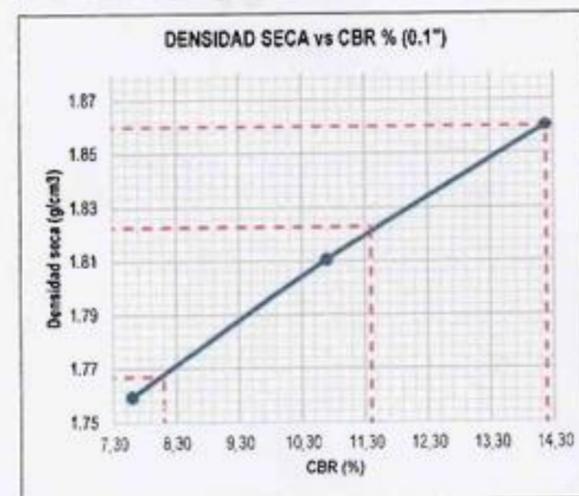
Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA – CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 70-850 - BISCHOFITA 7% **Fecha:** JUNIO DEL 2021



%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"				%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"			
Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3	Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3
%C.B.R.	14.18	10.69	7.60	%C.B.R.	15.90	13.33	11.46
Densidad seca (g/cm3)	1.860	1.811	1.759	Densidad seca (g/cm3)	1.860	1.811	1.759

Máxima Densidad Seca	:	1.86	g/cm3	Máxima Densidad Seca	:	1.86	g/cm3
Óptimo Contenido de humedad	:	11.50	%	Óptimo Contenido de humedad	:	11.50	%

%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"		%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"					
CBR al 100% de la MDS	:	14.2	%	CBR al 100% de la MDS	:	15.9	%
CBR al 98% de la MDS	:	11.4	%	CBR al 98% de la MDS	:	13.9	%
CBR al 95% de la MDS	:	8.1	%	CBR al 95% de la MDS	:	11.7	%



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ANTONIO HUANCA UNPISI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAR HUANCA BORDA
MSc. ING. CIVIL. MSc. CAP 5330

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA
JULIACA – CAMINACA, 2021

Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Procedencia: KM. 70+850 - BISCHOFITA 7% Fecha: JUNIO DEL 2021

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso de suelo húmedo + Molde (g)	12810	12898	12226	12282	12709	12799
Peso molde (g)	8395	8395	7910	7910	8573	8573
Peso de suelo húmedo (g)	4415	4503	4316	4372	4136	4226
Volumen molde (cm ³)	2126	2126	2137	2137	2108	2108
Volumen del Disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.077	2.119	2.020	2.046	1.962	2.005

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Nombre de la Tara	1	2	3	4	5	6
Peso del suelo húmedo (g)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco (g)	447.84	435.90	448.21	435.02	448.33	435.20
Peso de Agua (g)	52.16	64.10	51.79	64.98	51.67	64.80
Contenido de humedad (%)	11.65	14.71	11.55	14.94	11.52	14.89
Densidad seca (g/cm ³)	1.860	1.847	1.811	1.780	1.759	1.745

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 h	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
24 h	6	0.152	0.123	6	0.152	0.123	6	0.152	0.123
48 h	9	0.229	0.184	10	0.254	0.205	9	0.229	0.184
72 h	10	0.254	0.205	10	0.254	0.205	9	0.229	0.184
96 h	11	0.279	0.225	12	0.305	0.246	10	0.254	0.205

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
Penetración (pulg)	MOLDE 1 Fuerza (Kg)	MOLDE 1 Fuerza (lb)	56 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 2 Fuerza (Kg)	MOLDE 2 Fuerza (lb)	25 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 3 Fuerza (Kg)	MOLDE 3 Fuerza (lb)	10 GOLPES (lb/pulg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	37.9	83.6	26.6	27.9	61.5	19.6	15.2	33.5	10.7
0.050	88.7	195.5	62.2	62.7	138.2	44.0	42.6	93.9	29.9
0.075	145.9	321.6	102.4	108.8	239.9	76.3	73.4	161.8	51.5
0.100	202.1	445.5	141.8	152.4	336.0	106.9	108.3	238.8	76.0
0.125	242.0	533.5	169.8	197.7	435.8	138.7	146.4	322.8	102.7
0.150	283.1	624.1	198.7	235.9	520.1	165.5	184.9	407.6	129.8
0.175	316.1	696.9	221.8	265.3	584.9	186.2	217.3	479.1	152.5
0.200	339.9	749.3	238.5	285.0	628.3	200.0	245.0	540.1	171.9
0.300	393.4	867.3	276.1	345.7	752.1	242.6	303.8	669.8	213.2
0.400	425.8	938.7	298.6	377.4	832.0	264.8	327.6	722.2	229.9
0.500	443.5	977.7	311.2	393.7	867.9	276.3	346.3	763.4	243.0

IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO APARECÍD HUANCA UMPIRI
M.E.C. LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSA HUANCA BORDA
M.E.C. ING. CIVIL REG. CIP 52304

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

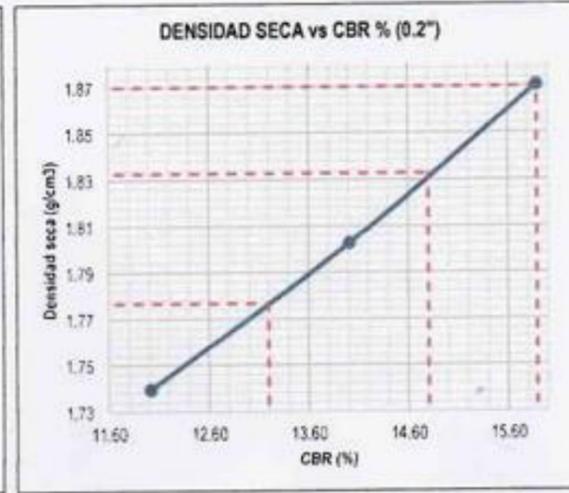
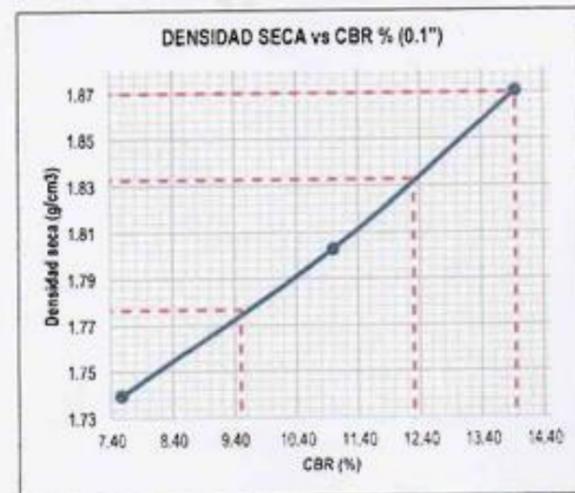
Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
 Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 Procedencia: KM. 71+350 - BISCHOFITA 7%
 Fecha: JUNIO DEL 2021



%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"				%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"			
Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3	Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3
%C.B.R.	13.95	11.00	7.57	%C.B.R.	15.89	14.02	12.02
Densidad seca (g/cm³)	1.871	1.803	1.740	Densidad seca (g/cm³)	1.871	1.803	1.740

Máxima Densidad Seca	1.87	g/cm³	Máxima Densidad Seca	1.87	g/cm³
Óptimo Contenido de humedad	11.70	%	Óptimo Contenido de humedad	11.70	%

%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"		%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"	
CBR al 100% de la MDS	14.0 %	CBR al 100% de la MDS	15.9 %
CBR al 95% de la MDS	12.3 %	CBR al 95% de la MDS	14.8 %
CBR al 90% de la MDS	9.5 %	CBR al 95% de la MDS	13.2 %



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ANTONIO HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
INGENIERO GEOTECNICO

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 71+350 - B/SCHOFFITA 7% **Fecha:** JUNIO DEL 2021

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso de suelo húmedo + Molde (g)	12392	12463	12603	12793	12449	12544
Peso molde (g)	7920	7920	8330	8330	8324	8324
Peso de suelo húmedo (g)	4472	4543	4273	4373	4125	4220
Volumen molde (cm ³)	2140	2140	2126	2126	2126	2126
Volumen del Disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.090	2.123	2.010	2.057	1.940	1.985

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Nombre de la Tara	1	2	3	4	5	6
Peso del suelo húmedo (g)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco (g)	447.55	436.82	448.43	436.30	448.24	435.11
Peso de Agua (g)	52.45	63.18	51.57	63.70	51.76	64.89
Contenido de humedad (%)	11.72	14.46	11.50	14.60	11.55	14.91
Densidad seca (g/cm ³)	1.871	1.855	1.803	1.795	1.740	1.727

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 h	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
24 h	7	0.178	0.143	6	0.152	0.123	6	0.152	0.123
48 h	8	0.203	0.164	9	0.229	0.184	7	0.178	0.143
72 h	10	0.254	0.205	9	0.229	0.184	9	0.229	0.184
96 h	10	0.254	0.205	11	0.279	0.225	9	0.229	0.184

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
Penetración (cm)	MOLDE 1 Fuerza (Kg)	MOLDE 1 Fuerza (lb)	56 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 2 Fuerza (Kg)	MOLDE 2 Fuerza (lb)	25 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 3 Fuerza (Kg)	MOLDE 3 Fuerza (lb)	10 GOLPES (lb/pulg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	35.8	78.9	25.1	25.7	56.7	18.0	16.2	35.7	11.4
0.050	91.5	201.7	64.2	64.5	142.2	45.3	40.5	89.3	28.4
0.075	149.5	329.6	104.9	110.6	243.8	77.6	70.9	156.3	49.8
0.100	198.6	438.3	139.5	156.8	345.7	110.0	107.9	237.9	75.7
0.125	241.6	532.6	169.5	202.3	446.0	142.0	149.2	328.9	104.7
0.150	281.5	620.6	197.5	245.9	542.1	172.6	196.7	433.6	138.0
0.175	315.3	695.1	221.3	280.1	617.5	196.6	231.0	509.3	162.1
0.200	339.6	748.7	238.3	299.6	660.5	210.2	256.9	566.4	180.3
0.300	390.1	860.0	273.7	349.3	770.1	245.1	304.8	672.0	213.9
0.400	425.7	938.5	298.7	382.9	844.1	268.7	326.5	719.8	229.1
0.500	453.2	999.1	318.0	409.9	903.7	287.6	344.7	759.9	241.9

IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ARIAS GONZALEZ HUANCA UMPIRI
TITNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAR HUANCA BORDA
MSC ING CIVIL REG. CIP 53304

