

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**TESIS**

Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes – 2019

Presentado por:

**BACH. WILBER GUILLEN MARCA**

**BACH. JESÚS RIVEROS DÁVALOS**

Para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Abancay, Apurímac, Perú**

**2021**

## **Tesis**

Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes – 2019

### **Línea de investigación:**

Gestión de la Infraestructura para el Desarrollo Sostenible

### **Asesor:**

Ing. Hugo Virgilio Acosta Valer



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**

**EFFECTIVIDAD DEL CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA EN LA CARRETERA VECINAL SANTA ROSA-SANTIAGO-ANCOBAMBA, DISTRITO DE CHAPIMARCA, PROVINCIA DE AYMARAEES – 2019**

Presentado por los **BACH. WILBER GUILLEN MARCA** y **BACH. JESÚS RIVEROS DÁVALOS** para optar el título profesional de **Ingeniero Civil**

Sustentado y aprobado el 12 de noviembre del 2021 ante el jurado:

**Presidente:** Mg. Calixto Cañari Otero

**Primer miembro:** Ing. Holguer Cayo Baca.

**Segundo miembro:** Ing. Mauro Samuel Altamirano Camacho

**Asesor:** Ing. Hugo Virgilio Acosta Valer

## Dedicatoria

“El amor nace por los pequeños detalles  
y muere por la falta de ellos”

Quiero expresar mi gratitud a Dios que  
cada día bendice mi vida y la de mi  
familia, para dedicar esta tesis con todo  
cariño y respeto a mi hijo Dam Gared y a  
mi esposa Sheyla por su apeo  
incondicional. A mis padres Martha y  
Rene por ser mi inspiración de  
superación cada día.

Jesús

Dedico mi tesis a mi esposa Silvia quien fue mi  
apoyo principal durante el periodo de formación  
profesional. A mis hijos Nicolás y Zarek por ser  
la motivación que me inspiran a diario con su  
energía. A mis padres y hermanos por su apoyo  
incondicional.

Wilber

## Agradecimiento

“Dios es el que me ciñe de fuerza y quien despaja mi camino”

Agradezco a dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, por bendecirnos la vida y ser el apoyo y fortaleza en los momentos de debilidad. Doy gracias a mi hijo Dam Gared y a mi esposa Sheyla por apoyarme, confiar y creer en mí en todo momento.

Jesús

Agradezco a todos mis familiares que me apoyaron en la elaboración de esta tesis, A mis docentes por compartir sus conocimientos y permitirme concluir una etapa de mi vida.

Wilber

## Índice de contenido

|  | Pág. |
|--|------|
| Portada .....  | I    |
| Post portada .....                                     | ii   |
| Página de jurados.....                                 | iii  |
| Dedicatoria.....                                       | iv   |
| Agradecimiento.....                                    | v    |
| Índice de tablas.....                                  | ix   |
| Índice de figuras .....                                | x    |
| Resumen.....   | xi   |
| Abstract.....  | xii  |
| Introducción .....                                     | xiii |
| Capítulo I.....  | 1    |
| I. Planteamiento del Problema .....                    | 1    |
| 1.1. Realidad Problemática.....                        | 1    |
| 1.2. Planteamiento del Problema .....                  | 3    |
| 1.2.1. <i>Formulación del problema</i> .....           | 3    |
| 1.2.2. <i>Problema general</i> .....                   | 4    |
| 1.2.3. <i>Problemas específicos</i> .....              | 4    |
| 1.3. Justificación de la Investigación .....           | 4    |
| 1.4. Objetivos .....                                   | 5    |
| 1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....                   | 5    |
| 1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....              | 5    |
| 1.5. Delimitaciones de la Investigación .....          | 5    |
| 1.5.1. <i>Espacial</i> .....                           | 5    |
| 1.5.2. <i>Temporal</i> .....                           | 6    |
| 1.5.3. <i>Social</i> .....                             | 6    |
| 1.5.4. <i>Conceptual</i> .....                         | 6    |
| 1.6. Viabilidad de la Investigación .....              | 6    |
| 1.7. Limitaciones .....                                | 7    |
| Capítulo II.....                                       | 8    |
| II. Marco Teórico.....                                 | 8    |
| 2.1. Antecedentes de la Investigación.....             | 8    |
| 2.1.1. <i>Antecedentes a nivel internacional</i> ..... | 8    |
| 2.1.2. <i>Antecedentes a nivel nacional</i> .....      | 12   |
| 2.2. Bases Teóricas .....                              | 15   |

|   |    |
|---|----|
| 2.2.1. Estabilización de suelos.....  | 15 |
| 2.2.1.1. Métodos de estabilización de suelos.....   | 15 |
| 2.2.2. Cloruro de Magnesio Hexahidratado.....   | 16 |
| 2.2.2.1. Composición del estabilizador.....   | 16 |
| 2.2.2.2. Propiedades del estabilizador.....   | 17 |
| 2.2.3. Mecanismo de estabilización.....   | 18 |
| 2.2.4. Procedimiento de aplicación del estabilizador.....   | 19 |
| 2.2.5. Ventajas de la estabilización con bischofita.....  | 20 |
| 2.2.6. Desventajas en la aplicación de la bischofita.....   | 22 |
| 2.2.7. Capa de rodadura estabilizada.....   | 23 |
| 2.2.8. Capa de rodadura granular tratado superficialmente con cloruro de magnesio de acuerdo a la dosificación (d=500 m)..... | 24 |
| 2.2.9. Capa de rodadura granular sin cloruro de magnesio (d=500 m).....   | 25 |
| 2.2.10 Superficie de rodadura no pavimentada.....   | 26 |
| 2.3 Marco Conceptual.....   | 26 |
| Capitulo III.....   | 29 |
| III. Metodología.....   | 29 |
| 3.1. Hipótesis.....   | 29 |
| 3.1.1. Hipótesis general.....   | 29 |
| 3.1.2. Hipótesis específicas.....   | 29 |
| 3.2. Método.....  | 30 |
| 3.3. Tipo de investigación.....   | 30 |
| 3.4. Nivel o alcance de investigación.....  | 31 |
| 3.5. Diseño de la investigación.....  | 31 |
| 3.6. Operacionalización de variables.....   | 31 |
| 3.7. Población, muestra y muestreo.....   | 34 |
| 3.8. Técnica e instrumentos de recolección de datos.....  | 35 |
| 3.8.1. Trabajo de campo.....  | 35 |
| 3.8.2. Trabajos en laboratorio.....   | 35 |
| 3.8.3. Gabinete.....  | 37 |
| 3.9. Metodología e instrumentos.....  | 37 |
| 3.9.1. Exploración de campo.....  | 38 |
| 3.9.2. Procedimientos de toma de muestras.....  | 38 |
| 3.9.3. Ensayos realizados en el laboratorio.....  | 38 |
| 3.10. Consideraciones éticas.....   | 53 |
| 3.11. Procesamiento estadístico.....  | 53 |

|   |     |
|---|-----|
| Capitulo IV .....                               | 54  |
| IV. Presentación y Análisis De Resultados.....  | 54  |
| 4.1. Resultados .....                           | 54  |
| 4.2 Discusión de Resultados .....               | 80  |
| 4.3. Prueba de hipótesis .....                  | 83  |
| Conclusiones.....                               | 85  |
| Recomendaciones .....                           | 87  |
| Bibliografía.....                               | 87  |
| ANEXOS.....                                     | 92  |
| Matriz de Consistencia .....                    | 93  |
| Instrumento de recolección de información ..... | 96  |
| Panel Fotográfico .....                         | 117 |
| Certificados de Calibración .....               | 127 |
| Datos Seguridad Bischofita .....                | 131 |
| PH Agua.....                                    | 137 |
| PH del Suelo.....                               | 139 |
| Volumen de Tráfico Promedio Diario .....        | 158 |
| Diseño Espesor de Pavimento.....                | 159 |
| Presupuesto Comparativo.....                    | 160 |

## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Estabilizadores Químicos y sus Efectos .....                                | 16 |
| Tabla 2 Composición del Cloruro de Magnesio Hexahidratado .....                     | 17 |
| Tabla 3 Operacionalización de Variables .....                                       | 33 |
| Tabla 4 Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos .....                        | 35 |
| Tabla 5 Clasificación AASHTO.....   | 41 |
| Tabla 6 Clasificación SUCS .....  | 42 |
| Tabla 7 Granulometría de la Muestra de Agregado para Ensayo .....                   | 49 |
| Tabla 8 Datos Generales Ensayo de CBR sin Bischofita C-09 Progresiva 09+600.....    | 54 |
| Tabla 9 Ensayo de Compactación y Contenido de Humedad sin Bischofita en C-09.....   | 55 |
| Tabla 10 Resultados del Ensayo de CBR sin Bischofita .....                          | 56 |
| Tabla 11 Ensayo de Compactación y Contenido de Humedad con Bischofita al 4% en C-09 | 57 |
| Tabla 13 Contenido de Humedad Promedio.....   | 60 |
| Tabla 14 Tabla Granulométrica de % que Pasa Cada Tamiz .....                        | 61 |
| Tabla 15 Límites de Consistencia de Atterberg .....                                 | 61 |
| Tabla 16 Clasificación de Suelos por el Método de SUCS .....                        | 64 |
| Tabla 17 Clasificación de Suelos por el Método de AASHTO.....                       | 65 |
| Tabla 18 Promedio de Compactación – Proctor Modificado .....                        | 65 |
| Tabla 19 Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) .....                    | 67 |
| Tabla 20 Datos Generales Ensayo de CBR con Bischofita C-09 Progresiva 09+600.....   | 69 |
| Tabla 21 Ensayo de Compactación y Contenido de Humedad Con Bischofita (2%) en C-09. | 69 |
| Tabla 22 Resultados del Ensayo de CBR Muestra+2% MgCl <sub>2</sub> .....            | 71 |
| Tabla 23 Ensayo de Compactación y Contenido de Humedad Con Bischofita (4%) en C-09. | 72 |
| Tabla 24 Resultados del Ensayo de CBR Muestra+4%MgCl <sub>2</sub> .....             | 73 |
| Tabla 25 Ensayo de Compactación y Contenido de Humedad Con Bischofita (6%) en C-09. | 74 |
| Tabla 26 Resultados del Ensayo de CBR Muestra+6%MgCl <sub>2</sub> .....             | 76 |
| Tabla 27 Resumen de Ensayos CBR sin Bischofita y con Bischofita en Calicata 09..... | 77 |
| Tabla 28 Ensayo de Abrasión los Ángeles – Calicata 09.....                          | 78 |
| Tabla 29 Densidad in Situ Método Cono de Arena .....                                | 79 |
| Tabla 30 Resumen Densidad in Situ Método Cono de Arena .....                        | 80 |
| Tabla 31 Estadística de grupo.....  | 84 |
| Tabla 32 Prueba de muestras independientes .....                                    | 84 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Ubicación Geográfica de la Vía en Estudio .....                              | 6  |
| Figura 2 Curva Granulométrica de un Suelo .....                                       | 39 |
| Figura 3 Estado de Consistencia de un Suelo.....                                      | 43 |
| Figura 4 Curva Humedad - Densidad .....   | 46 |
| Figura 5 Influencia del Tipo de Suelo .....   | 46 |
| Figura 6 Determinación del Índice CBR.....  | 50 |
| Figura 7 Ensayo de Compactación sin Bischofita en Calicata 09 .....                   | 55 |
| Figura 8 Ensayo de Contenido de Humedad sin Bischofita en Calicata 09.....            | 56 |
| Figura 9 Ensayo de Compactación con Bischofita en Calicata 09.....                    | 58 |
| Figura 10 Ensayo de Contenido de Humedad con Bischofita en Calicata 09.....           | 58 |
| Figura 11 Contenido de Humedad Promedio .....   | 60 |
| Figura 12 Contenido Promedio de Límite Líquido .....                                  | 62 |
| Figura 13 Contenido Promedio de Límite Plástico .....                                 | 63 |
| Figura 14 Contenido Promedio de Índice de Plasticidad.....                            | 63 |
| Figura 15 Densidad Seca Máxima .....  | 66 |
| Figura 16 Contenido Óptimo de Humedad .....   | 67 |
| Figura 17 Ensayo de CBR.....  | 68 |
| Figura 18 Ensayo de Compactación con Bischofita de 2% en Calicata 09 .....            | 70 |
| Figura 19 Ensayo de Contenido de Humedad con Bischofita de 2% en Calicata 09 .....    | 70 |
| Figura 20 Ensayo de Compactación con Bischofita de 4% en Calicata 09 .....            | 72 |
| Figura 21 Ensayo de Contenido de Humedad con Bischofita de 4% en Calicata 09 .....    | 73 |
| Figura 22 Ensayo de Compactación con Bischofita de 6% en Calicata 09.....             | 75 |
| Figura 23 Ensayo de Contenido de Humedad con Bischofita de 6% en Calicata 09 .....    | 75 |
| Figura 24 Resumen de Ensayos CBR sin Bischofita y con Bischofita en Calicata 09 ..... | 77 |

## Resumen

El propósito de este estudio es determinar la efectividad de la incorporación de cloruro de magnesio hexahidratado en el proceso de estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal no pavimentada Santa Rosa - Santiago - Ancobamba.

Nuestra investigación es de enfoque cuantitativo, tipo descriptivo, nivel explicativo y diseño experimental ya que un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable y observar su efecto en otra variable.

En el procedimiento de la investigación, se obtuvo las muestras bajo las normas MTC E y ASTM, también se determinó las propiedades físico - mecánicas del suelo con las siguientes pruebas: contenido de humedad, granulometría, índice de plasticidad, límite líquido, límite plástico, clasificación de suelos (SUCS & AASHTO), Próctor Modificado, California Bearing Ratio (CBR), Ángulos, Cono de Arena.

Después de realizar los diferentes ensayos a la calicata 09 ubicada en la progresiva 09+600, se tiene como resultado el valor del CBR al 100% sin bischofita fue de 39.15%, mientras que el valor del CBR al 100% con bischofita muestra + 4%MgCl<sub>2</sub> fue de 40.29%, con una densidad seca al 100% de 2.13 gr/cm<sup>3</sup> y 2.12 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente evidenciado así el incremento de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante.

Según este resultado, se mejoran las propiedades físicas y mecánicas del suelo estabilizado con cloruro de magnesio hexahidratado. Esto se fundamenta en el incremento del valor porcentual del CBR (%).

Palabras clave: Capa de rodadura, Próctor Modificado, CBR, límites de Atterberg, densidad máxima seca.

## **Abstract**

The purpose of this study is to determine the effectiveness of the incorporation of magnesium chloride hexahydrate in the stabilization process of the tread layer on the unpaved Santa Rosa - Santiago - Ancobamba neighborhood road.

Our research is of a quantitative approach, descriptive type, explanatory level and experimental design since an experiment consists of making a change in the value of a variable and observing its effect on another variable.

In the research procedure, the samples were obtained under the MTC E and ASTM standards, the physical-mechanical properties of the soil were also determined with the following tests: moisture content, granulometry, plasticity index, liquid limit, plastic limit, classification of Soils (SUCS & AASHTO), Modified Proctor, California Bearing Ratio (CBR), Angeles, Cone of Sand.

After carrying out the different tests on pit 09 located in the progressive 09 + 600, the result is that the CBR value at 100% without bischofite was 39.15%, while the value of the CBR at 100% with bischofite sample + 4 % MgCl<sub>2</sub> was 40.29%, with a 100% dry density of 2.13 gr / cm<sup>3</sup> and 2.12 gr / cm<sup>3</sup> respectively, thus evidencing the increase in soil resistance to shear stress.

According to this result, the physical and mechanical properties of the soil stabilized with magnesium chloride hexahydrate are improved. This is based on the increase in the percentage value of the CBR (%).

Keywords: Wear coat, Modified Proctor, CBR, Atterberg limits, maximum dry density.

## Introducción

En la actualidad, la infraestructura vial para carreteras no pavimentadas en el Perú es una de las fundamentales dificultades para el sector de transporte urbano y rural; que sumado a la inestabilidad del material de conformación de la base, carpeta de rodadura y sub rasante, no hacen más que acentuar y agudizar el problema.

Si bien es cierto, la red vial a nivel nacional cuenta con carreteras pavimentadas especialmente en las vías nacionales, mientras que un alto porcentaje está representada por carreteras a nivel de afirmado, como caminos vecinales y trochas carrozables; del paquete estructural de estas últimas, la carpeta de rodadura es la más afectada, ya que se encuentra expuesta todo el tiempo a los constantes cambios climatológicos. Es por ello que, buscar nuevas alternativas de conservación vial, que pueda reemplazar los métodos tradicionales de mantenimiento, es fundamental.

Por otro lado, existe una gama de productos químicos que se desempeñan como agentes estabilizadores en la conformación de la carpeta de rodadura, influyendo en estas en términos de resistencia y estabilidad. Entre los productos químicos más vendidos, el cloruro de magnesio y el cloruro de calcio, su aplicación y efectividad dependen de los ingresos de cada proyecto. Con este motivo, el presente estudio tiene como propósito establecer el efecto que se puede lograr incorporando cloruro de magnesio hexahidratado para estabilizar la capa de la banda de rodadura en el camino vecinal sin pavimentar Santa Rosa-Santiago-Ancobamba en el distrito de Chapimarca en la provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac.

La propuesta se realizó con el propósito de contender con ciertas preponderancias externas, las cuales no permite el buen trabajo del paquete estructural a modo que uno espera que lo haga, por ello examinando algunos de estos efectos externos, se propuso una alternativa a la capa de rodadura pues es aquella que recibirá el impacto del tránsito. El enfoque de nuestra investigación es cuantitativa, el enfoque cuantitativo “recoge información empírica (de cosas o aspectos que se pueden contar, pesar o medir) y que

por su naturaleza siempre arroja números como resultado.” (Rivero B, Salomón D, 2008, p. 38). Por ello, el enfoque cuantitativo ofrece una gran eventualidad de repetición y un enfoque sobre puntos específicos de los fenómenos, además de que proporciona la comparación entre estudios similares.

## Capítulo I

### I. Planteamiento del Problema

#### 1.1. Realidad Problemática

Los caminos de bajo volumen y los caminos no pavimentados de tránsito son de gran importancia en la infraestructura de los países. En Chile, “cerca del 60% de las vías públicas administradas por la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas son no pavimentadas” (MOP, 2016), y aunque no existen estadísticas oficiales, se estima que la amplia mayoría de los caminos privados son no pavimentados. A nivel mundial:

Aproximadamente el 43% de los caminos no tienen ningún tipo de recubrimiento (asfalto, hormigón, o material granular seleccionado) y el 70-75% de los caminos tienen un tránsito menor a 400 vehículos diarios, es decir, del orden de 25 millones de kilómetros de caminos (The World Bank, 2016).

Mejorando las condiciones de servicio de los caminos no pavimentados se puede recurrir a la estabilización o mejoramiento del material granular del camino por medios mecánicos o químicos. Según manifiesta Miranda:

La tasa de crecimiento anual de la infraestructura vial en el Perú es superior al 5%, además es un país donde el déficit de infraestructura vial representa uno de sus

principales problemas. La red vial nacional tiene una longitud de 25,005 km, donde el 36.4% (9,100 km) de las vías están no asfaltadas; mientras que la longitud de la red vial nacional tiene una longitud de 24,235 km, de los que solo el 9.7% son vías asfaltadas, dejando cerca de 21,895 km de caminos no apropiados para el transporte vehicular; la red vial vecinal tiene una longitud de 91,844 km, donde el 98.2% son vías no pavimentadas; en suma, nuestro país presenta el 85.9% de su red vial no pavimentada. En general, estas vías no reciben pavimentación porque el tráfico por estas es relativamente bajo, entonces se vuelve no viable económicamente y se someten periódicamente a técnicas tradicionales de conservación (re perfilado, humectado y compactado) por parte de las entidades viales. (Miranda, 2011).

La pavimentación es una actividad que implica una inversión de grandes magnitudes en insumos y maquinaria, con participación del personal capacitado y estrictamente necesario, sobre todo si se trata de pavimentar una vía extensa; siendo necesaria la investigación y desarrollo de técnicas alternativas para magnificar la conservación y durabilidad de las vías sin pavimentación.

El Estado dentro de sus competencias, está a cargo de este tipo de obras anteponiendo los proyectos viables determinados mediante un estudio a nivel de perfil, mientras que los no viables quedan en espera, caminos que principalmente se ubican en pueblos y caserío, representando un problema para el transporte y actividades económicas de su población. Se ha propuesto como solución que las municipalidades locales promuevan la participación del pueblo para realizar los estudios y se ejecuten los proyectos, pero como es el pueblo quien financia estas obras, donde el presupuesto es muy limitado y solo se logra ejecutar la vía a nivel de sub rasante. Motivo por el que, este estudio dará a conocer las alternativas existentes para que el tratamiento final del camino, sea con un afirmado que garantice una mayor durabilidad y la posible inclusión de nuevas características de mejora que no necesariamente representen un aumento excesivo del costo, como estabilizador químico de suelos (Cloruro de magnesio, Cal, Cloruro de sodio, Cloruro de calcio, los Polímeros y Cemento portland).

Si bien en algunos caminos no resulta viable poner una pavimentación flexible, se procede a colocar un afirmado adecuadamente tratado, aunque las peculiaridades climáticas del área afectarán la vida útil reduciéndolo.

En el desarrollo de esta tesis se estudiará al Cloruro de Magnesio y sus principales beneficios que se lograrán cuando sean utilizados en el tratamiento final del camino vecinal.

## **1.2. Planteamiento del Problema**

### **1.2.1. *Formulación del problema***

La inestabilidad de los suelos en la carretera vecinal Santa Rosa –Santiago- Ancobamba, afecta a la población en el acceso a los servicios públicos y sus ingresos agropecuarios.

Por otro lado, uno de los principales problemas para la pavimentación de carreteras es la inestabilidad de los suelos, problema que debe ser corregido aplicando las diversas técnicas para estabilizar los suelos existentes, como aquella donde se emplean los productos químicos no tóxicos para dotar de un mejor comportamiento en servicio al suelo, ofertados por numerosas empresas que compiten por promocionar las bondades de sus estabilizadores a precios competitivos.

Pese a la eficiencia comprobada y reconocida internacionalmente de los estabilizadores de suelos, estos no pueden aplicarse de forma universal, ya que están condicionados por la variabilidad de propiedades mecánicas y físicas del suelo, de tal manera puede influir en la actuación del compuesto, que ha sido formulado específicamente para estabilizar una gama de ellos, por lo que es importante seleccionar el estabilizador previo análisis de las propiedades de los suelos.

Por otro lado, la presente investigación orienta a hallar la concentración de cloruro de magnesio necesaria para la optimización de sus propiedades físico-mecánicas del suelo para utilizarlo en superficies de rodadura en vías sin pavimentación.

### **1.2.2. Problema general**

¿Qué efectividad se logrará incorporando el cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la Carretera Vecinal Santa Rosa –Santiago-Ancobamba?

### **1.2.3. Problemas específicos**

1. ¿Cuáles son los beneficios funcionales que tiene el cloruro de magnesio aplicado como estabilizador de capa de rodadura en Carreteras Vecinales no pavimentadas?
2. ¿Cuál es el comportamiento físico y mecánico de suelos estabilizados con cloruro de magnesio?
3. ¿Qué porcentaje de cloruro de magnesio es el más adecuado para estabilizar la capa de rodadura en Carreteras Vecinales no pavimentadas?