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

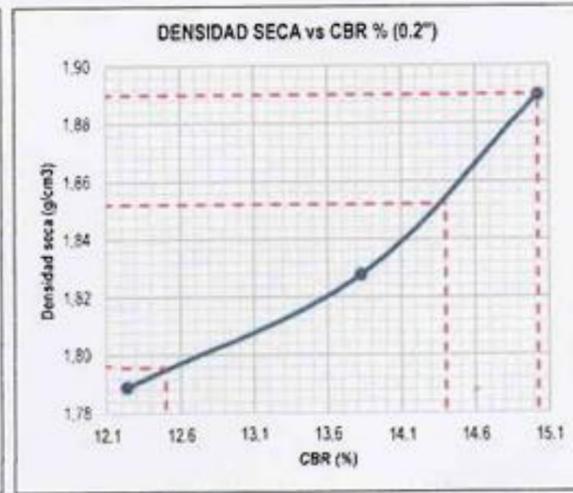
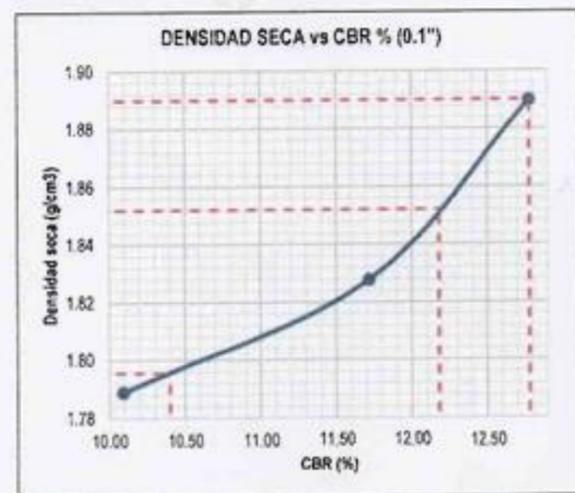
Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 70+350 - BISCHOFITA 9%
Fecha: JUNIO DEL 2021



%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"				%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"			
Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3	Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3
%C.B.R.	12.78	11.72	10.09	%C.B.R.	15.03	13.83	12.24
Densidad seca (g/cm ³)	1.890	1.828	1.789	Densidad seca (g/cm ³)	1.890	1.828	1.789

Máxima Densidad Seca	1.89	g/cm ³	Máxima Densidad Seca	1.89	g/cm ³
Óptimo Contenido de humedad	9.70	%	Óptimo Contenido de humedad	9.70	%

%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
CBR al 100% de la MDS	12.8	%	CBR al 100% de la MDS	15.0	%
CBR al 98% de la MDS	12.2	%	CBR al 98% de la MDS	14.4	%
CBR al 95% de la MDS	10.4	%	CBR al 95% de la MDS	12.5	%



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ARMANDO HUANCA UMPIRI
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
MSc. ING. CIVIL MSc. CAP 80304

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
 Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 Procedencia: KM. 70+350 - BISCHOFITA 9%
 Fecha: JUNIO DEL 2021

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso de suelo húmedo + Molde (g)	12808	12834	12211	12277	12670	12805
Peso molde (g)	8395	8395	7920	7920	8507	8507
Peso de suelo húmedo (g)	4413	4439	4291	4357	4163	4298
Volumen molde (cm ³)	2126	2126	2140	2140	2126	2126
Volumen del Disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.076	2.088	2.005	2.036	1.958	2.022

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Nombre de la Tara	1	2	3	4	5	6
Peso del suelo húmedo (g)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco (g)	455.16	449.92	455.70	446.00	456.80	440.00
Peso de Agua (g)	44.84	50.08	44.30	54.00	43.20	60.00
Contenido de humedad (%)	9.85	11.13	9.72	12.11	9.46	13.64
Densidad seca (g/cm ³)	1.890	1.879	1.828	1.816	1.789	1.779

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 h	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
24 h	7	0.178	0.143	6	0.152	0.123	8	0.203	0.164
48 h	11	0.279	0.225	7	0.178	0.143	10	0.254	0.205
72 h	11	0.279	0.225	11	0.279	0.225	11	0.279	0.225
96 h	11	0.279	0.225	11	0.279	0.225	12	0.305	0.246

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
Penetración (pulg)	MOLDE 1 Fuerza (Kg)	MOLDE 1 Fuerza (lb)	56 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 2 Fuerza (Kg)	MOLDE 2 Fuerza (lb)	25 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 3 Fuerza (Kg)	MOLDE 3 Fuerza (lb)	10 GOLPES (lb/pulg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	49.0	108.0	34.4	38.0	83.8	26.7	26.9	59.3	18.9
0.050	91.3	201.3	64.1	80.6	177.7	56.6	62.2	137.1	43.6
0.075	139.4	307.3	97.8	122.9	270.9	86.2	106.5	234.8	74.7
0.100	182.1	401.5	127.8	167.0	368.2	117.2	143.8	317.0	100.9
0.125	219.8	484.6	154.2	203.3	448.2	142.7	180.2	397.3	126.5
0.150	254.5	561.1	178.6	236.0	520.3	165.6	210.4	463.8	147.6
0.175	288.0	634.9	202.1	267.0	588.6	187.4	235.8	519.8	165.5
0.200	321.2	708.1	225.4	295.6	651.7	207.4	261.6	576.7	183.6
0.300	418.3	922.2	293.5	363.0	800.3	254.7	322.4	710.8	226.2
0.400	496.7	1095.0	348.6	424.0	934.7	297.5	362.1	798.3	254.1
0.500	570.8	1258.4	400.6	475.0	1047.2	333.3	389.5	858.7	273.3

IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
PEDRO ANGELO HUANCA UMPIRI
TÉCNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERÍA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
ING. CIVIL 1986. CAP 16341

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

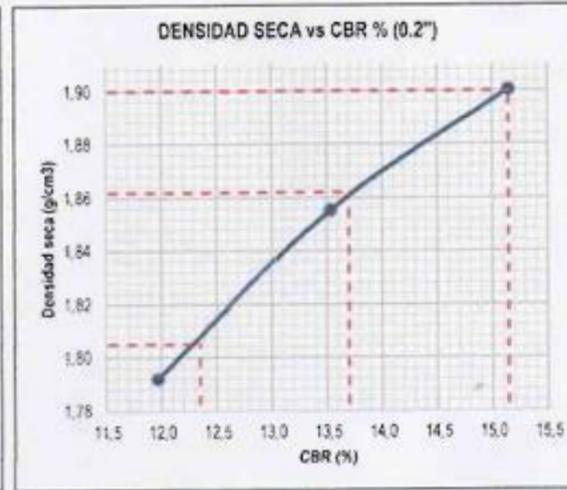
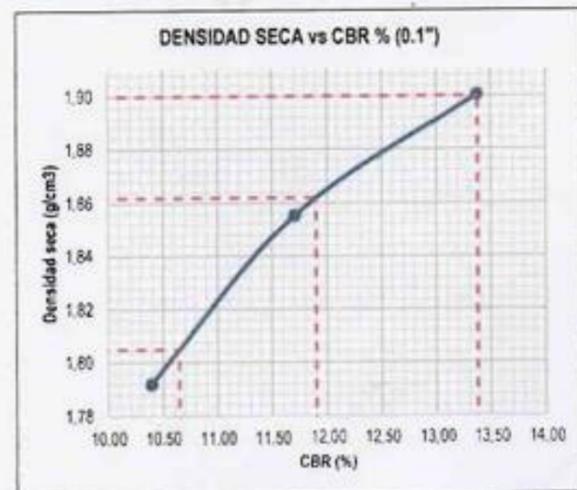
Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 70+850 - BISCHOFITA 9% **Fecha:** JUNIO DEL 2021



%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"				%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"			
Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3	Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3
%C.B.R	13.38	11.71	10.39	%C.B.R	15.15	13.53	11.97
Densidad seca (g/cm³)	1.901	1.855	1.792	Densidad seca (g/cm³)	1.901	1.855	1.792

Máxima Densidad Seca	:	1.90	g/cm³	Máxima Densidad Seca	:	1.90	g/cm³
Óptimo Contenido de humedad	:	9.60	%	Óptimo Contenido de humedad	:	9.60	%

%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"				
CBR al 100% de la MDS	:	13.4	%	CBR al 100% de la MDS	:	15.1	%
CBR al 98% de la MDS	:	11.9	%	CBR al 98% de la MDS	:	13.7	%
CBR al 95% de la MDS	:	10.7	%	CBR al 95% de la MDS	:	12.4	%







IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
 ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
 MSC. ING. CIVIL. REG. CIP 50330-

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 70+850 - BISCHOFITA 9% **Fecha:** JUNIO DEL 2021

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso de suelo húmedo + Molde (g)	12831	12825	12651	12669	12122	12195
Peso molde (g)	8395	8395	8324	8324	7920	7920
Peso de suelo húmedo (g)	4436	4430	4327	4345	4202	4275
Volumen molde (cm ³)	2126	2126	2126	2126	2140	2140
Volumen del Disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.087	2.084	2.035	2.044	1.964	1.998

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Nombre de la Tara	1	2	3	4	5	6
Peso del suelo húmedo (g)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco (g)	455.31	450.07	455.85	447.21	456.23	447.10
Peso de Agua (g)	44.69	49.93	44.15	52.79	43.77	52.90
Contenido de humedad (%)	9.82	11.09	9.69	11.80	9.59	11.83
Densidad seca (g/cm ³)	1.901	1.876	1.855	1.828	1.792	1.787

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 h	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
24 h	6	0.152	0.123	6	0.152	0.123	7	0.178	0.143
48 h	9	0.229	0.184	9	0.229	0.184	9	0.229	0.184
72 h	10	0.254	0.205	11	0.279	0.225	10	0.254	0.205
96 h	11	0.279	0.225	11	0.279	0.225	12	0.305	0.246

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
Penetración (pulg)	MOLDE 1 Fuerza (Kg)	MOLDE 1 Fuerza (lb)	56 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 2 Fuerza (Kg)	MOLDE 2 Fuerza (lb)	25 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 3 Fuerza (Kg)	MOLDE 3 Fuerza (lb)	10 GOLPES (lb/pulg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	90.4	111.1	35.4	38.9	81.3	25.9	28.6	58.6	18.7
0.050	96.9	213.6	68.0	82.8	182.5	58.1	64.4	142.0	45.2
0.075	145.2	320.1	101.9	126.2	278.2	88.6	106.7	235.2	74.9
0.100	190.6	420.2	133.8	166.8	367.7	117.1	148.1	326.5	103.9
0.125	228.7	504.2	160.5	207.1	456.6	145.3	177.1	390.4	124.3
0.150	260.7	574.7	182.9	234.9	517.9	164.8	203.8	449.3	143.0
0.175	292.5	644.8	205.3	265.2	584.7	186.1	231.9	511.2	162.7
0.200	323.8	713.8	227.2	289.3	637.8	203.0	255.8	563.9	179.5
0.300	428.8	945.3	300.9	377.4	832.0	264.8	315.1	694.7	221.1
0.400	503.4	1109.8	353.3	439.9	969.8	308.7	354.7	782.0	248.9
0.500	576.3	1270.5	404.4	472.7	1042.1	331.7	368.6	812.6	258.7



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA
MSC ING CIVIL REG. CIP 53304