### **1.3. Justificación de la Investigación**

Para su funcionamiento, todo proyecto de construcción de pavimentos precisa de suelos subyacentes de calidad. Es altamente probable que “un suelo inestable propicie dificultades significativas de los pavimentos y estructuras, ya que se ha buscado el mejoramiento de suelos aplicando técnicas de estabilización desde varias décadas atrás, con materiales como la cal, cemento, emulsiones, aditivos y enzimas” (Jara, 2014). El Cloruro de Magnesio Hexahidratado o llamado por el nombre de bischofita, “se ha evaluado como inhibidor temporal de polvo en varios países, al suministrar el riego de salmuera ( $MgCl_2$  más  $H_2O$ ) encima de un camino, alcanzándose a productos beneficiosos y óptimos” (Anticono, 2012).

La efectividad del uso de la bischofita a manera de estabilizador químico (combina el total de cloruro de magnesio con el suelo en toda la capa de rodadura) se orienta principalmente a la resistencia de caminos y a la disminución del deterioro superficial. Así mismo:

El cloruro de magnesio se compone por cualidades y propiedades únicas que lo diferencian de otros estabilizadores químicos, sus propiedades más resaltantes son:

Higroscopicidad y deliquesencia, tensión superficial mayor a la del agua, presión de vapor menor a la del agua y temperatura de congelamiento inferior a la del agua (Gutiérrez, 2010).

Los problemas mencionados en los párrafos predecesores representan por si solas una justificación valida. Las estabilizaciones químicas todavía son un tema estudiado a nivel superficial y de forma limitada, constituyendo un motivo adicional a fin la elaboración de la presente tesis de este estudio, el cual busca ampliar su conocimiento referente al empleo de este material resaltando sus beneficios y desventajas.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la efectividad que se logrará incorporando el cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la Carretera Vecinal no pavimentada Santa Rosa- Santiago- Ancobamba.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Determinar los beneficios funcionales que tiene el cloruro de magnesio hexahidratado aplicado como estabilizador de capa de rodadura en Carreteras Vecinales no pavimentadas.
2. Determinar y analizar el comportamiento físico y mecánico de suelos estabilizados con cloruro de magnesio hexahidratado.
3. Determinar qué porcentaje de cloruro de magnesio hexahidratado es el más adecuado para estabilizar la capa de rodadura en Carreteras Vecinales no pavimentadas.

#### **1.5. Delimitaciones de la Investigación**

##### **1.5.1. Espacial**

Esta investigación se desarrolló en la Carretera Vecinal no pavimentada Santa Rosa- Santiago- Ancobamba, tal como se muestra en la figura 1.

## Figura 1

### Ubicación Geográfica de la Vía en Estudio



Nota: El tramo de la carretera Santa Rosa-Santiago-Ancobamba se encuentra ubicado al este del distrito de Chapimarca, con una longitud de 25.570 km

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones MAPA VIAL

[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/Mapas%20Departamentales/03-APURIMAC.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/Mapas%20Departamentales/03-APURIMAC.pdf)

#### 1.5.2. Temporal

La investigación se realizó en el año 2019.

#### 1.5.3. Social

La delimitación social es nula.

#### 1.5.4. Conceptual

El estudio está comprendido de dos variables: cloruro de magnesio y capa de rodadura.

### 1.6. Viabilidad de la Investigación

El tema de investigación cuenta con la viabilidad técnico científico, con el suficiente acceso a información primaria tanto en internet como libros.

La viabilidad económica cuenta con los recursos propios de los tesisistas para ser viable.

Dentro de la viabilidad de recursos humanos, la investigación cuenta con un asesor, tesisistas y especialistas capacitados.

### **1.7. Limitaciones**

En la presente investigación una de las fundamentales limitantes es que para cumplir con los procedimientos de evaluaciones funcionales de la capa de rodadura se debe evaluar la rugosidad, siendo necesario utilizar un equipo MERLIN y seguir las pautas determinadas del Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL); pero en vista de que la normativa peruana no cuenta con este tipo de ensayos, el procedimiento fue obviado.

## Capítulo II

### II. Marco Teórico

#### 2.1. Antecedentes de la Investigación

##### 2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

Araya, M. L., (2010). En la Tesis "*Análisis comparativo para ejecución de estabilización de suelos, entre procesos tradicionales y el estabilizador de suelos Soiltac*". Trabajo de investigación desarrollada para conocer las propiedades y usos del Soiltac, analizando sus ventajas y desventajas frente a estabilizadores de suelos comunes como el cloruro sodio y el cloruro de magnesio. Se llegó a la conclusión de que el Soiltac es un producto de calidad y económico para la implementación y mantenimiento de caminos poco transitados, comparado con otros estabilizadores comunes. Por lo que se recomienda utilizarlo en ciudades con menor tránsito vehicular. Así mismo, este producto que es un compuesto líquido tiene un periodo de aplicación menor a los cloruros, cerca de 7 días, por lo que necesita únicamente de algunos materiales, su curado es rápido y solo debe removerse el espesor de terreno necesario.

Roldan, J. (2010). *En la tesis "Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases"*. Donde los materiales que se analizaron en el estudio fueron: la arena Caliza y la arena limosa color beige (selecto), en cada caso se observó mejoras

aceptables, pero se evidencio que el selecto obtuvo una mejor estabilización. Para la compactación de arena limosa y caliza los porcentajes aumentan al adicionar NaCl al 2% como máximo, aunque el comportamiento del porcentaje de CBR es diferente. En el caso de la arena caliza el CBR incrementa en la probeta compactada a 65 golpes, pero en la arena limosa el CBR disminuye. Se añadió Cloruro de Sodio para ensayos de tres esfuerzos en probetas de medidas: 5 de altura y de ancho 2.5, con el ensayo de proctor se obtuvo una densidad máxima de la compactación, son inversamente proporcionales con el cloruro de sodio el ángulo cohesión y de fricción interna. Para la arena limosa, agregar NaCl provoca que se disminuya considerablemente el ángulo de fricción interna representando una reducción de la capacidad de carga en el suelo. Aunque, la cohesión del suelo aumenta causando una mayor deformación de la probeta. La arena caliza se comporta diferente al añadir una cierta cantidad de NaCl, disminuyendo la cohesión y el ángulo de fricción interna aumenta. Conclusiones: De agregar cloruro de sodio con grandes cantidades de humedad, llegando a la saturación, el material se seca y se observa que la sal cementa las partículas, creando en la parte superior una capa blanquecina y la resistencia a la comprensión va incrementando.

Huezo y Orellana (2009). *En la tesis "Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en El Salvador"*. En primer lugar, realizan una revisión bibliográfica de las generalidades sobre los suelos, pavimentos y cal. Después, en el laboratorio diseñan la mezcla suelo-cal siguiendo las especificaciones de normas AASHTO (American Association of State Highway and Transport Oficial) y ASTM (American Society for Testing and Materials). Finalmente, el proceso constructivo de la capa suelo-cal constó en un proyecto de carretera en tramo de prueba, para verificar con ensayos la calidad de la capa terminada. Los parámetros fueron elegidos de acuerdo a la variación volumétrica, estos fueron: permeabilidad, plasticidad, granulometría, límites de atterberg e índice de plasticidad. Los parámetros de estado se seleccionaron tomando en cuenta las condiciones ambientales: resistencia mecánica, la capacidad portante (ensayo CBR) y la compactación (ensayo proctor). Para estabilización de suelos con cal se

ejecutaron diferentes ensayos, que permitieron determinar que al añadir cal se reduce la plasticidad del suelo, la cohesión y la resistencia en los primeros días de curado; por lo que es mayor la resistencia a compresión a temprana edad en probetas elaboradas con suelo natural que en suelo-cal; Se determinó con la norma ASTM D 6276 que al añadir cal se disminuye notablemente la plasticidad ( a cero) en suelos con óptimos porcentajes de cal, provocando cambios considerables en su granulometría y en su clasificación, donde el suelo arcilloso (CL) se convierte en un suelo limoso (ML). Para dosificar el porcentaje necesario de cal se deben analizar las propiedades y características particulares de cada suelo. El método para calcular el porcentaje óptimo de la cal se obtiene de la medición estándar de pH para las mezclas suelo-cal en base a la norma ASTM D 6276, resultando como porcentaje óptimo el 4% de cal para este suelo; la mayor resistencia a la compresión en suelos que se estabilizaron con cal obedece a una serie de factores como el adecuado diseño de la mezcla suelo-cal, mineralogía del suelo, tipo de cal y proceso constructivo de la capa suelo cal, resaltado la importancia de que se establezca un plan de control de calidad para garantizar una ejecución correcta de todas las etapas.

Cavieres, W. P. (2008). Tesis "*Comportamiento de las soluciones básicas de carpetas de rodadura aplicadas a caminos de bajo tránsito*". Santiago de Chile – Chile. La Dirección de Vialidad menciona las Soluciones Básicas orientadas a mejorar la carpeta de rodadura que se aplican en caminos con bajo tránsito, con pavimentación no tradicional, representando una alternativa válida para los caminos no pavimentados. Estas soluciones básicas son: Estabilizar las carpetas granulares superficiales, añadiendo productos que promuevan la aglomeración de la fracción fina de los suelos o carpetas granulares, como los productos ligantes o las sales minerales. Recubrir el asfalto, con tratamientos superficiales como los riegos neblina (fogseal), riegos con gravilla, sellos asfálticos, carpetas asfálticas de pequeño espesor, lechadas asfálticas y combinación de ellos (mejorar la base granular y proteger el asfalto). En esta investigación se ahonda en las características de los tipos de soluciones básicas utilizadas en diferentes zonas de

Chile y se realiza una evaluación de su factibilidad para solucionar la red vial no pavimentada. Previamente se revisó la información de los proyectos que se ejecutaron, identificando los datos sobre su comportamiento respecto a las condiciones climáticas, tipo de suelo y flujo de tránsito. Para la evolución del comportamiento se emplearon indicadores de estado, obtenidos con inspecciones visuales a los caminos mejorados con soluciones básicas, para lo cual se utilizó una ficha para registrar el nivel de deterioro, mediciones de IRI y deflectometría realizadas por el Laboratorio Nacional de la Dirección de Vialidad. En conclusión, se afirma que es factible aplicar algún tipo mejoramiento de la carpeta de rodadura en las diferentes zonas del país previo análisis, elección, construcción y mantención.

Monlux y Mitchell. (2006). "*Surface-aggregate stabilization with chloride materials. U.S. Department of Agriculture. United states*". Esta investigación proporciona información acerca de las opciones y rentabilidad de aplicar cloruro de calcio y magnesio en construcciones de carreteras estatales y locales. La estabilización incrementa el nivel de beneficio de la carpeta de rodadura, además reduce el polvo, el deshilachado y el lavado. Por lo que los encargados de construir las vías pueden esperar óptimos resultados similares al utilizar agregados recién triturados. Los beneficios y la rentabilidad de la estabilización con cloruro se midieron en 12 proyectos del 2003 que fueron monitoreados en dos temporadas, un total de 39 secciones fueron tratadas y 40 no tratadas fueron construidas con una mezcla de magnesio y cloruro de calcio a dos concentraciones (1,5% y 2% de cloruro puro en base al peso seco del agregado) con una superficie de 2 pulgadas de profundidad de agregado triturado. Los costos de construcción oscilaron entre \$ 8,000 y \$ 10,000 por milla dependiendo del cloruro, ubicación del proyecto y proceso de construcción, costos que fueron compensados al reducirse los costos del mantenimiento, uso vehicular y pérdida de agregados.

### **2.1.2. Antecedentes a nivel nacional**

Pumaricra, D. P. (2019). En la tesis “*Cloruro de magnesio como aditivo en el tratamiento de las propiedades físico-mecánicas de la superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas*”. Para estudiar los diferentes porcentajes del aditivo ( $MgCl_2$ ), al 0%, 2%, 4% y 6% sobre el peso de la muestra, esta se tomó de la cantera del sector Tuctilla. Se empleó el método AASHTO para evaluar las propiedades físicas, observándose que la muestra tenía una variación de A-2-4(0) hasta A-1-b (0); con el método SUCS se determinó que la muestra varía de GC hasta GC-GM; disminución del índice de plasticidad del 6.82% al 4.88%, la cantidad óptima de humedad contenida tiene tendencia a disminuir al aumentar la máxima densidad seca aumenta incrementando los porcentajes de  $MgCl_2$ ; la propiedad mecánica del valor de CBR disminuyeron conforme se fue incrementando el porcentaje de  $MgCl_2$ . Se llegó a la conclusión de que el  $MgCl_2$  no generaba mejoras en las propiedades físico-mecánicas del material de cantera que se estudió.

Araujo y Vera (2017). En la tesis “*Evaluación del comportamiento de la superficie de rodadura a nivel de afirmado estabilizado con cloruro de magnesio hexahidratado (ocoña – piuca / camaná – arequipa)*” esta investigación de nivel descriptivo exploratoria, de enfoque mixto y diseño no experimental, que evaluó la rugosidad, serviciabilidad y condición superficial. Para realizar las inferencias sobre las variaciones de las variables, sus determinantes y consecuencias, se procedió a una recopilación de datos en setiembre 2015 y mayo 2016. El análisis de la investigación estuvo limitado a dos sectores del camino vecinal (Long. 52.026 km), desde el km 05+000 al km 15+000 y del km 25+000 al km 35+000. La rugosidad (IRI) estuvo en óptimos estados de conservación, una regular serviciabilidad (PSI), y muy buena clasificación de la condición superficial (URCI). Se concluyó que el aditivo funciona eficientemente, a excepción de algunos sectores afectados por factores externos, que provocaban un deterioro más rápido.

Hilario, F. (2015). *En la tesis "Aplicación y evaluación de cloruro de magnesio hexahidratado (Bischofita) como tratamiento y estabilizador de la capa de rodadura granular aplicado en el tramo de la carretera Espinar – Tintaya Marquiri."* Optimización de los recursos destinados a la conservación de este tipo de caminos, e incrementación de la durabilidad de los caminos no pavimentados. Con la masificación del uso de productos químicos para la estabilización de la capa superficial de rodadura con el propósito de disminuir notablemente el rápido deterioro superficial y minimizar los efectos ambientales nocivos. Entre los productos químicos más utilizados se encuentra el cloruro de magnesio hexahidratado, que es una sal que es utilizado como estabilizador químico de capas de rodadura granular gracias a que entre sus propiedades se encuentra su capacidad de absorción y retención de la humedad ambiental, mayor tensión superficial del agua y reducción de la presión de vapor del agua. Este estudio evaluó la efectividad del MgCl como estabilizador químico de vías no pavimentadas, basándose en resultados de ensayos y evaluación de capas de rodadura estabilizada y tratada superficialmente con MgCl, en un tramo de la carretera de Espinar – Tintaya Marquiri. Se determinó que el adicionar cloruro de magnesio estabiliza mejor la capa de rodadura, disminuye la formación de baches, corrugaciones, pérdida de áridos, formación de polvo y mejora la calidad de rodadura. Los costos de estabilización y tratamiento superficial son más económicos a largo plazo, su serviciabilidad es ideal y los usuarios se encuentran más cómodos.

Zambrano, J. E. (2016). *"Estabilización química con Cloruro de Magnesio en el diseño del camino - Villa las Orquídeas - Puente Piedra en el 2016"*. Esta tesis fue desarrollada en dos partes: en primer lugar, se eligieron los parámetros para determinar las propiedades básicas de terreno, procediendo a realizar un trabajo de campo, recolección de datos con una 1 calicata de 1.50 m para extraer 200 kg de muestra. En el laboratorio se procesaron los datos para calcular las propiedades del terreno mediante la granulometría por tamizado, compactación Proctor y límites de consistencia, a fin de obtener la densidad seca máxima, el contenido óptimo de humedad, la capacidad portante del suelo (CBR). Los datos obtenidos fueron procesados en el software Excel. En la segunda fase, se

aplica el cloruro de magnesio al terreno estudiado para mejorar las propiedades del suelo, siendo necesario el laboratorio y el trabajo en gabinete, para observar el comportamiento de suelo con MgCl y la variación entre los resultados anteriores.

Jiménez, M. E. (2014). En la tesis "Diagnostico estructural de afirmado estabilizado con cloruro de magnesio mediante el modelo matematico de Hogg y Viga Benkelman". *Desarrollo de nomogramas aplicando modelos matemáticos para analizar y evaluar el desempeño estructural del suelo estabilizado con cloruro de magnesio*. Así mismo se observó la dispersión de módulos elásticos de los pavimentos comparados con un pavimento flexible común. Se determinó que al estabilizar químicamente los suelos se transforma en una base impermeable, flexible y resistente. Previa a esta estabilización se debe estudiar los suelos, el diseño de pavimento, las dosificaciones de aditivos y supervisar el terreno. Si bien inicialmente, la inversión es mayor, se reducirán los costos de mantenimiento rutinario permanente y periódico, por lo que resulta una opción más económica.

Anticona, L. P. (2012). *Innovación metodológica, para evaluar una superficie estabilizada, con cloruro de magnesio*. Este estudio representa una herramienta de gestión vial para evaluar el comportamiento estructural y funcional de las superficies granulares de rodadura en las carreteras sin pavimentación y permite establecer el periodo de mantenimiento en estos caminos. Se realizó una evaluación monitoreando la Vía de Acceso a Caral, estabilizada con MgCl, que estuvo a cargo de Provias Descentralizado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Fue posible determinar los beneficios de este estabilizador al ser aplicado en caminos de nuestro país considerando las condiciones climáticas, el tráfico y las características físicas del material.

Gutiérrez, C. A. (2010). En la tesis "estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas Comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio". Solución de problemas viales utilizando métodos para estabilizar los suelos. Es común estabilizar los suelos aplicando recursos químicos que mejoren sus características de servicio. El autor detalla las diferencias existentes entre el cloruro de magnesio y el

cloruro de calcio, que son los estabilizadores químicos más demandados en el mercado. Se llegó a la conclusión de que el cloruro de magnesio es menos beneficioso que el cloruro de calcio, este último es altamente producido en los salares de lima y huacho por lo que es mucho más económico, sobre todo para la red vial de la costa peruana.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Estabilización de suelos**

Consiste en optimizar las propiedades físicas de un suelo mediante métodos mecánicos y añadiendo productos químicos, sintéticos o naturales. Generalmente se usan en suelos de subrasante pobre o inadecuado, que se estabilizan con cemento, suelo asfalto, suelo cal y otros productos. Al estabilizar una base granular o sub base, se obtiene un material nombrada tratada o estabilizada que es de alta calidad.

El proceso de estabilización dota a los suelos de una permanencia de propiedades y resistencia mecánica por largos periodos. Para lo cual se cuenta con distintas técnicas que van a partir de la adición de uno o más agentes estabilizantes y la incorporación de otro suelo. Luego de la estabilización, se procede a un proceso de compactación.

#### **2.2.1.1. Métodos de estabilización de suelos.**

Para estabilizar un suelo se siguen los siguientes métodos según al Manual de Carreteras del MTC (2014) donde establece: “estabilización química de suelos, estabilización mecánica de suelos, estabilización por combinación de suelos, estabilización por sustitución de suelos, estabilización con geosintéticos y estabilización con productos asfálticos”.

#### ***Estabilización química de suelos.***

Se define como una técnica que consiste en la aplicación de un químico llamado estabilizador, que debe ser mezclado homogénea e íntimamente con el suelo siguiendo las especificaciones técnicas del producto. Que a continuación se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1****Estabilizadores Químicos y sus Efectos**

| Estabilizador Químico | Efectos  |
|-----------------------|--|
| Cal                   | “Uno de los efectos más importantes de la cal en el suelo, es el de cambiar apreciablemente su plasticidad. También aumenta la humedad óptima de compactación”. (Manual de carreteras, 2014).                    |
| Cemento               | “La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla”. (Manual de carreteras, 2014).   |
| Escoria               | “Se evita explotar nuevas canteras, manteniendo el paisaje de la zona, se reduce el consumo de energía y combustibles, y se reducen las emisiones de CO <sub>2</sub> al ambiente”. (Manual de carreteras, 2014). |
| Cloruro de sodio      | “Su propiedad fundamental es absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo”. (Manual de carreteras, 2014).                |
| Cloruro de calcio     | “Ayuda al proceso de compactación y contribuye con la resistencia del suelo, previene el desmoronamiento de la superficie y es un paliativo del polvo”. (Manual de carreteras, 2014).                            |
| Cloruro de magnesio   | “Más efectivo que el cloruro de calcio, absorbe la humedad del ambiente, cohesiona las partículas finas, retiene la humedad absorbida y es altamente soluble en agua”. (Manual de carreteras, 2014).             |

Fuente: (Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014)

**2.2.2. Cloruro de Magnesio Hexahidratado**

También conocido como Bischofita, es un cloruro en forma de cristales de color blanco, con afinidad química por el agua y puede absorber una gran cantidad de agua al exponerlo en la atmósfera, creando una solución líquida.

Gracias a sus propiedades puede ser utilizado como estabilizador químico de la capa de laminación granular como absorber y mantener la humedad ambiental, aumentando la tensión superficial del agua y la presión de vapor del agua va reduciendo.

**2.2.2.1. Composición del estabilizador.**

Del cloruro de magnesio hexahidratado ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) sus componentes mayores y sus componentes menores se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 2**

Composición del Cloruro de Magnesio Hexahidratado

| Químico  | Porcentaje |
|----------|------------|
| Cloro    | 33.5%      |
| Magnesio | 10.5%      |
| Agua     | 52.0%      |
| Sodio    | 2.8%       |
| Sulfato  | 2.0%       |
| Potasio  | 3.8%       |
| Litio    | 0.2%       |
| Boro     | 0.1%       |

Fuente: (Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014)

**2.2.2.2. Propiedades del estabilizador.****a. Higroscópica.**

Su capacidad de absorción de la humedad ambiental hasta en zonas muy áridas, permiten que la superficie de las vías estabilizadas con MgCl, no emanen partículas finas de polvo casi por completo (90% si se mide con DustMate).

**b. Ligante.**

Con la cohesión de las partículas finas se consolida la carpeta de rodadura, que al ser estabilizado con  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  logrará mantenerse húmeda cuando exista una humedad relativa mayor al 30%, ya que el tránsito frecuente genera una compactación adicional y por ende una superficie de rodado suave, de manera que la resistencia a la fricción de la herramienta de transporte será más óptima y se extenderá la vida útil del neumático.

**c. Resistente a la evaporación.**

Posee una baja tensión de vapor, lo que permite que no se pierda la humedad absorbida. A cualquier temperatura y humedad relativa, la presión de vapor de la solución hexahidratada de cloruro de magnesio es menor que la del agua, por lo que la tasa de evaporación se puede reducir hasta 3,1 veces.

**d. Baja temperatura de congelamiento.**

Puede resistir temperaturas bajas, hasta a  $-32.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**e. Altamente soluble en agua.**

Permite elaborar una solución en forma rápida y sencilla..

**2.2.3. Mecanismo de estabilización**

**a) Absorción y retención de humedad en la superficie de rodadura.**

Se estabiliza la superficie con Bischofita la cual presenta una mayor absorción del agua del aire en la mañana y noche, dado que son horas donde la humedad relativa es más alta. El tiempo de retención de esta humedad depende de las condiciones del clima. De esta manera se elude la pérdida de partículas finas o gruesas en forma de polvo.