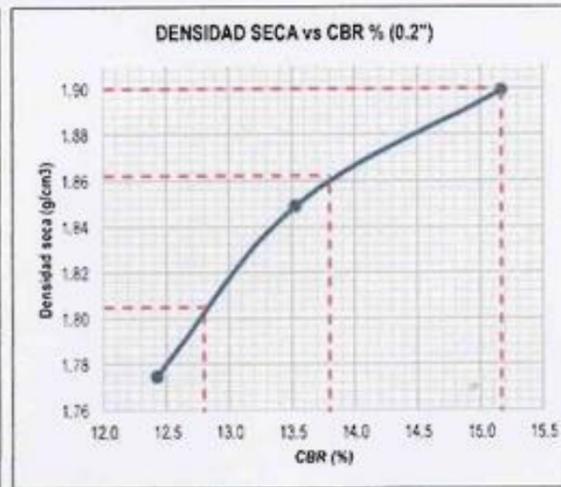
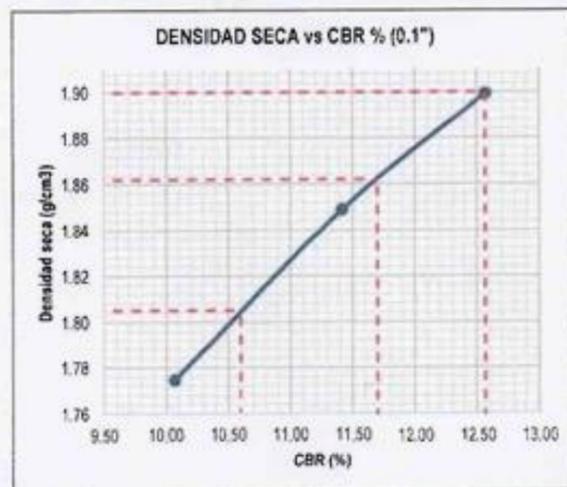


**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA – CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 71-350 - BISCHOFITA 9% **Fecha:** JUNIO DEL 2021



%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"				%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"			
Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3	Molde	Molde 1	Molde 2	Molde 3
%C.B.R	12.57	11.42	10.07	%C.B.R	15.17	13.53	12.43
Densidad seca (g/cm³)	1.899	1.849	1.775	Densidad seca (g/cm³)	1.899	1.849	1.775
Máxima Densidad Seca	1.90 g/cm³			Máxima Densidad Seca	1.90 g/cm³		
Óptimo Contenido de humedad	9.90 %			Óptimo Contenido de humedad	9.90 %		
%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"				%CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"			
CBR al 100% de la MDS	12.6 %			CBR al 100% de la MDS	15.2 %		
CBR al 98% de la MDS	11.7 %			CBR al 98% de la MDS	13.8 %		
CBR al 95% de la MDS	10.6 %			CBR al 95% de la MDS	12.8 %		



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
PEDRO ARTEGO HUANCAMAYO
TECNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
ANGEL ROSAN HUANCAMAYO
MBC ING CIVIL REG. CAP 8330-

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
ASTM D1883**

Proyecto: APLICACIÓN DEL CLORURO DE MAGNESIO COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA INCREMENTAR LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CARRETERA JULIACA - CAMINACA, 2021
Ubicación: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Procedencia: KM. 71+350 - BISCHOFITA 9% **Fecha:** JUNIO DEL 2021

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso de suelo húmedo - Molde (g)	12368	12334	12644	12653	12455	12460
Peso molde (g)	7910	7910	8330	8330	8324	8324
Peso de suelo húmedo (g)	4458	4424	4314	4323	4131	4136
Volumen molde (cm ³)	2137	2137	2126	2126	2126	2126
Volumen del Disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.086	2.070	2.029	2.033	1.943	1.945

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Nombre de la Tara	1	2	3	4	5	6
Peso del suelo húmedo (g)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del suelo seco (g)	455.23	449.95	455.63	446.00	456.66	450.10
Peso de Agua (g)	44.77	50.05	44.37	54.00	43.34	49.90
Contenido de humedad (%)	9.83	11.12	9.74	12.11	9.49	11.09
Densidad seca (g/cm ³)	1.899	1.863	1.849	1.814	1.775	1.751

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DE DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 h	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
24 h	8	0.203	0.164	7	0.178	0.143	7	0.178	0.143
48 h	10	0.254	0.205	8	0.203	0.164	9	0.229	0.184
72 h	11	0.279	0.225	11	0.279	0.225	11	0.279	0.225
96 h	11	0.279	0.225	11	0.279	0.225	12	0.305	0.246

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
Penetración (pulg)	MOLDE 1 Fuerza (Kg)	MOLDE 1 Fuerza (lb)	56 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 2 Fuerza (Kg)	MOLDE 2 Fuerza (lb)	25 GOLPES (lb/pulg ²)	MOLDE 3 Fuerza (Kg)	MOLDE 3 Fuerza (lb)	10 GOLPES (lb/pulg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	56.2	110.7	35.2	36.8	81.1	25.8	24.8	54.7	17.4
0.050	91.2	201.1	64.0	82.7	182.3	58.0	64.4	142.0	45.2
0.075	141.4	311.7	99.2	123.9	273.1	86.9	107.9	237.9	75.7
0.100	179.1	394.8	125.7	162.7	358.7	114.2	143.5	316.4	100.7
0.125	222.5	490.5	156.1	201.2	443.6	141.2	179.7	396.2	126.1
0.150	259.6	572.3	182.2	237.1	522.7	166.4	215.2	474.4	151.0
0.175	296.8	654.3	208.3	266.8	588.2	187.2	243.7	537.3	171.0
0.200	324.3	714.9	227.6	289.2	637.6	202.9	265.6	585.5	186.4
0.300	416.2	917.5	292.1	373.2	822.6	261.9	330.5	728.6	231.9
0.400	479.8	1057.8	336.7	431.0	950.2	302.5	380.4	838.6	266.9
0.500	525.7	1159.0	368.9	474.8	1046.7	333.2	410.4	904.8	288.0

IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
[Firma]
PEDRO ABELLO HUANCA UMPIRI
TÉCNICO LABORATORIO GEOTECNICO



IGEO EIRL
INGENIERIA & GEOTECNIA
[Firma]
ANGEL ROSA HUANCA BORDA
BSC ING CIVIL, MSO, CAP 53304



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

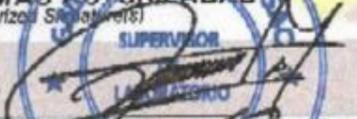


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA
Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA: <i>Instrument</i>	MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN	Pág. 1 de 3
Rangos <i>Measurement range</i>	5 000 kgf	
FABRICANTE <i>Manufacturer</i>	A&A INSTRUMENTS	
Modelo <i>Model</i>	STM-1	
Serie <i>Identification number</i>	130811	
Ubicación de la máquina <i>Location of the machine</i>	LAB. DE FUERZA DE G&L LABORATORIO S.A.C	
Norma de referencia <i>Norm of used reference</i>	NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)	
Intervalo calibrado <i>Calibrated interval</i>	Del 10% al 100% del Rango	
Solicitante <i>Customer</i>	P & G INGENIERIA & PROYECTOS GEOTECNICOS E.I.R.L	
Dirección <i>Address</i>	PRO.AV. MATIAS MANZANILLA NRO. 905 (SAN JOAQUIN VIEJO-POR EL OVALO DE ESTADI) – ICA	
Ciudad <i>City</i>	ICA	
PATRON(ES) UTILIZADO(S) <i>Measurement standard</i>		
Tipo / Modelo <i>Type / Model</i>	T71P / DEF – A	
Rangos <i>Measurement range</i>	5000 kgf	
Fabricante <i>Manufacturer</i>	OHAUS / KELI	
No. serie <i>Identification number</i>	B504530209 / AGB8505	
Certificado de calibración <i>Calibration certification</i>	N° CC – 2046 – 2020	
Incertidumbre de medida <i>Uncertainty of measurement</i>	0.062 %	
Método de calibración <i>Method of calibration</i>	Comparación Directa	
Unidades de medida <i>Units of measurement</i>	Sistema Internacional de Unidades (SI)	
FECHA DE CALIBRACIÓN <i>Date of calibration</i>	2021 – 03 – 05	
FECHA DE EXPEDICIÓN <i>Date of issue</i>	2021 – 03 – 06	

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS 3
Number of pages of this certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized Signatures


Téc. Germán A. Huamán Poquioma
Responsable Laboratorio de Metrología





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **042-2021 GLF**

Pág. 2 de 3

Método de Calibración: **FUERZA INDICADA CONSTANTE**
 Tipo de Instrumento: **MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DIGITAL PARA ENSAYOS MARSHALL Y C**

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: **COMPRESIÓN** Resolución: **0.02 kgf**

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
%	kgf	1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
		kgf	kgf	No Aplica	kgf	No Aplica
10	500.0	501.41	500.94		500.27	
20	1000.0	1000.62	1000.60		1000.34	
30	1500.0	1500.12	1500.40		1500.42	
40	2000.0	2000.45	2000.15		2000.61	
50	2500.0	2500.12	2500.34	No Aplica	2500.34	No Aplica
60	3000.0	3000.08	3000.07		3000.24	
70	3500.0	3500.22	3500.12		3500.21	
80	4000.0	4000.34	4000.64		4000.44	
90	4500.0	4500.85	4500.45		4500.61	
100	5000.0	5000.24	5000.40		5000.37	
Indicación después de Carga:		0.00	0.00		0.00	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución	Incertidumbre
%	kgf	Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios	Relativa	Relativa
		q (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)	U± (%) k=2
10	500.0	-0.17	0.23			0.004	0.164
20	1000.0	-0.05	0.03			0.002	0.100
30	1500.0	-0.02	0.02			0.001	0.099
40	2000.0	-0.02	0.02			0.001	0.099
50	2500.0	-0.01	0.01	No Aplica	No Aplica	0.001	0.098
60	3000.0	0.00	0.01			0.001	0.098
70	3500.0	-0.01	0.00			0.001	0.098
80	4000.0	-0.01	0.01			0.001	0.098
90	4500.0	-0.01	0.01			0.000	0.098
100	5000.0	-0.01	0.00			0.000	0.098
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: **Gilmer Huamán Poquioma**

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: **27.6 °C** Humedad Mínima: **59.0 %Hr**
 Temperatura Máxima: **27.9 °C** Humedad Máxima: **59.0 %Hr**



G&L LABORATORIO S.A.C.
 Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Eliza II Etapa Los Olivos - Lima
 Teléfono: (01) 622 - 5814
 Celular: 002 - 302 - 883 / 962 - 227 - 050

Correo: servicio@gyllaboratorio.com / laboratorio.gylaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 0243-082-2021

Página 1 de 3

Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2020/11/28

Solicitante P & G INGENIERIA & PROYECTOS GEOTECNICOS E.I.R.L.