**b) Cristalización de la bischofita en la superficie de rodado.**

En condiciones de baja humedad relativa (unas pocas horas por la tarde en un clima árido), la cristalización del  $\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ocurrirá en la mitad superior de la superficie de laminación, lo que resultará en la formación de una costra dura de partículas finas al cemento, resistiendo así la abrasión, la tasa de degradación y mejorando la calidad de laminación.

**c) Aglomeración de partículas finas.**

La añadidura de  $\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  facilita la afluencia de partículas finas, por lo que el suelo se puede distinguir con alta plasticidad. En suelos como el limo y arena fina con baja plasticidad, la aglomeración es causada por la alta tensión superficial de la solución salina que rodea las partículas. La película de agua que bordea las partículas finas del suelo es un puente elástico que conecta las partículas adyacentes. Al agregar  $\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  al suelo, la resistencia del puente elástico se puede optimizar para mantener la adhesión de las partículas y mejorar la resistencia al corte.

En suelos con alto contenido de arcilla y alta plasticidad, la adición de Bischofita aglomerará los minerales arcillosos debido al intercambio iónico, reduciendo así la carga negativa de los minerales, la fuerza repulsiva entre las partículas y el espesor de la película de agua absorbida. La fuerza de repulsión más baja y la tensión superficial más alta de la solución salina aumentarán la fuerza de atracción entre las partículas, lo que provocará su aglomeración.

#### **d) Estabilidad frente a ciclos de hielo/deshielo.**

Según Thenoux “el cloruro de magnesio reduce el punto de congelación del agua del suelo, minimiza el daño a la superficie granular de la carretera debido al tiempo de congelación-descongelación” (Thenoux, 2003).

Se añade  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  en una mezcla uniforme al afirmado, absorbe la humedad y evita que se pierdan los finos como polvo. Al ser una sal con solución líquida, pierde agua de colocación y se recristaliza añadiendo finos de la base, creando una película muy resistente a los efectos de la abrasión.

#### **2.2.4. Procedimiento de aplicación del estabilizador**

Comienza con los labores de explanación hasta que alcance nivel de la subrasante, después se coloca el material confirmado proveniente de las canteras autorizadas y que se humedeció con riego de salmuera de magnesio, hasta lograr una solución homogénea elaborada de 4.0 hexahidratado de cloruro de magnesio por 1 peso del contenido de agua, permitiendo que la densidad sea igual a  $1.25 \text{ tn/m}^3$ ; se vierte la salmuera sobre el afirmado utilizando un camión cisterna para luego se mezclen con una motoniveladora. Es importante que esta solución se aplique sobre el afirmado tomando en cuenta la cantidad óptima de humedad, que se calculó con el ensayo de proctor.

Tan pronto se terminó con el emparejamiento y la distribución de los materiales, se utilizó un rodillo alisador vibratorio automático para solidificar cada capa del material en todo su ancho. La compactación es longitudinal e inicia del borde exterior hacia el centro de la vía, para el control de calidad se realiza la prueba de cono de arena por cada

250 m<sup>2</sup> de material, para verificar que la densidad supere el 95% de la densidad máxima determinada.

Después se aplica un riego sellador sobre todo el ancho de la superficie a 10 km/h, regando en cada pasada 1 lt/m<sup>2</sup>. La dosis recomendada por sello es de 4 lt/m<sup>2</sup> de solución que equivale a 3 kg/m<sup>2</sup> de MgCl<sub>2</sub>-6H<sub>2</sub>O, en cuatro riegos sucesivos vigilando que cada riego penetre apropiadamente la superficie del camino. Para la operación se debe prohibir el tránsito vehicular.

Es así como se obtiene una durable costra superficial que disminuye al máximo que se produzca y disperse el polvo provocado por el tráfico vehicular, mejorando las condiciones del ambiente circundante.

#### **2.2.5. Ventajas de la estabilización con bischofita**

Las propiedades del MgCl<sub>2</sub>-6H<sub>2</sub>O utilizado para carpetas de rodado como agente estabilizador son numerosas, tienen muchos beneficios durante la fase de construcción y durante la vida útil. Las ventajas más destacables se detallan a continuación:

##### **a) Trabajabilidad del Material Granular.**

La solución de Cloruro de Magnesio en su mayor tensión superficial puede mejorar la lubricidad de las partículas del suelo, optimizando así su trabajabilidad, favoreciendo la obtención de altas densidades, con el mismo esfuerzo de compactación ejercido con el agua. En la solución son diluidas las moléculas de agua del MgCl<sub>2</sub>, reduciendo la humedad de compactación óptima. Añadir Cloruro Magnesio aumenta la humedad óptima.

Gracias a estas características del MgCl<sub>2</sub> el esfuerzo de compactación para obtener la densidad especificada es menor, además se reduce la cantidad de agua de compactación, generando un ahorro que compensa los costos adicionales de utilizar MgCl<sub>2</sub>.

##### **b) Control de la Humedad Óptima.**

La solución de cloruro de magnesio tiene capacidad higroscópica, menor presión de vapor y mayor tensión superficial que el agua, por lo que puede prevenir la evaporación y mantener una humedad óptima durante más tiempo.

**c) Uniformidad de la superficie de rodado.**

En buenas condiciones atmosféricas (HR > 30%), la superficie de rodadura de caminos estabilizados con  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  permanece húmedo la mayor parte del día. El tránsito vehicular provoca una acción de compactación mayor originado por la cristalización de las sales que densifica aún más el material creando una costra superficial parecida a la piel. De manera, que se optimiza la resistencia a la acción abrasiva del clima y del tránsito; obteniendo una superficie con calidad de rodado suave, parecido a los caminos pavimentados, es así como se reducen los costos de operación vehicular.

**d) Supresión del polvo generado por el paso de los vehículos.**

Las superficies húmedas no liberan partículas finas en forma de polvo, reduciendo el polvo hasta en un 95%, mejorando significativamente los niveles de visibilidad y en ocasiones lo elimina por completo.

**e) Mejora la calidad de vida en la zona aledaña al camino.**

Reduciendo las emisiones de polvo, se reduce la contaminación en zonas adyacentes a la carretera, disminuyendo enfermedades de tipo respiratorio en las personas que se exponen continuamente al polvo originado de los vehículos y los daños a los bienes inmuebles, artículos electrónicos y se contribuye al desarrollo agrícola y a la vegetación.

**f) Reduce el deterioro del camino.**

Al reducir significativamente la formación de daños en la superficie, la superficie de rodadura de cloruro de magnesio es más estable y firme, por lo que la frecuencia de intervención es menor y el costo de mantenimiento de la vía es menor.

**g) Contribuye a reducir el punto de congelación del agua.**

El  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  provoca una reducción del punto de congelación del agua del suelo, aplicar  $\text{MgCl}_2$  minimiza los daños que derivan de los cambios de volumen del suelo provocados por los ciclos de congelación y descongelación.

#### **2.2.6. Desventajas en la aplicación de la bischofita**

El  $\text{MgCl}_2$  utilizado para estabilizar carpetas granulares no presenta desventajas definidas que afecten considerablemente su funcionalidad, pero podemos mencionar los siguientes efectos poco ventajosos:

##### **a) Baja corrosión.**

Es de baja corrosión que el cloruro de sodio, hecho que se observa en el nivel de oxidación de los metales al mantener contacto con la sal. Aunque, la concentración distribuida en una superficie de rodadura es solo 4,5 % en peso, que después de aplicarse no genera daños en los vehículos.

##### **b) Superficie resbaladiza.**

Frente a una humedad ambiental superior al 90% la superficie estabilizada con Cloruro de Magnesio puede volverse resbaladiza si la granulometría utilizada para la confección de la carpeta tiene un grado de plasticidad mayor a 5%. El efecto resbaladizo se controla restringiendo el tráfico y en zonas lluviosas es necesario colocar un sello protector a fin de evitar accidentes de tránsito.

##### **c) Efectos en la salud de las personas.**

Hasta el momento no se han identificado efectos nocivos en la salud de las personas, incluso si se han utilizado grandes concentraciones.

##### **d) Capa de rodadura.**

Capa colocada sobre la base para proteger la estructura de pavimento a través de una impermeabilización de la superficie, de esta manera se evitan filtraciones de agua de lluvia que saturan las capas inferiores, y la desintegración de las capas subyacentes debido al tránsito vehicular. Además, la superficie de rodadura acrecienta la capacidad soporte, que con un espesor considerable absorbe las cargas.

### **2.2.7. Capa de rodadura estabilizada**

#### **a) Extracción y apilamiento en cantera.**

Para un trabajo de investigación se debe realizar el apilamiento y la extracción de material de préstamo de cantera, que se necesita para tramos que no cuentan con material afirmado.

#### **b) Zarandeo de material.**

Para el zarandeo del material de la cantera seleccionada para el afirmado, el material seleccionado debe cumplir las exigencias del MTC, siendo necesario una zaranda de 2" y un cargador frontal.

#### **c) Carguío y transporte de material.**

Referida al transporte y carguío del material seleccionado, este material se utiliza en zonas donde se necesita nivel de vía. Para lo cual se requiere de un cargador frontal y volquete.

#### **d) Mezcla de suelos.**

Se realiza en lugares desnivelados o con baches, utilizando el material escarificado de la vía. Se necesita una motoniveladora.

#### **e) Aplicación y mezclado de solución de cloruro de magnesio con suelo escarificado.**

La salmuera se traslada a obra utilizando un camión cisterna, para ser regado de forma uniforme en la longitud por estabilizar, considerando la dosificación  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  y la humedad óptima de compactación.

La motoniveladora mezcla el material todas las veces necesarias hasta alcanzar una homogeneización total.

#### **f) Conformación de afirmado e=0.20 m fact. Compact. =1.20.**

La distribución necesita de una humedad óptima de compactación, que se obtiene al aplicar riegos de solución hasta que se complete la dosis de  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ . Si se aplicó todo el cloruro de magnesio y no se alcanzó la humedad óptima de compactación, será

necesario añadir agua hasta que se obtenga tal humedad. Posteriormente, se distribuye de forma uniforme el material para que sea compactado.

Para la compactación se utiliza un rodillo liso vibratorio con peso estático de 10 toneladas a más, la compactación debe ser gradual traslapando cada pasada en 0,30 m respecto a la anterior.

El material se compacta hasta que se alcance un 100 % de la densidad máxima seca del material tratado con  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ . Una vez compactada la capa de rodadura se aplica un riego superficial de solución, cumpliendo con la densidad de solución determinada, tan pronto se logró la penetración de la salmuera se pasará el rodillo liso sin vibración para que la superficie se selle.

Al finalizar la compactación y perfilado de la capa de rodadura, la superficie debe ser uniforme, suave con presencia de material grueso. Si se identifican áreas con espesor inferior al señalado, será necesaria una escarificación del espesor total, para agregar material, se riegue, compacte y se termine la superficie.

#### ***2.2.8. Capa de rodadura granular tratado superficialmente con cloruro de magnesio de acuerdo a la dosificación (d=500 m)***

##### **a) Extracción y apilamiento en cantera.**

Al momento de Extraer y Apilar el material de Préstamo de cantera esta se ejecuta con maquinaria pesada, en un punto autorizado e indicado previo estudio de canteras.

##### **b) Zarandeo de material.**

El material zarandeado para afirmado se realiza al pie de la cantera seleccionada cumpliendo los lineamientos del MTC, empleando una zaranda de 2" y un cargador frontal.

##### **c) Carguío y transporte de material.**

El material seleccionado para el carguío y transporte hacia el tramo de estudio, utilizando un volquete y un cargador frontal.