Dirección PRO. AV. MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA - ICA - ICA

Instrumento de medición **BALANZA**

Identificación 0243-082-2021

Intervalo de indicación 4000g

División de escala Resolución 0.1 g

División de verificación (e) 0.1 g

Tipo de indicación Digital

Marca / Fabricante OHAUS

Modelo SPS4001F

N° de serie 7130600861

Procedencia USA

Lugar de calibración Laboratorio de P & G INGENIERIA & PROYECTOS GEOTECNICOS E.I.R.L.

Fecha de calibración 2020/11/28

Método/Procedimiento de calibración

"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metroológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGIA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 0243-082-2021

Página 2 de 3

Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 2kg	0828-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 5 kg	0826-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 10 kg	0827-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 25 kg	0170-CIM-2019

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 21,5 °C	Final: 21,9 °C
Humedad Relativa	Inicial: 68 %hr	Final: 69 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 2000 g			Carga L1= 4000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	2000.0	0.05	-0.09	4000	0.05	-0.1
2	2000.0	0.04	-0.1	4000	0.07	-0.06
3	2000.0	0.04	-0.05	4000	0.05	-0.08
4	2000.0	0.05	-0.09	4000	0.03	-0.1
5	2000.0	0.06	-0.04	4000	0.06	-0.11
6	2000.0	0.04	-0.06	4000	0.07	-0.12
7	2000.0	0.04	-0.09	4000	0.05	-0.11
8	2000.0	0.05	-0.08	4000	0.05	-0.1
9	2000.0	0.04	-0.08	4000	0.05	-0.11
10	2000.0	0.05	-0.1	4000	0.04	-0.1
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
2060	0		1			
4000	0		2			



ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGIA



Arso Group

Laboratorio de Metrología

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación de E ₀				
	Carga Min ⁽¹⁾ (g)	I (kg)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1	1	0.04	-0.01	500	500	0.06	-0.01	0.01
2		1	0.06	-0.02		500	0.04	-0.01	0
3		1	0.04	0		500	0.05	-0.02	-0.02
4		1	0.03	0.01		500	0.04	0.04	0.03
5		1	0.05	-0.02		500	0.04	0.03	0.02

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1.0	1.0	0.05	-0.01						1
5.0	5.0	0.06	0.03	0.03	5.0	0.06	0.01	0.01	1
10.0	10.0	0.04	-0.04	0.02	10.0	0.05	-0.04	-0.04	1
50.0	50.0	0.03	0	0.04	50.0	0.05	-0.03	-0.03	1
100.0	100.0	0.05	0.01	0.03	100.0	0.06	-0.01	0.02	1
500.0	499.9	0.04	0.09	0.02	499.9	0.04	-0.01	0.02	1
1000.0	999.9	0.03	0.08	0.04	999.9	0.03	0	0.01	1
2000.0	1999.8	0.05	0.08	0.03	1999.8	0.05	-0.1	-0.07	2
3000.0	2999.9	0.09	0.09	0.02	2999.9	0.06	-0.09	-0.05	2
4000.0	3999.9	0.09	0.09	0.04	3999.9	0.05	-0.11	-0.04	2

Leyenda

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

E₀: Error en cero

E_c: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

Incertidumbre expandida de medición $U_{95} = 2 \cdot \sqrt{0.00195 \text{ g}^2 + 0.0000000088381 \text{ R}^2}$

Lectura Corregida $R_{\text{corregida}} = R + 7.01098872 \text{ R}$

R: Indicación de lectura de balanza (g)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrológica Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com



ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA



Arso Group

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2021/02/17

Solicitante P & G INGENIERIA & PROYECTOS GEOTECNICOS E.I.R.L.

Dirección PRO. AV. MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA - ICA - ICA

Instrumento de medición **BALANZA**

Identificación 28/11/2020

Intervalo de indicación 30000 g

División de escala 1 g

Resolución

División de verificación (e) 1 g

Tipo de indicación Digital

Marca / Fabricante OHAUS

Modelo R21PE30ZH

N° de serie B846372653

Procedencia USA

Lugar de calibración Laboratorio de P & G INGENIERIA & PROYECTOS GEOTECNICOS E.I.R.L.

Fecha de calibración 2020/11/28

Método/Procedimiento de calibración

"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metroológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arévalo Carniel
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 0244-082-2021

Arso Group

Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 2kg	0828-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 5 kg	0826-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 10 kg	0827-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 25 kg	0170-CLM-2019

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 21,5 °C	Final: 21,9 °C
Humedad Relativa	Inicial: 68 %hr	Final: 69 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15000 g			Carga L1= 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000.0	0.07	-0.12	30000	0.05	-0.1
2	15000.0	0.07	-0.15	30000	0.04	-0.12
3	15000.0	0.08	-0.12	30000	0.05	-0.13
4	15000.0	0.06	-0.11	30000	0.04	-0.1
5	15000.0	0.07	-0.12	30000	0.03	-0.11
6	15000.0	0.07	-0.13	30000	0.05	-0.12
7	15000.0	0.06	-0.11	30000	0.04	-0.13
8	15000.0	0.07	-0.12	30000	0.05	-0.1
9	15000.0	0.09	-0.12	30000	0.04	-0.11
10	15000.0	0.08	-0.1	30000	0.05	-0.12
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
15000	0		1			
30000	0		5			



ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1600 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA

Anexo 3. Matriz de validación de instrumentos

MATRIZ DE VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS						
Título de investigación: Aplicación del cloruro de magnesio como alternativa natural para incrementar la estabilización del suelo de la carretera Juliaca - Caminaca, 2021						
Apellidos y nombres de los investigadores: Ticona Chambi, Walter Lino y Garcia Mendoza, Pedro Javier						
Apellidos y nombres delll Experto:						
ASPECTOS POR EVALUAR				OPINION DEL EXPERTO		
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
Variable Independiente: Residuos de pavimento rígido	Propiedades físicas	Tamaño	Vernier	X		
	Proporciones Cloruro de magnesio	Tipo de material	Observación(vista)	X		
Variable dependiente: Propiedades del suelo	Propiedades físicas	Humedad Natural	MTC E 108-ASTM D2216	X		
		Tamaño	MTC E 107-ASTM D 422	X		
		ILL, LP e índice de Plasticidad	MTC E 110 y E 111-ASTM D4318	X		
		Clasificación de suelos	ASTM D 2487	X		
	Propiedades Mecánicas	Densidad Seca Máxima	MTC E 115-ASTM D 1557	X		
		Contenido Óptimo de Humedad	MTC E 115-ASTM D 1557	X		
		California Bearing Ratio	MIC E 132-ASTM ID 1883	X		

Anexo 4. Constancia de validación de instrumentos

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Ing. Angel Rosan Huanca Borda CIP N° 53304 como Profesional en ingeniería Civil, por medio de este presente hago constar que se ha revisado con fines de validación de instrumentos y los efectos de su aplicación al personal que elabora la tesis titulada:

"Aplicación del cloruro de magnesio como alternativa natural para incrementar la estabilización del suelo de la carretera Juliaca -Caminaca, 2021"

Luego de hacer las observaciones y sugerencias pertinentes, puedo dar las siguientes apreciaciones en el siguiente cuadro:

CRITERIOS	DEFICIENTE	ACEPTABLE	EXCELENTE
Congruencia de Indicadores			X
Viabilidad de Instrumentos			X
Confiabilidad del Instrumento			X
Esta formulado con lenguaje adecuado y específico.			X
Expresa el alcance de la investigación			X
Contribuye al avance de la ciencia. Tecnología y desarrollo sostenible			X

Ica 16 de Junio de 2021.


Ing. Angel Rosan Huanca Borda
DNI 21414789

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo **Jherson Jeanpierre Segura Valencia**, CIP N°182754 como Profesional en ingeniería Civil, por medio de este presente hago constar que se ha revisado con fines de validación de instrumentos y los efectos de su aplicación al personal que elabora la tesis titulada:

"Aplicación del cloruro de magnesio como alternativa natural para incrementar la estabilización del suelo de la carretera Juliaca –Caminaca, 2021"

Luego de hacer las observaciones y sugerencias pertinentes, puedo dar las siguientes apreciaciones en el siguiente cuadro:

CRITERIOS	DEFICIENTE	ACEPTABLE	EXCELENTE
Congruencia de Indicadores			X
Viabilidad de Instrumentos			X
Confiabilidad del Instrumento			X
Esta formulado con lenguaje adecuado y específico.			X
Expresa el alcance de la investigación			X
Contribuye al avance de la ciencia, Tecnología y desarrollo sostenible			X

Ica 17 de Junio del 2021


JHERSON JEANPIERRE
SEGURA VALENCIA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 182754

Anexo 5. Reporte de datos SPSS

PROPORCIONES

PROPORCIONES - Resumen de procesamiento de casos - junio 15, 2021

Resumen de procesamiento de casos

PROPORCIONES	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
CBR SN+0% B	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
SN+5% B	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
SN+7% B	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
SN+9% B	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%

PROPORCIONES

PROPORCIONES - Descriptivos - junio 15, 2021

Descriptivos

PROPORCIONES	Estadístico	Error estándar	
CBR SN+0% B	Media	,35277	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	
	Media recortada al 5%	.	
	Mediana	5,7000	
	Varianza	,373	
	Desviación estándar	,61101	
	Mínimo	5,30	
	Máximo	6,50	
	Rango	1,20	
	Rango intercuartil	.	
	Asimetría	,935	1,225
	Curtosis	.	.
	SN+5% B	Media	,08819
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior
Media recortada al 5%		.	
Mediana		12,7000	
Varianza		,023	
Desviación estándar		,15275	
Mínimo		12,60	
Máximo		12,90	
Rango		,30	
Rango intercuartil		.	
Asimetría		,935	1,225
Curtosis		.	.
SN+7% B		Media	,11547
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior
		14,0000 14,4968	
		13,5032	

	Mediana		14,0000	
	Varianza		,040	
	Desviación estándar		,20000	
	Mínimo		13,80	
	Máximo		14,20	
	Rango		,40	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		,000	1,225
	Curtosis		.	.
SN+9% B	Media		12,9333	,24037
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	11,8991	
		Límite superior	13,9676	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		12,8000	
	Varianza		,173	
	Desviación estándar		,41633	
	Mínimo		12,60	
	Máximo		13,40	
	Rango		,80	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		1,293	1,225
	Curtosis		.	.

PROPORCIONES

PROPORCIONES - Pruebas de normalidad - junio 15, 2021

Pruebas de normalidad

PROPORCIONES		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR	SN+0% B	,253	3	.	,964	3	,637
	SN+5% B	,253	3	.	,964	3	,637
	SN+7% B	,175	3	.	1,000	3	1,000
	SN+9% B	,292	3	.	,923	3	,463

a. Corrección de significación de Lilliefors

Unidireccional

Unidireccional - Descriptivos - junio 15, 2021

Descriptivos

CBR

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
SN+0% B	3	5,8333	,61101	,35277	4,3155	7,3512	5,30	6,50
SN+5% B	3	12,7333	,15275	,08819	12,3539	13,1128	12,60	12,90
SN+7% B	3	14,0000	,20000	,11547	13,5032	14,4968	13,80	14,20
SN+9% B	3	12,9333	,41633	,24037	11,8991	13,9676	12,60	13,40
Total	12	11,3750	3,39575	,98027	9,2174	13,5326	5,30	14,20

Unidireccional

Unidireccional - ANOVA - junio 15, 2021

ANOVA

CBR

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	125,623	3	41,874	274,585	,000
Dentro de grupos	1,220	8	,153		
Total	126,843	11			

Pruebas post hoc

Pruebas post hoc - Comparaciones múltiples - junio 15, 2021

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: CBR
HSD Tukey

(I) PROPORCIONES	(J) PROPORCIONES	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
SN+0% B	SN+5% B	-6,90000*	,31885	,000	-7,9211	-5,8789
	SN+7% B	-8,16667*	,31885	,000	-9,1877	-7,1456
	SN+9% B	-7,10000*	,31885	,000	-8,1211	-6,0789
SN+5% B	SN+0% B	6,90000*	,31885	,000	5,8789	7,9211
	SN+7% B	-1,26667*	,31885	,017	-2,2877	-,2456
	SN+9% B	-,20000	,31885	,920	-1,2211	,8211
SN+7% B	SN+0% B	8,16667*	,31885	,000	7,1456	9,1877
	SN+5% B	1,26667*	,31885	,017	,2456	2,2877
	SN+9% B	1,06667*	,31885	,041	,0456	2,0877
SN+9% B	SN+0% B	7,10000*	,31885	,000	6,0789	8,1211
	SN+5% B	,20000	,31885	,920	-,8211	1,2211
	SN+7% B	-1,06667*	,31885	,041	-2,0877	-,0456

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

Subconjuntos homogéneos - CBR - junio 15, 2021

CBR

HSD Tukey^a

PROPORCIONES	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
SN+0% B	3	5,8333		
SN+5% B	3		12,7333	
SN+9% B	3		12,9333	
SN+7% B	3			14,0000
Sig.		1,000	,920	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 6. Reporte de datos SPSS, contenido óptimo de humedad

DESCRIPCIÓN

DESCRIPCIÓN - Resumen de procesamiento de casos - junio 15, 2021

Resumen de procesamiento de casos

DESCRIPCIÓN	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
CHO SN+0% B	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
SN+5% B	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
SN+7% B	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
SN+9% B	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%

DESCRIPCIÓN

DESCRIPCIÓN - Descriptivos - junio 15, 2021

Descriptivos

DESCRIPCIÓN	Estadístico	Error estándar
CHO SN+0% B Media	12,6667	,14530
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior 12,0415 Límite superior 13,2918	
Media recortada al 5%	.	
Mediana	12,7000	
Varianza	,063	
Desviación estándar	,25166	
Mínimo	12,40	
Máximo	12,90	
Rango	,50	
Rango intercuartil	.	
Asimetría	-,586	1,225
Curtosis	.	.
SN+5% B Media	11,7000	,11547
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior 11,2032 Límite superior 12,1968	
Media recortada al 5%	.	
Mediana	11,7000	
Varianza	,040	
Desviación estándar	,20000	
Mínimo	11,50	
Máximo	11,90	
Rango	,40	

	Rango intercuartil		
	Asimetría	,000	1,225
	Curtosis	.	.
SN+9% B	Media	9,7333	,08819
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9,3539
		Límite superior	10,1128
	Media recortada al 5%	.	.
	Mediana	9,7000	.
	Varianza	,023	.
	Desviación estándar	,15275	.
	Mínimo	9,60	.
	Máximo	9,90	.
	Rango	,30	.
	Rango intercuartil	.	.
	Asimetría	,935	1,225
	Curtosis	.	.

DESCRIPCIÓN

DESCRIPCIÓN - Pruebas de normalidad - junio 15, 2021

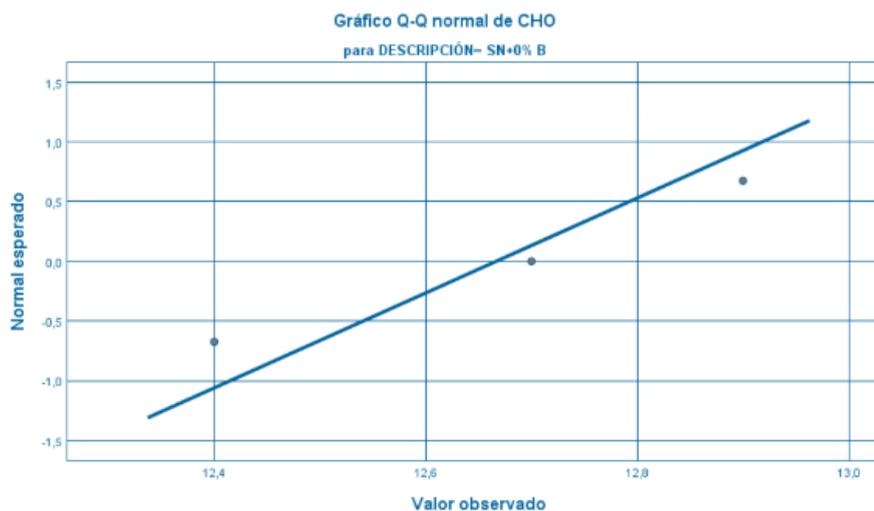
Pruebas de normalidad

DESCRIPCIÓN	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CHO SN+0% B	,219	3	.	,987	3	,780
SN+5% B	,175	3	.	1,000	3	1,000
SN+7% B	,175	3	.	1,000	3	1,000
SN+9% B	,253	3	.	,964	3	,637