##### **d) Mezcla de suelos.**

La mezcla se realiza formando cordones separados para cada material en la vía, utilizando una motoniveladora.

**e) Conformado y compactado de capa granular.**

Se realiza una conformación tradicional, con el equipo aprobado hasta lograr la densidad especificada sin solución salmuera.

**f) Regado superficial con solución de cloruro de magnesio.**

Luego de verificar que no existan nidos granulares o material fino suelto se realiza el regado superficial de la carpeta, de presentarse será necesario mejorar la imperfección, con un remplazo y/o aumento material. Tampoco debe saturarse la superficie de la carpeta siendo necesario que se espere su secado, para garantizar la penetración óptima y mezclado adecuado de la solución con el material superficial.

**g) Compactado de superficie regada con cloruro de magnesio.**

Cuando la solución penetre la superficie de rodado se procederá a transitar el rodillo liso sin vibración para sellar la superficie.

**2.2.9. Capa de rodadura granular sin cloruro de magnesio ( $d=500\text{ m}$ )**

**a) Extracción y apilamiento en cantera.**

Se extrae y apila el material de la cantera, con la ayuda de una maquinaria pesada.

**b) Zarandeo de material.**

Zarandeo del material de afirmado utilizando una zaranda de 2 y un cargador frontal.

**c) Carguío y transporte de material.**

Para este fin se utiliza un volquete y un cargador frontal.

**d) Mezcla de suelos.**

Utilizando una motoniveladora.

**e) Conformado y compactado de capa granular.**

Conformación tradicional.

**f) Capas de revestimiento granular.**

De acuerdo al Manual de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC las vías por superficie de rodadura y sus capas superiores se clasifican en: “superficie de rodadura pavimentada y superficie de rodadura no pavimentada”.

#### **2.2.10 Superficie de rodadura no pavimentada**

El Manual de Carreteras (2014), explica las carreteras no pavimentadas donde estas carreteras pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

Carreteras de tierra en suelo natural y mejorado con grava, que se seleccionó por zarandeo, carreteras gravosas que se constituyeron sobre una capa de revestimiento con material natural pétreo no procesado, que se seleccionó de forma manual o por zarandeo, con un máximo de 75mm., carreteras afirmadas sobre una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificada específicamente por zarandeo o de forma natural, se compone por una combinación apropiada de piedra, arena y arcilla, con un tamaño máximo de 25mm. y carreteras con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales afirmados con grava con superficie estabilizada con: asfalto, cal, cemento, aditivos químicos y suelos naturales estabilizados con finos ligantes y material granular, asfalto, cal, cemento, aditivos químicos y demás. (Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014)

### **2.3 Marco Conceptual**

**Estabilización de Suelos:** Crespo la define como “proceso de someter a los suelos naturales a ciertos tratamientos para aprovechar sus mejores cualidades de manera que puedan soportar las condiciones adversas de clima, rindiendo en todo tiempo el servicio adecuado que de ellos se espera”. (Crespo, 1998, p. 325).

**Conservación Vial:** se define como:

Conjunto de operaciones necesarias para la preservación y mantenimiento de una carretera y de cada uno de sus elementos componentes y complementarios en las buenas condiciones para el tráfico compatibles con las características geométricas, capa de rodadura que tuvo cuando fue construida, o al estado último a que ha llegado después de

las posibles mejoras que haya recibido a lo largo del tiempo. (Michael W. Sayers, Thomas D. Gillespie, and Cesar A. V. Queiroz.)

**Cloruro de Magnesio:** el Manual de Carreteras SGGP la define como:

El cloruro de magnesio (MgCl) es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial produciendo una superficie de rodado más dura. Químicamente, el cloruro de magnesio está constituido aproximadamente por un 10.5% de magnesio, un 33.5% de cloro, un 52% de agua y un 4% de impurezas, grasoso al tacto por su gran contenido de humedad. (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, p. 102)

**Ensayo California Bearing Ratio (CBR):** según Archie (1978) “este ensayo está destinado a estimar la capacidad de carga de un suelo bajo las ruedas, es decir, su aptitud para soportar en una determinada estructura de la carretera las cargas móviles que deberán recorrerla” (p. 50).

**Vía no Pavimentada:** Vía con superficie de rodadura que se conforma por gravas, suelos estabilizados en terreno natural. (Sagastegui, 2016)

**Subrasante:** Capa superficial de terreno natural. (Sagastegui, 2016)

**Superficie (Capa) de Rodadura:** Capa compacta que se coloca sobre la base para soportar las cargas y esfuerzos del tráfico vehicular. Está compuesta por material granular natural o procesado a través de gradación, además se compone por material fino cohesivo a fin de mantener las partículas adheridas. Esta superficie funciona como rodadura en trochas carrozables y carreteras. (Sagastegui, 2016)

**Estabilización con cloruro de magnesio:** De acuerdo al Manual de Carreteras (2014) establece:

En los caminos no pavimentados, se utiliza bajo dos formas de aplicación diferentes: Como tratamiento supresor de polvo; el camino no pavimentado (afirmado) debe ser previamente preparado, humedecido, compactado, y estar libre de deterioro en superficie y como estabilizador superficial; en este caso, se debe mezclar la parte superior de la capa de afirmado con el producto diluido en agua, en un espesor variable entre 7 y 15 cm

de acuerdo al diseño efectuado (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, p. 104)

**Índice Medio Diario Anual (Imda):** Volumen promedio del tránsito vehicular en doble sentido medido en un día, obteniendo una muestra vehicular para un año. (Vera, 2015)

**Mantenimiento Vial:** Actividades técnicas rutinarias o periódicas orientadas a preservar sostenida y continuamente la infraestructura vial, garantizando un servicio óptimo al ciudadano. (Vera, 2015)

**Estabilización mecánica de suelos:** según el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014):

Con la Estabilización Mecánica de Suelos se pretende mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo. Como herramienta para lograr este tipo de estabilización se utiliza la compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, p. 95).

**Red Vial Vecinal o Rural:** Se conforma por carreteras de la red vial circunscrita al ámbito local que articulan entre si las provincias con los distritos, centros poblados u otras zonas de influencia local, con las redes viales nacional y regionales. (Vera, 2015)

**Rehabilitación:** Obras ejecutadas para devolver las características originales a la infraestructura vial y adecuarla a futuros periodos de servicio; consiste en reparar pavimentos, túneles, puentes, obras de drenaje, movimiento de tierras y otros. (Vera, 2015)

## Capítulo III

### III. Metodología

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. *Hipótesis general*

La efectividad que se logrará con la incorporación del uso del cloruro de magnesio hexahidratado genera beneficios funcionales en la estabilización de la capa de rodadura en la Carretera Vecinal no pavimentada Santa Rosa- Santiago-Ancobamba.

##### 3.1.2. *Hipótesis específicas*

1. El uso de cloruro de magnesio como estabilizador químico de suelos genera beneficios funcionales en la capa de rodadura en Carreteras Vecinales no pavimentadas.
2. El comportamiento físico y mecánico que tiene los suelos estabilizados con cloruro de magnesio hexahidratado mejora sus características funcionales en la capa de rodadura.
3. El porcentaje de cloruro de magnesio que necesita el diseño de Carreteras Vecinales no pavimentadas es económicamente favorable.

### **3.2. Método**

En la presente investigación se aplicó el método deductivo; “este método es el procedimiento racional que va de lo general a lo particular, posee la característica de que las conclusiones de la deducción son verdaderas, si las premisas de las que se originan también lo son” (Gomez Bastar, Sergio, 2012, p. 19). Por ende la efectividad que se logró incorporando cloruro de magnesio en la estabilización de la capa de rodadura se obtuvo a través de este método.

La orientación de nuestra investigación es aplicada, este tipo de investigación “es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías.” (Rivero B, Salomón D, 2008, p. 20). Por ende nuestra tesis es una investigación aplicada.

El enfoque de nuestra investigación es cuantitativa, el enfoque cuantitativo “recoge información empírica (de cosas o aspectos que se pueden contar, pesar o medir) y que por su naturaleza siempre arroja números como resultado.” (Rivero B, Salomón D, 2008, p. 38). Por ello, el enfoque cuantitativo ofrece una gran eventualidad de repetición y un enfoque sobre puntos específicos de los fenómenos, además de que proporciona la comparación entre estudios similares.

Según el tipo de fuente de recolección de datos la presente investigación es prolectiva, “estudio en que la información es recogida de acuerdo con los criterios del investigador y para los fines específicos de la investigación, después de la planeación de esta.” (Calderón, J. y Alzamora L, 2018, p. 75). Por lo que la recolección de datos se realizó de acuerdo a las necesidades de la investigación.

### **3.3. Tipo de investigación**

Es de tipo descriptivo, porque la “investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice.

Describe tendencias de un grupo o población” (Sampieri, R. H. y Mendoza Torres C. P., 2018, p. 80). Porque los datos obtenidos solo permiten identificar algún fenómeno.

### **3.4. Nivel o alcance de investigación**

Es explicativo debido a que estos establecen la causa del fenómeno que se estudia, es decir “buscan encontrar las razones o causas que ocasionan ciertos fenómenos. Su objeto de estudio es explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste”. (Behar Rivero, Daniel Salomón, 2008, p. 18). Puesto que permite el análisis de dos variables por causalidad.

### **3.5. Diseño de la investigación**

Hernández (2014) describe, “existen dos tipos de diseño que son los diseños experimentales y los diseños no experimentales”. Consecuentemente nuestra investigación es experimental. Por lo que el mismo autor Roberto Hernández sostiene que “la esencia de esta concepción de experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados”.

### **3.6. Operacionalización de variables**

#### ***Variables:***

#### **1.- Cloruro de Magnesio:**

El manual de carreteras sección suelos y pavimentos define el Cloruro de Magnesio ( $MgCl_2$ ) como:

Es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial produciendo una superficie de rodado más dura. Químicamente, el cloruro de magnesio está constituido aproximadamente por un 10.5% de magnesio, un 33.5% de cloro, un 52% de agua y un 4% de impurezas, grasoso al tacto por su gran contenido de humedad. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, pág. 102)

Indicador:  $kg/m^2$ .

Sub Indicador: % de adición.

Tipo: Independiente

Instrumento de Medición: MTC E 1109

Valor: kg/m<sup>2</sup>

## **2.- Capa de rodadura:**

El manual de carreteras sección suelos y pavimentos define la capa de rodadura como:

El Afirmado consiste en una capa compactada de material granular natural o procesada, con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en caminos y carreteras no pavimentadas. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, pág. 25).

Indicador: CBR.

Sub Indicador: propiedades físicas y mecánicas.

Tipo: Dependiente.

Instrumento de Medición: MTC E 132

Valor: kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 3**

## Operacionalización de Variables

| Variable            | Definición Conceptual  | Indicador            | Sub Indicador                   | Tipo          | Instrumento de Medición |
|---------------------|--|----------------------|---------------------------------|---------------|-------------------------|
| Cloruro de Magnesio | “El Cloruro de Magnesio ( $MgCl_2$ ) es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial produciendo una superficie de rodado más dura”. (Manual de carreteras, 2014, pág. 102) | $Kg/m^2$             | % adición                       | Independiente | MTC E 1109              |
| Capa de Rodadura    | “El Afirmado consiste en una capa compactada de material granular natural o procesada, con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito”. (Manual de carreteras, 2014, pág. 25).  | CBR<br>Cono de Arena | Propiedades físicas y mecánicas | Dependiente   | MTC E 132<br>MTC E 117  |

Fuente: elaboración propia

### **3.7. Población, muestra y muestreo**

#### ***Población:***

La zona en estudio de la presente tesis de investigación se encuentra en la Carretera Vecinal Santa Rosa- Santiago – Ancobamba del distrito de Chapimarca, Provincia de Aymaraes en la región de Apurímac, entonces, la población obtenida, es la vía de la zona ya mencionada no pavimentada de una longitud de 25.570 km.

#### ***Muestra:***

Según Hernández (2014) “toda investigación debe ser transparente, así como estar sujeta a crítica y réplica, y este ejercicio solamente es posible si el investigador delimita con claridad la población estudiada y hace explícito el proceso de selección de su muestra”.

El mismo autor Roberto Hernández Sampieri refiere que “en las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador”. Por lo tanto la muestra utilizada es no probabilística o dirigida, donde, el tipo de muestreo es de selección preferencial o por conveniencia.

Es de selección preferencial o por conveniencia porque se está eligiendo como muestra una vía no pavimentada en los siguientes tramos (km 000+000 - 000+600, km 13+500 - 15+000, km 24+500 - 25+000) Santa Rosa- Santiago –Ancobamba, Distrito de Chapimarca, Provincia de Aymaraes.

#### ***Criterios de selección:***

##### **Criterios de inclusión.**

- Toda la vía no pavimentada que se encuentra dentro del tramo de estudio (km 000+000 - 000+600, km 13+500 - 15+000, km 24+500 - 25+000) Santa Rosa- Santiago –Ancobamba, Distrito de Chapimarca, Provincia de Aymaraes.

##### **Criterios de exclusión.**

- Las vías que no corresponden al tramo de estudio

### 3.8. Técnica e instrumentos de recolección de datos

Hernández (2014) sostiene que “recolectar los datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico” (p. 198). Entonces con los procesos y actividades programadas obtuvimos información para responder la pregunta de investigación.

**Tabla 4**

Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos

| Técnica     | Instrumento | Fuente de Información          |
|-------------|-------------|--------------------------------|
|             | MTC E 107   |                                |
|             | MTC E 108   |                                |
|             | MTC E 109   |                                |
|             | MTC E 110   |                                |
| Observación | MTC E 111   | Manual de Ensayo de Materiales |
|             | MTC E 115   |                                |
|             | MTC E 117   |                                |
|             | MTC E 132   |                                |
|             | MTC E 207   |                                |

Fuente: elaboración propia

**3.8.1. Trabajo de campo:** se realizó 10 calicatas.

**A.1 Materiales:** sacos, cordel.

**A.2 Herramientas:** palana, zapapico

**A.3 Equipos:** cámara fotográfica.

**3.8.2. Trabajos en laboratorio:** se realizó el estudio de las 10 calicatas según el MTC E

**B.1 Cuarteo Manual**

- **Herramientas:** palana, recipientes.

**B.2 Contenido de Humedad - MTC E 108**

Según el manual de ensayo de materiales establece “los materiales entre ellos recipientes de metal, recipientes de plástico, cuchara, guantes; y los equipos

horno eléctrico digital con ventilación forzada de, balanza capacidad máxima 200g, precisión 0.01g”. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 49)

### **B.3 Análisis Granulométrico – MTC E 107**

Según el manual de ensayo de materiales establece “los materiales entre ellos recipientes de plástico, guantes, tamices 3-1/4, tamices N° 4-200, recipientes de metal, juego de tamices; y equipos tamizadora eléctrica, balanza capacidad máxima 600g precisión 0.01 g, horno eléctrico digital”. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 44)

### **B.4 Limite Liquido MTC - E 110.**

De acuerdo al manual de ensayo de materiales establece “los materiales entre ellos recipientes de plástico, recipientes de metal, guantes, tamiz N° 40, probeta; herramientas espátula, acanalador, cuchara; y equipos copa de Casa Grande, balanza, horno eléctrico digital con ventilación forzada de aire”. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 67)

### **B.5 Limite plástico – MTC E 111**

De acuerdo al manual de ensayo de materiales establece “los materiales entre ellos espátula, recipientes de metal, recipientes de plástico, tamiz N° 40, vidrio esmerilado; y equipos balanza, horno eléctrico digital con ventilación forzada de aire”. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 72)

### **B.6 Compactación de suelos usando energía modificada – MTC E 115.**

El manual de ensayo de materiales establece “los materiales entre ellos probetas, recipientes de plástico, bandeja de metal, tamiz N° 3/4, recipientes de metal, guantes; herramientas badilejo, brocha, martillo, pisón o martillo, molde; y equipos horno eléctrico digital, balanza precisión 0.01g. - 0.1g”. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 105)

### **B.7 Abrasión los ángulos, al desgaste de los agregados de tamaños menores de 1 ½ – MTC-E 207**

El manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones establece “los materiales entre ellos recipientes de plástico, recipientes de metal, tamiz 1, 3/4 y 3/8; y equipos balanza capacidad máxima 6000g, precisión 0.01g, horno eléctrico digital con ventilación forzada de aire, Maquina los ángeles”. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 315)

### **B.8 Ensayos de CBR (Relación de soporte California) de suelos compactado en laboratorio – MTC E 132**

El manual de ensayo de materiales establece “los materiales: probetas, recipientes de plástico, bandeja de metal, tamiz N° 3/4, recipientes de metal, guantes; herramientas: badilejo, brocha, martillo, pisón o martillo, molde; y equipos: Horno eléctrico digital (rango de temperatura 5-200°C), Balanza (precisión 0.01g), Balanza (precisión 0.1g)”. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 248)

#### **3.8.3. Gabinete**

**Materiales:** software de Google Earth, software Statistix, formatos, lapiceros, borrador, corrector, USB.

**Equipos:** computadora táctil, calculadora científica, cámara fotográfica.

### **3.9. Metodología e instrumentos**

El Manual de Carreteras (2014) refiere que “la exploración e investigación del suelo es muy importante tanto para la determinación de las características del suelo, como para el correcto diseño de la estructura del pavimento”. Consecuentemente estudiar las propiedades físico – mecánicas de un suelo es muy importante en la realización de proyectos de carreteras en la ingeniería, de tal modo se puede evitar posibles problemas como erosión de polvo, hundimientos, ahuellamientos, etc. Consiguientemente resulta imperioso realizar exploraciones e investigación de campo a lo largo de la vía y la ejecución de calicatas o pozos exploratorios de muestras de cantera con la finalidad de trasladar a laboratorio y poder plasmar los estudios físicos – mecánicos. En nuestra investigación se manejó el método no probabilístico o dirigido, diseño completamente al azar. Para establecer las derivaciones de las diferentes naturalezas que median en el tratado de las

propiedades físico – mecánicas de las vías no pavimentadas se realizó las siguientes acciones:

### **3.9.1. Exploración de campo:**

Se realizó el reconocimiento de la carretera no pavimentada y como resultado de ello se eligió las zonas en el cual la muestra era altamente semejante.

### **3.9.2. Procedimientos de toma de muestras:**

Para el estudio de mecánica de suelos, se ejecutó 10 calicatas en diferentes segmentos de la vía Santa rosa – Santiago – Ancobamba – Chapimarca – Aymaraes en Apurímac. Las calicatas se hicieron con herramientas manuales como el pico y la palana, a continuación se almacenaron las muestras en sacos para inmediatamente ser trasladadas al laboratorio.

### **3.9.3. Ensayos realizados en el laboratorio:**

#### **A.- Propiedades físicas:**

##### **a.- Contenido de Humedad.**

Tal como el Manual de Ensayo de Materiales sustenta al respecto “la humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada en porcentaje, del peso del agua en una masa de suelo, al peso de las partículas sólidas” (p. 49). Asimismo, la misma norma establece “el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo en un horno controlado a  $110 \pm 5$  °C. El peso del suelo secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas”. También la norma MTC E 108 establece que “la pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua”.

La norma MTC E 108, establece:

Se utiliza el material extraído de la cantera que pasa la malla N° 4; luego se estableció el peso del recipiente, el peso de la muestra más el recipiente, se instaló el material húmedo en el horno a una temperatura de 110 °C, durante 24 horas, transcurrido el tiempo se extrae las capsulas y se deja enfriar luego, se obtuvo el

peso en estado seco y se registraron los datos en la hoja de cálculo. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 50)

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco en Horno}} \times 100$$

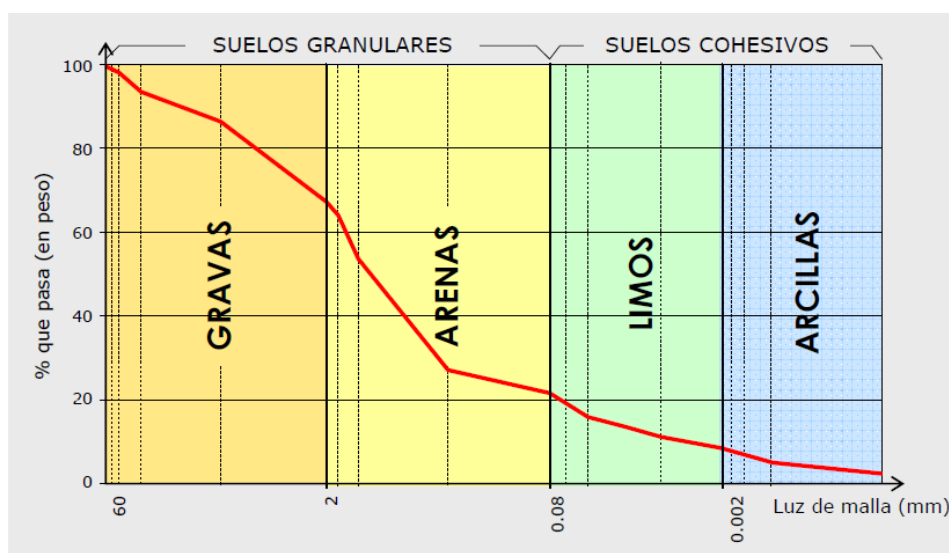
### b.- Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

Los autores Bañón y Beviá García (2000) aseveran lo siguiente: “la finalidad de este ensayo no es otra que determinar las proporciones de los distintos tamaños de grano existentes en el mismo, o, dicho de otro modo, su granulometría” (p. 7).

La norma MTC E 107 considera: “material lavado, retenido malla N° 200 para finos y retenido malla N° 4 para gruesos; equipos y herramientas: Balanza de 6 kg, horno, recipientes de metal y plástico, juego de tamices de (3”-¼” y N°4-200), tamizadora eléctrica tamiz” (p. 44).

**Figura 2**

*Curva Granulométrica de un Suelo*



Nota: esta gráfica semilogarítmica representa el porcentaje en peso de muestra retenida para cada abertura de tamiz.

Fuente: (Bañón y Beviá García, 2000, tomo 2, p. 7)

Según el MTC E 107 para el procedimiento del ensayo se determina cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo de la siguiente manera:

Se observó las características del suelo, como presentaba mucha humedad se puso a secar las muestras durante 24 horas en el horno. Se pesó una cantidad representativa (15 kg) y se anotó en las hojas de cálculo. Se procedió a lavar la muestra, eliminando así por el tamiz N° 200 la mayor parte de limos y arcillas posibles. Nuevamente se puso a secar la muestra. Teniendo seca la muestra, se procedió al tamizado, anotando los pesos que estos tamices retienen apoyados por una adecuada balanza. Llegado al tamiz N° 10 se colocó en la tamizadora eléctrica por un lapso de 7 minutos, luego se pesó. Se calculó los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz. Se elaboró la curva granulométrica en escala semilogarítmica. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 45)

Se computa el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N° 200) de la siguiente forma:

$$\%Pasa_{0,074} = \frac{PesoTotal - Peso\ ret.\ tamiz\ de\ 0,074\ mm}{Peso\ Total} \times 100$$

**Porcentaje retenido sobre cada tamiz**

$$\%Retenido = \frac{Peso\ retenido\ en\ el\ tamiz}{Peso\ total} \times 100$$

**Porcentaje más fino**

$$\%Pasa = 100 - \%(Retenido\ Acumulado)$$

Luego se identifica el tipo de suelo para lo cual se evalúa con las tablas de clasificación de suelos AASHTO y SUCS.