a. Corrección de significación de Lilliefors

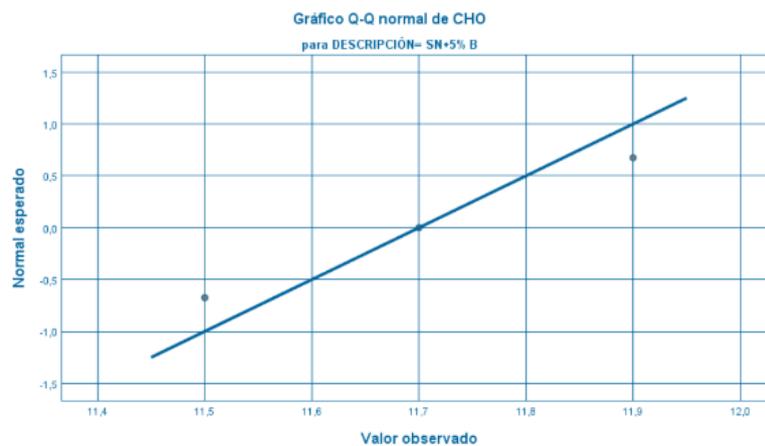
Gráficos Q-Q normales

Gráficos Q-Q normales - DESCRIPCIÓN= SN+0% B - junio 15, 2021



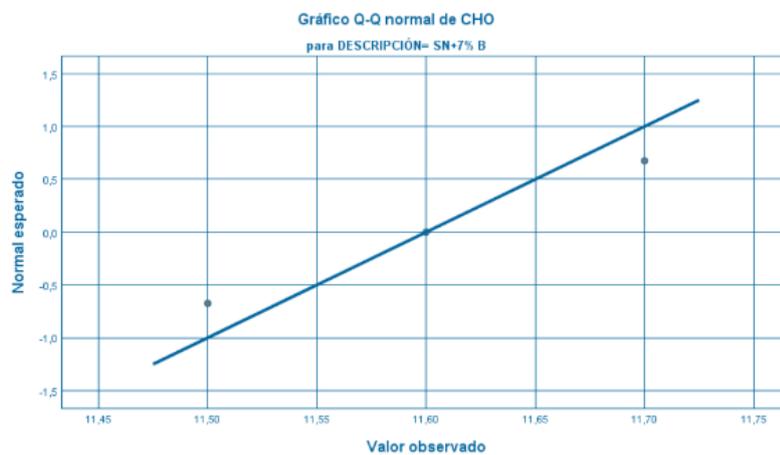
Gráficos Q-Q normales

Gráficos Q-Q normales - DESCRIPCIÓN= SN+5% B - junio 15, 2021



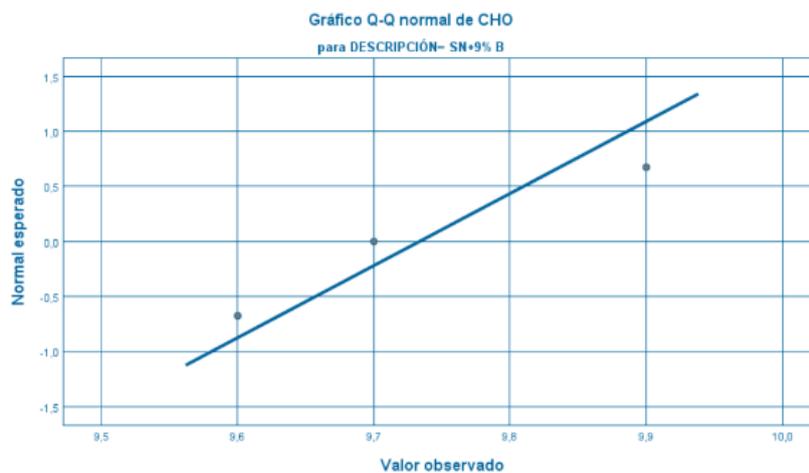
Gráficos Q-Q normales

Gráficos Q-Q normales - DESCRIPCIÓN= SN+7% B - junio 15, 2021



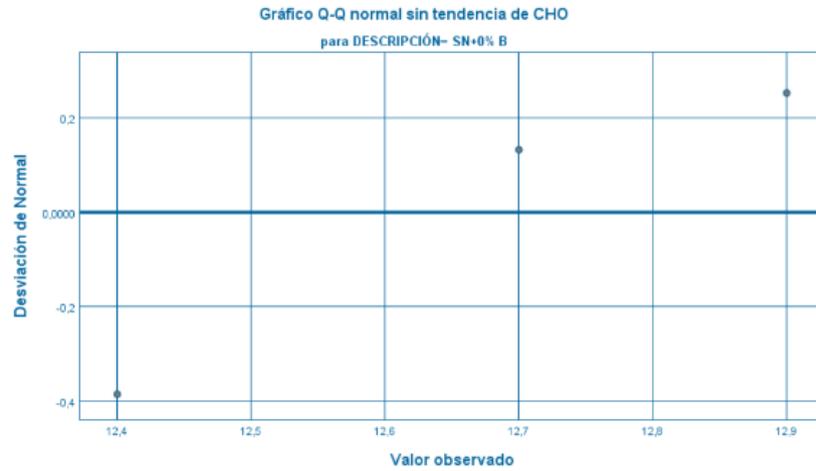
Gráficos Q-Q normales

Gráficos Q-Q normales - DESCRIPCIÓN= SN+9% B - junio 15, 2021



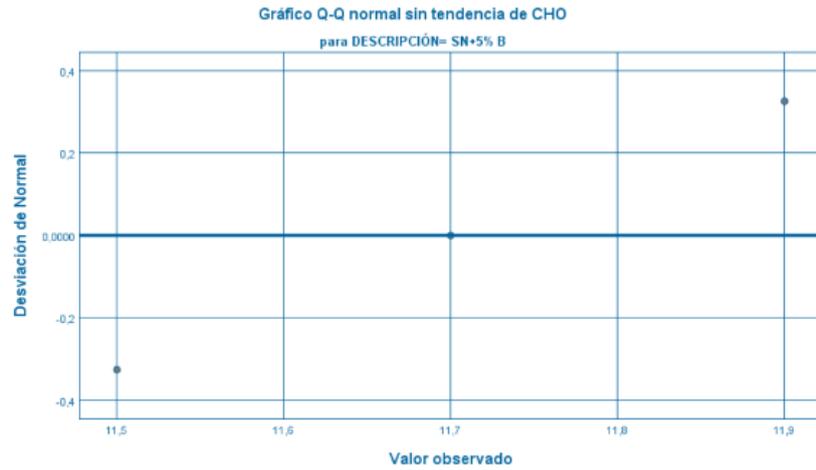
Gráficos Q-Q normales sin tendencia

Gráficos Q-Q normales sin tendencia - DESCRIPCIÓN= SN+0% B - junio 15, 2021



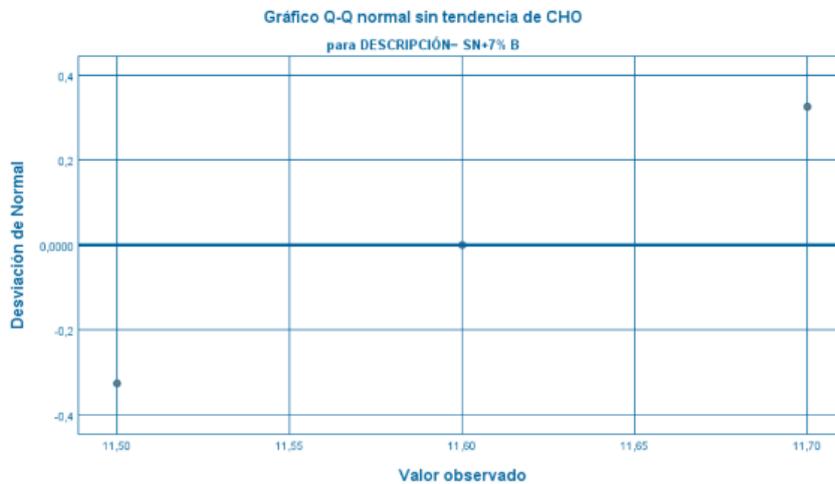
Gráficos Q-Q normales sin tendencia

Gráficos Q-Q normales sin tendencia - DESCRIPCIÓN= SN+5% B - junio 15, 2021



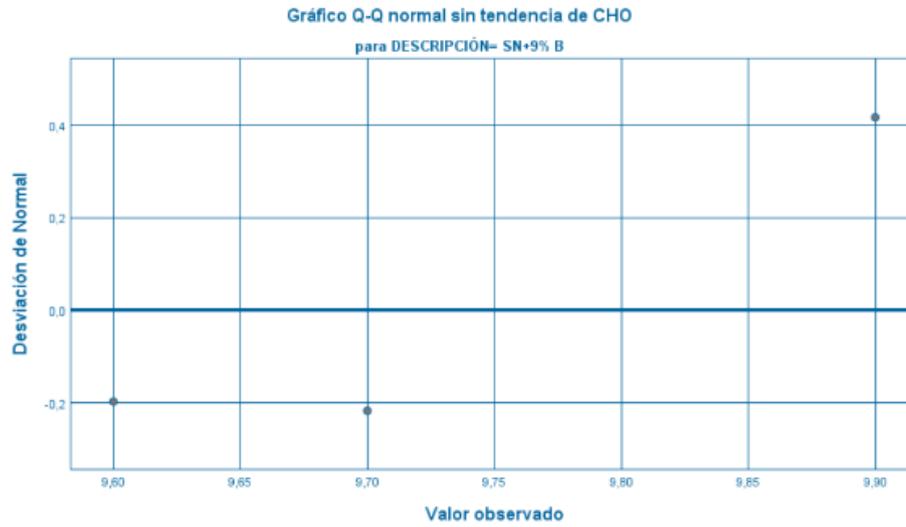
Gráficos Q-Q normales sin tendencia

Gráficos Q-Q normales sin tendencia - DESCRIPCIÓN= SN+7% B - junio 15, 2021



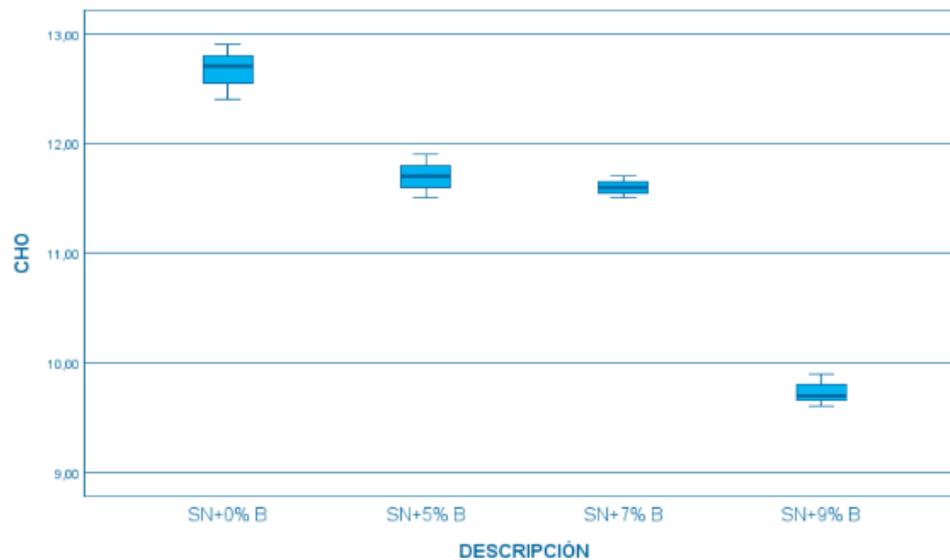
Gráficos Q-Q normales sin tendencia

Gráficos Q-Q normales sin tendencia - DESCRIPCIÓN= SN+9% B - junio 15, 2021



CHO

CHO - Diagramas de cajas - junio 15, 2021



Unidireccional

Unidireccional - Descriptivos - junio 15, 2021

Descriptivos

CHO

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
SN+0% B	3	12,6667	,25166	,14530	12,0415	13,2918	12,40	12,90
SN+5% B	3	11,7000	,20000	,11547	11,2032	12,1968	11,50	11,90
SN+7% B	3	11,6000	,10000	,05774	11,3516	11,8484	11,50	11,70
SN+9% B	3	9,7333	,15275	,08819	9,3539	10,1128	9,60	9,90
Total	12	11,4250	1,12017	,32336	10,7133	12,1367	9,60	12,90

Unidireccional

Unidireccional - ANOVA - junio 15, 2021

ANOVA

CHO

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13,529	3	4,510	131,992	,000
Dentro de grupos	,273	8	,034		
Total	13,802	11			

Pruebas post hoc

Pruebas post hoc - Comparaciones múltiples - junio 15, 2021

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: CHO

HSD Tukey

(I) DESCRIPCIÓN	(J) DESCRIPCIÓN	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
SN+0% B	SN+5% B	,96667*	,15092	,001	,4834	1,4500
	SN+7% B	1,06667*	,15092	,000	,5834	1,5500
	SN+9% B	2,93333*	,15092	,000	2,4500	3,4166
SN+5% B	SN+0% B	-,96667*	,15092	,001	-1,4500	-,4834
	SN+7% B	,10000	,15092	,908	-,3833	,5833
	SN+9% B	1,96667*	,15092	,000	1,4834	2,4500
SN+7% B	SN+0% B	-1,06667*	,15092	,000	-1,5500	-,5834
	SN+5% B	-,10000	,15092	,908	-,5833	,3833
	SN+9% B	1,86667*	,15092	,000	1,3834	2,3500
SN+9% B	SN+0% B	-2,93333*	,15092	,000	-3,4166	-2,4500
	SN+5% B	-1,96667*	,15092	,000	-2,4500	-1,4834
	SN+7% B	-1,86667*	,15092	,000	-2,3500	-1,3834

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

Subconjuntos homogéneos - CHO - junio 15, 2021

CHO

HSD Tukey^a

DESCRIPCIÓN	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
SN+9% B	3	9,7333		
SN+7% B	3		11,6000	
SN+5% B	3		11,7000	
SN+0% B	3			12,6667
Sig.		1,000	,908	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 7. Reporte de datos SPSS límites de consistencia

DESCRIPCIÓN

DESCRIPCIÓN - Resumen de procesamiento de casos - junio 15, 2021

Resumen de procesamiento de casos

DESCRIPCIÓN	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
IP SN+0% B	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
SN+5% B	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
SN+7% B	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
SN+9% B	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%

DESCRIPCIÓN

DESCRIPCIÓN - Descriptivos - junio 15, 2021

Descriptivos

DESCRIPCIÓN	Estadístico	Error estándar
IP SN+0% B		
Media	3,8033	,46599
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior 1,7984 Límite superior 5,8083	
Media recortada al 5%	.	
Mediana	4,0200	
Varianza	,651	
Desviación estándar	,80711	
Mínimo	2,91	
Máximo	4,48	
Rango	1,57	
Rango intercuartil	.	
Asimetría	-1,121	1,225
Curtosis	.	
SN+5% B		
Media	5,4300	,88229
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior 1,6338 Límite superior 9,2262	
Media recortada al 5%	.	
Mediana	6,2000	
Varianza	2,335	
Desviación estándar	1,52817	
Mínimo	3,67	
Máximo	6,42	
Rango	2,75	
Rango intercuartil	.	
Asimetría	-1,692	1,225
Curtosis	.	
SN+7% B		
Media	5,0600	,54794
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior 2,7024 Límite superior 7,4176	
Media recortada al 5%	.	
Mediana	4,7300	
Varianza	,901	
Desviación estándar	,94905	
Mínimo	4,32	
Máximo	6,13	
Rango	1,81	

	Rango intercuartil		
	Asimetría	1,376	1,225
	Curtosis		
SN+9% B	Media	5,5000	,75659
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,2446 8,7554
	Media recortada al 5%		
	Mediana	6,1700	
	Varianza	1,717	
	Desviación estándar	1,31046	
	Mínimo	3,99	
	Máximo	6,34	
	Rango	2,35	
	Rango intercuartil		
	Asimetría	-1,699	1,225
	Curtosis		

DESCRIPCIÓN

DESCRIPCIÓN - Pruebas de normalidad - junio 15, 2021

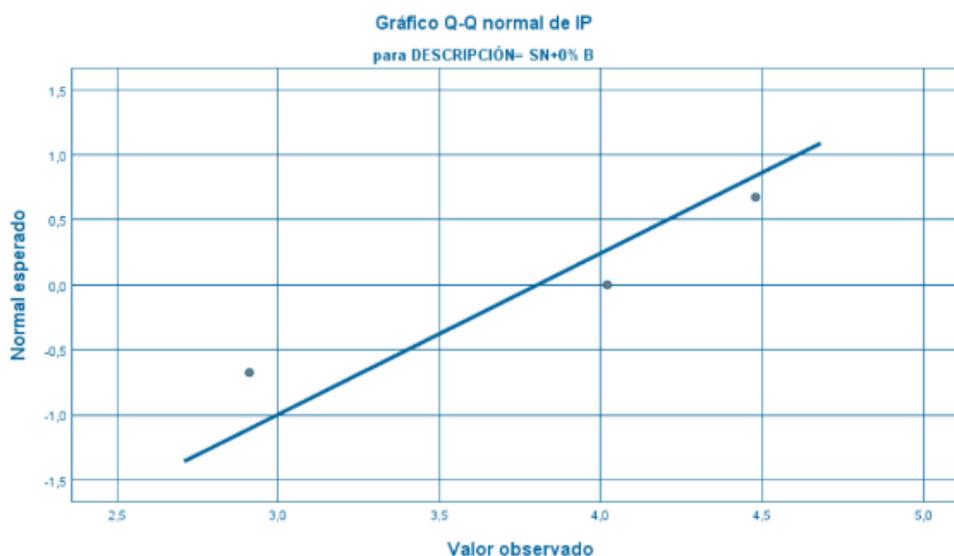
Pruebas de normalidad

DESCRIPCIÓN	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
IP SN+0% B	,272	3	.	,946	3	,552
SN+5% B	,359	3	.	,810	3	,138
SN+7% B	,303	3	.	,909	3	,416
SN+9% B	,362	3	.	,804	3	,124

a. Corrección de significación de Lilliefors

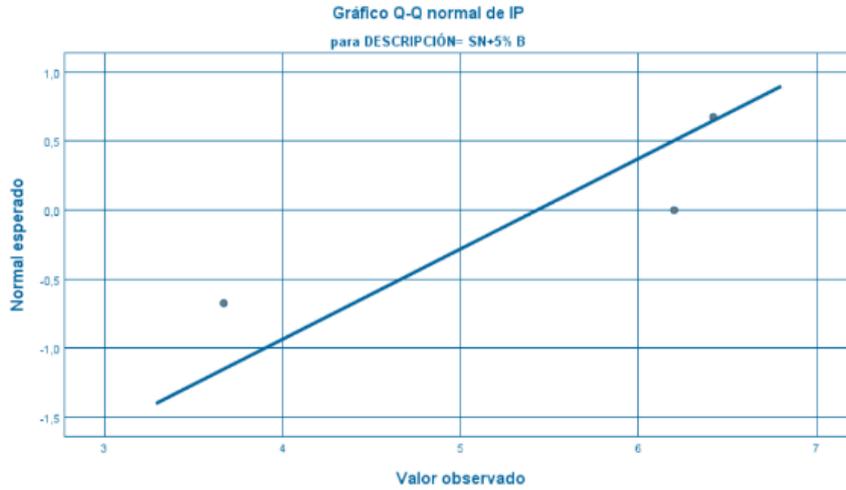
Gráficos Q-Q normales

Gráficos Q-Q normales - DESCRIPCIÓN= SN+0% B - junio 15, 2021



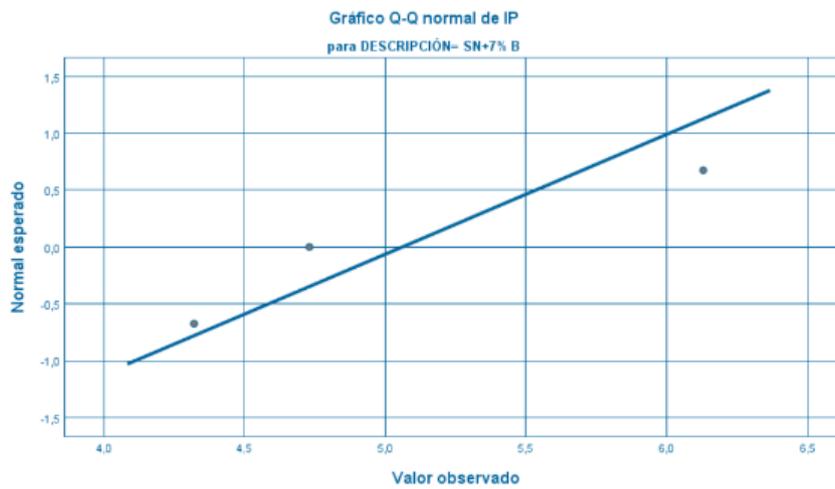
Gráficos Q-Q normales

Gráficos Q-Q normales - DESCRIPCIÓN= SN+5% B - junio 15, 2021



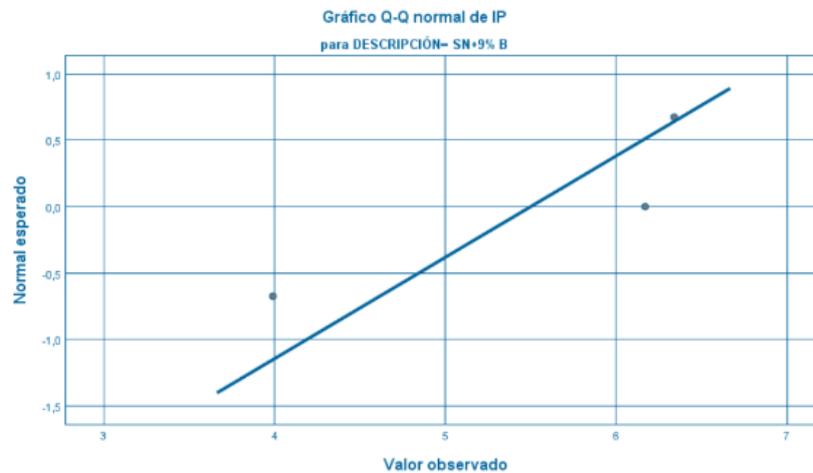
Gráficos Q-Q normales

Gráficos Q-Q normales - DESCRIPCIÓN= SN+7% B - junio 15, 2021



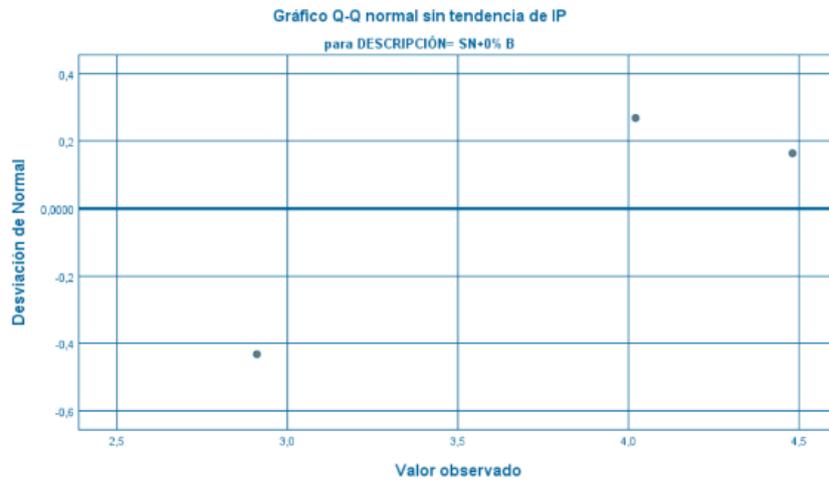
Gráficos Q-Q normales

Gráficos Q-Q normales - DESCRIPCIÓN= SN+9% B - junio 15, 2021



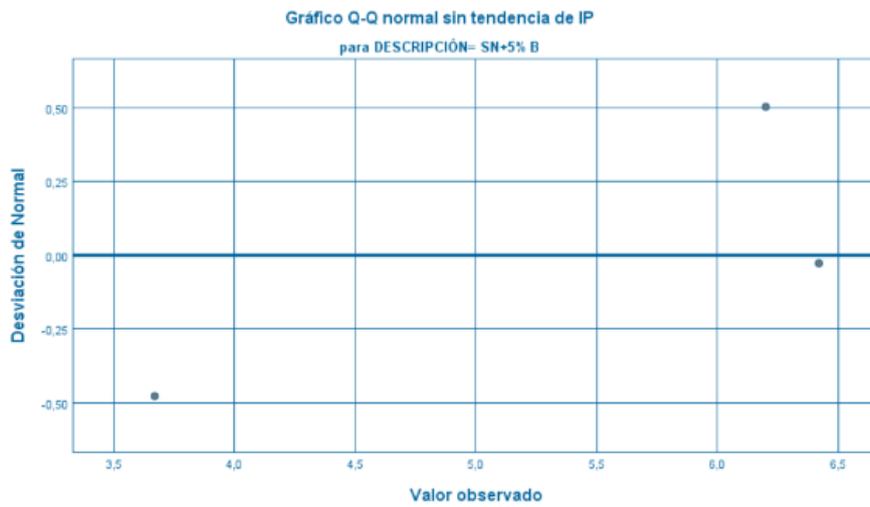
Gráficos Q-Q normales sin tendencia

Gráficos Q-Q normales sin tendencia - DESCRIPCIÓN= SN+0% B - junio 15, 2021



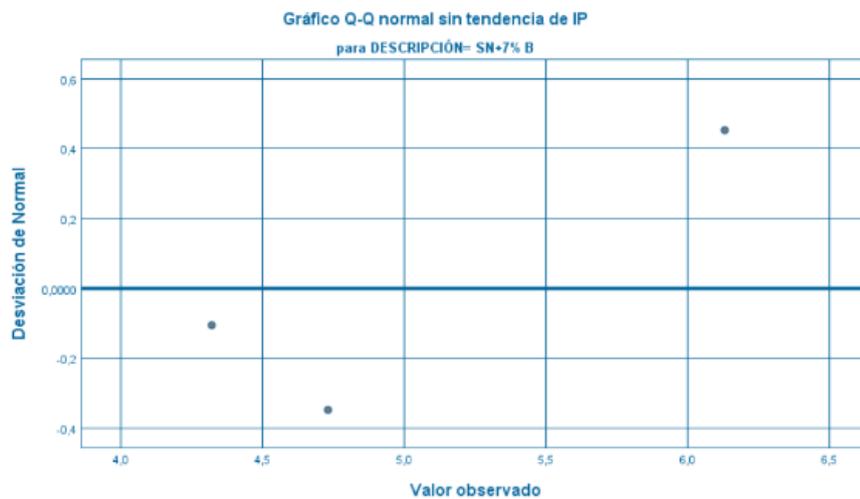
Gráficos Q-Q normales sin tendencia

Gráficos Q-Q normales sin tendencia - DESCRIPCIÓN= SN+5% B - junio 15, 2021



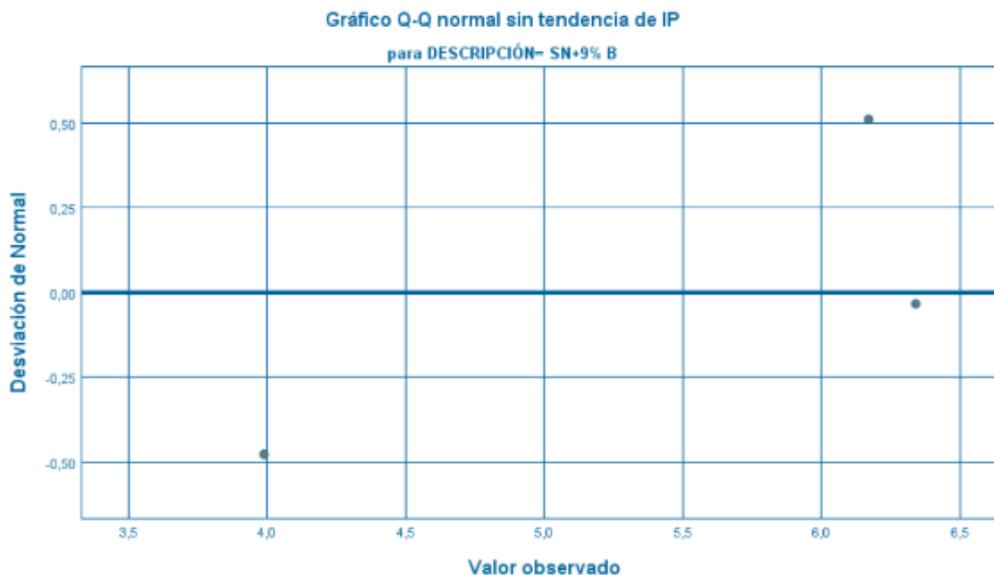
Gráficos Q-Q normales sin tendencia

Gráficos Q-Q normales sin tendencia - DESCRIPCIÓN= SN+7% B - junio 15, 2021



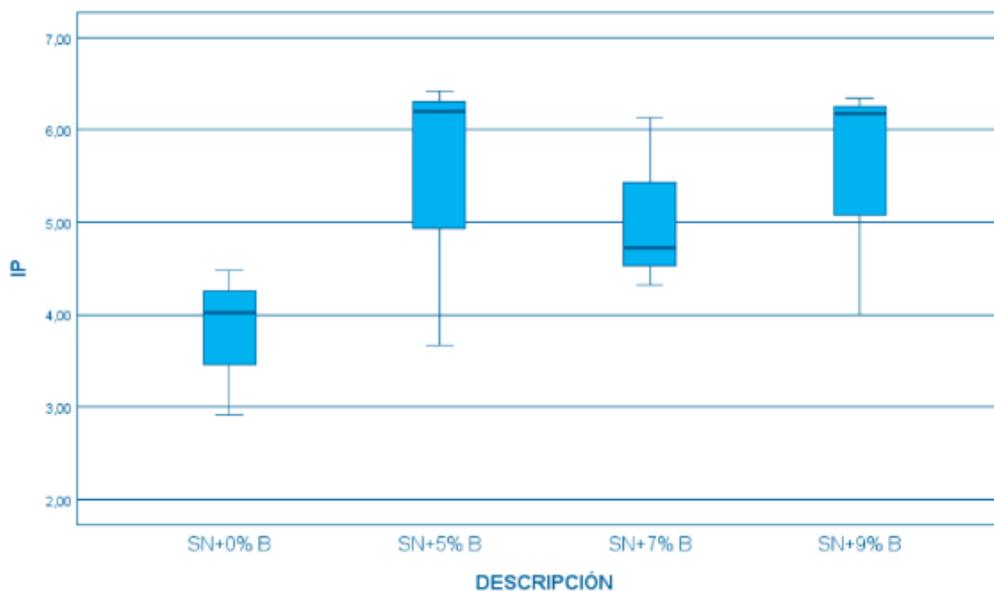
Gráficos Q-Q normales sin tendencia

Gráficos Q-Q normales sin tendencia - DESCRIPCIÓN= SN+9% B - junio 15, 2021



IP

IP - Diagramas de cajas - junio 15, 2021



Unidireccional

Unidireccional - Descriptivos - junio 15, 2021

Descriptivos

IP

IP	N	Media	Dev. Desviación	Dev. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
SN+0% B	3	3,8033	,80711	,46599	1,7984	5,8083	2,91	4,48
SN+5% B	3	5,4300	1,52817	,88229	1,6338	9,2262	3,67	6,42
SN+7% B	3	5,0600	,94905	,54794	2,7024	7,4176	4,32	6,13
SN+9% B	3	5,5000	1,31046	,75659	2,2446	8,7554	3,99	6,34
Total	12	4,9483	1,23542	,35664	4,1634	5,7333	2,91	6,42

Unidireccional

Unidireccional - ANOVA - junio 15, 2021

ANOVA

IP

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5,580	3	1,860	1,327	,332
Dentro de grupos	11,209	8	1,401		
Total	16,789	11			

Pruebas post hoc

Pruebas post hoc - Comparaciones múltiples - junio 15, 2021

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: IP
HSD Tukey

(I) DESCRIPCIÓN	(J) DESCRIPCIÓN	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
SN+0% B	SN+5% B	-1,62667	,96650	,391	-4,7217	1,4684
	SN+7% B	-1,25667	,96650	,588	-4,3517	1,8384
	SN+9% B	-1,69667	,96650	,359	-4,7917	1,3984
SN+5% B	SN+0% B	1,62667	,96650	,391	-1,4684	4,7217
	SN+7% B	,37000	,96650	,980	-2,7251	3,4651
	SN+9% B	-,07000	,96650	1,000	-3,1651	3,0251
SN+7% B	SN+0% B	1,25667	,96650	,588	-1,8384	4,3517
	SN+5% B	-,37000	,96650	,980	-3,4651	2,7251
	SN+9% B	-,44000	,96650	,967	-3,5351	2,6551
SN+9% B	SN+0% B	1,69667	,96650	,359	-1,3984	4,7917
	SN+5% B	,07000	,96650	1,000	-3,0251	3,1651
	SN+7% B	,44000	,96650	,967	-2,6551	3,5351

Subconjuntos homogéneos

Subconjuntos homogéneos - IP - junio 15, 2021

IP

HSD Tukey^a

DESCRIPCIÓN	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
SN+0% B	3	3,8033
SN+7% B	3	5,0600
SN+5% B	3	5,4300
SN+9% B	3	5,5000
Sig.		,359

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 8. Panel fotográfico

MUESTRA Y ADITIVO NATURAL



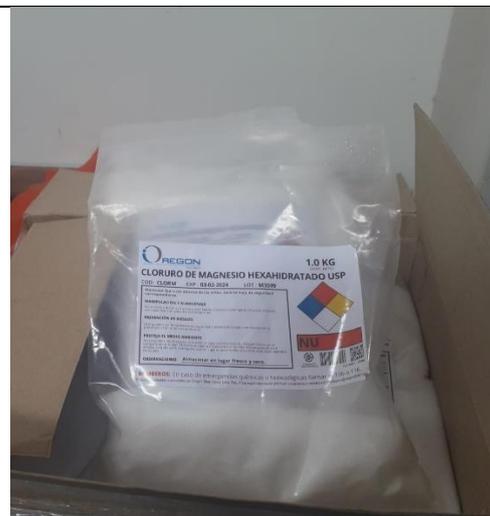
Calicata nº 1 – Lado derecho de la carretera



Perfilado de Calicata nº 1 - Prog.
70+350



Secado de la muestra en laboratorio

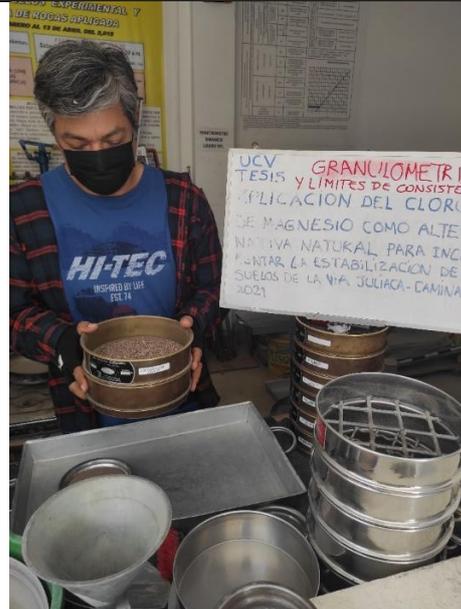


Aditivo Natural – Cloruro de Magnesio

GRANULOMETRÍA



Tamices utilizados en el Ensayo de Granulometría



Zarandeo de la muestra

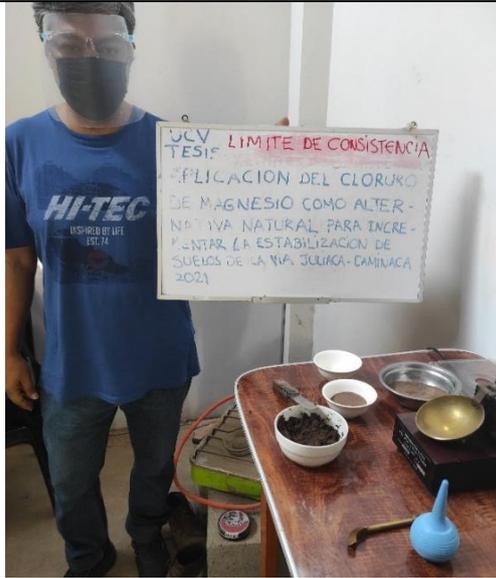


Lavado de la muestra



Material retenido en los tamices

LIMITES DE CONSISTENCIA



Instrumentos utilizados en el ensayo de Limite Liquido



Colocando el material en la cuchara de Casagrande



Retirando la parte de muestra que se deslizo.



Anotando el peso de la muestra para colocar al horno



Realizando el ensayo de Limite Plástico



Pesando la muestra para registrar el peso y luego meterla al horno

ENSAYO DE PROCTOR



Pesado de la muestra para iniciar el ensayo



Particionando la muestra en 5 partes iguales



Compactando la primera capa con 56 golpes



Enrazando el molde luego de retirar el collar



Pesado del molde con el material compactado



Retirando la parte central del molde para determinar la densidad húmeda

ENSAYO CBR



Cloruro de magnesio disuelto en agua para agregarle a la muestra para el ensayo de CBR



Compactación de la primera capa del ensayo de CBR



Moldes compactados de la primera muestra de suelo con adiciones de 0%, 5%, 7% y 9%.



Retiro de los contrapesos de los moldes después de haber sido sumergidos



Tomando lectura de la penetración



Registro de los datos obtenidos en el ensayo de CBR