**Tabla 5**

**Clasificación AASHTO**

| Clasificación general               | Materiales granulares<br>(35% o menos pasa el tamiz #200) |         |                  |                              |         |         |         | Materiales limoarcillosos<br>(más de 35% pasa el tamiz #200) |         |                   |                       |
|-------------------------------------|---|---------|------------------|------------------------------|---------|---------|---------|--|---------|-------------------|-----------------------|
|                                     | A-1   |         | A-3 <sup>A</sup> | A-2                          |         |         |         | A-4  | A-5     | A-6               | A-7<br>A-7-5<br>A-7-6 |
| Clasificación de grupo              | A-1-a   | A-1-b   |                  | A-2-4                        | A-2-5   | A-2-6   | A-2-7   |  |         |                   |                       |
| Tamizado, % que pasa                |   |         |                  |                              |         |         |         |  |         |                   |                       |
| No. 10<br>(2.00mm)                  | 50 máx.   | ...     | ...              | ...                          | ...     | ...     | ...     | ...  | ...     | ...               | ...                   |
| No. 40<br>(425µm)                   | 30 máx.   | 50 máx. | 51 mín.          | ...                          | ...     | ...     | ...     | ...  | ...     | ...               | ...                   |
| No. 200<br>(75µm)                   | 15 máx.   | 25 máx. | 10 máx.          | 35 máx.                      | 35 máx. | 35 máx. | 35 máx. | 35 máx.  | 36 mín. | 36 mín.           | 36 mín.               |
| Consistencia                        |   |         |                  |                              |         |         |         |  |         |                   |                       |
| Límite líquido                      | ...   | ...     | ...              | B                            |         |         |         | 40 máx.  | 41 mín. | 40 máx.           | 41 mín.               |
| Índice de plasticidad               | 6 máx.  | N.P.    | N.P.             | B                            |         |         |         | 10 máx.  | 10 máx. | 11 mín.           | 11 mín. <sup>B</sup>  |
| Tipos de materiales característicos | Cantos, grava y arena                                     |         | Arena fina       | Grava y arena limoarcillosas |         |         |         | Suelos limosos   |         | Suelos arcillosos |                       |
| Calificación                        | Excelente a bueno   |         |                  |                              |         |         |         | Regular a malo   |         |                   |                       |

<sup>A</sup> La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

<sup>B</sup> El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

Fuente: Juárez – Rico, 2011

Tabla 6

Clasificación SUCS

Sistema USCS de Clasificación de Suelos

| IDENTIFICACION EN EL CAMPO  |  |   |  | SIMBOLO DEL GRUPO                                  | % PASA 0.008MM                                 | NOMBRES TÍPICOS   | CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO                      |   |   |  |   |   |   |   |
|---|--|---|--|--|--|---|---|---|---|--|---|---|---|---|
| SUELO DE GRANO GRUESO < 50% PASA 0.08MM (TAMIZ # 200)                 | GRAVAS < 50% PASA 0.05MM (TAMIZ # 4)                               | GRAVIAS LIMPÍAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)   | AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS         |  |  | GW  | < 5   | GRAVA BIEN GRADUADA, MEZCLA DE GRAVA Y AREAN CON POCOS FINOS O SIN ELLOS                              | $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$<br>MAYOR QUE 4                       | $Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$<br>ENTRE 1 Y 3 | NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS GW (GP = $Cu \leq 6$ y $Cc < 1$ o $Cc > 3$ ) - (GW = $Cu > 4$ y $Cc = 1$ a 3) |   |   |   |
|   |  |   | PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS |  |  | GP  |   | GRAVA MAL GRADUADA, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS                               |   |  |   |   |   |   |
|   | GRAVIAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)                   | FRACCION FINA NO PLASTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML, MAS ABAJO)                               |  |  | GM   | > 12  | GRAVAS LIMOSAS, MEZCLA MAL GRADUADAS DE GRAVA ARENA Y LIMO        | LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA A O $I_p$ MENOR QUE 4 ( $I_p = 0.73(WL - 20) < 4$ )       |   |  |   | POR ENCIMA DE LA LINEA A CON $I_p$ ENTRE 4 Y 7; CASOS LIMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES |   |   |
|   |  | FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)   |  |  | GC   |   | GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLA MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA |   |   |  |   |   | LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA A O $I_p$ MAYOR QUE 7 ( $I_p = 0.73(WL - 20) > 7$ ) |   |
|   | ARENAS > 50% PASA 0.05MM (TAMIZ # 4)                               | ARENAS LIMPÍAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)  | AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS         |  |  | SW  | < 5   | ARENAS BIEN GRADUADA, ARENA CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS                                    |   |  |   | $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$<br>MAYOR QUE 6   | $Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$<br>ENTRE 1 Y 3                                      | NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS SW (SW = $Cu > 6$ y $Cc = 1$ a 3) - (SP = $Cu \leq 6$ y $Cc < 1$ o $Cc > 3$ ) |
|   |  |   | PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS |  |  | SP  |   | ARENA MAL GRADUADAS, ARENA CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS                                     |   |  |   |   |   |   |
| ARENAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)                       | FINOS NO PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO ML MAS ABAJO) |   |  | SM   | > 12   | ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO MAS GRADUADA  | LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA A O $I_p$ MENOR QUE 4 | POR ENCIMA DE LA LINEA A CON $I_p$ ENTRE 4 Y 7; CASOS LIMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES |   |  |   |   |   |   |
|   | FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)    |   |  | SC   |  | ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE ARENAS O ARCILLAS   |   |   | LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA A O $I_p$ MAYOR QUE 7 |  |   |   |   |   |
| MÉTODOS DE IDENTIFICACION PARA LA FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 40 |  |   |  |  |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |
| SUELO DE GRANO FINO > 50% PASA 0.08MM (TAMIZ #200)                    | LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50                    | RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DISGREGACION)  | DILATACION (REACCION A LA AGITACION)   | TENACIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LIMITE PLASTICO) |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |
|   |  | NULA A LIGERA   | RAPIDA A LENTA   | NULA   | ML   | LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, PLOVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLAS CON LIGERA PLASTICIDAD               |   |   |   |  |   |   |   |   |
|   |  | MEDIA A ALTA  | NULA A MUY LENTA   | MEDIA  | CL   | ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSA, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS MAGRAS |   |   |   |  |   |   |   |   |
|   | LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50                    | LIGERA A MEDIA  | LENTA  | LIGERA   | OL   | LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD  |   |   |   |  |   |   |   |   |
|   |  | LIGERA A MEDIA  | LENTA A NULA   | LIGERA A MEDIA                                     | MH   | LIMOS INORGANICAS, SUELOS LIMOSOS O ARENOSOS FINOS MICACEOS O CON DIATOMÉAS, LIMOS ELASTICOS                              |   |   |   |  |   |   |   |   |
|   |  | ALTA A MUY ALTA   | NULA   | ALTA   | CH   | ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA  |   |   |   |  |   |   |   |   |
|   | MEDIA A ALTA   | NULA A MUY LENTA  | LIGERA A MEDIA   | OH   | ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA |   |   |   |   |  |   |   |   |   |
| SUELOS ALTAMENTE ORGANICAS  |  | FACILMENTE IDENTIFICABLES POR SU COLOR, OLORES, SENSACION ESPONJOSA Y FRECUENTEMENTE POR SU TEXTURA FIBROSA |  |  | Pt   | TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS  |   |   |   |  |   |   |   |   |

DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA A PARTIR DE LA CURVA GRANULOMETRICA SEGUN EL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE:

MENOS DEL 5%  
 MAS DEL 12%  
 5% AL 12%

GW, GP, SW, SP  
 GM, GS, SM, SC  
 CASOS LIMITES QUE REQUIERE EN EL EMPLEO DE SIMBOLOS DOBLES (GW+GC, GP+GM, SW+SP, SP+SC) = TAMIZ #200

UTILISESE LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO INDICADAS EN LA COLUMNA DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO

LINEA A :  $I_p = 0,73 (WL - 20)$

COMPARANDO CON SUELOS CON EL MISMO LIMITE LIQUIDO

GRAFICO DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACION EN LABORATORIO DE SUELOS DE GRANO FINO

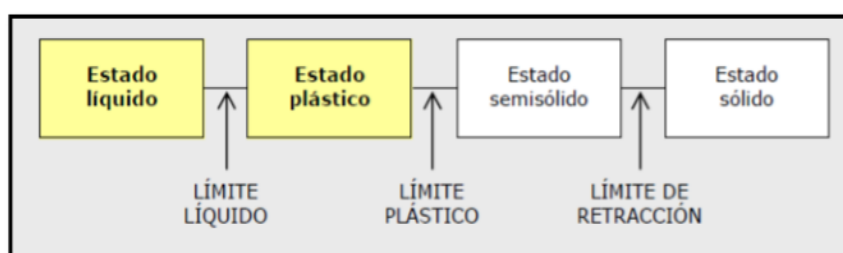
Fuente: Mecánica de suelos. (2011). Sistema SUCS de clasificación de suelos. <https://mecanicadesuelos.files.wordpress.com/2011/03/clasif1.png>

### c.- Limite líquido de los suelos

La norma MTC E 110 refiere que “el límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando este se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido” (p. 67), como se muestra en la figura 3.

**Figura 3**

*Estado de Consistencia de un Suelo.*



Nota: la humedad correspondiente a los puntos de transición definen los límites (LL, LP, LR)

Fuente: (Bañón y Beviá García, 2000, tomo 2, p. 10)

**Material:** material que pasa la malla N° 40 de 150 a 200 g.

**Equipos y herramientas:** Recipientes de plástico, recipientes de metal, guantes, tamiz N° 40, probeta, espátula, acanalador, cuchara, copa de Casa Grande, balanza y horno.

**Procedimiento del ensayo:** Se tamizó la muestra seca del suelo por la malla N°40, obteniéndose así una cantidad representativa para el ensayo (200g por ensayo).

Se separó en dos pequeños recipientes y en uno de estos agregamos agua, con la ayuda de una espátula se mezcló bien hasta tener una muestra uniforme.

Se procedió a colocar la muestra en la Cazuela de Casa Grande, dejando su superficie lisa.

Con el acanalador se separó la muestra en dos partes iguales.

Con la cazuela de Casa Grande se dio los golpes de forma uniforme haciendo que la muestra vuelva a cerrar en cada uno de los siguientes intervalos 15-25, 20-30 y 25-35, extrayéndose además de estos una pequeña porción de muestra tratando

de que sean pesos similares entre los tres, terminado de anotar los datos se procedió a poner las muestras en el horno durante 24 horas.

Retiradas las muestras se volvió a pesar en estado seco para luego realizar los cálculos respectivos.

Se repitió el ensayo dos veces más.

Dibujamos la curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registró el número de golpes en escala logarítmica, en el eje de las ordenadas los contenidos de humedad en escala natural.

Se determinó el orden correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el límite líquido del suelo.

#### **d.- Limite plástico de los suelos.**

Según el MTC E 111 se denomina límite plástico (LP) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8) de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.

**Material:** material que pasa la malla N° 40

**Equipos y Herramientas:** Espátula, recipientes de metal, recipientes de plástico, tamiz N° 40, vidrio esmerilado, balanza y horno.

**Procedimiento del ensayo:** Con la muestra ya humedecida del límite líquido, con la palma de la mano se moldeó encima del vidrio esmerilado una pequeña porción de la muestra hasta tener rollitos de 3mm de diámetro aproximadamente.

Se dejó secar los rollitos hasta que se fisuren al doblarlos, lo cual indicó que la muestra ya está lista para ser cortados en trocitos.

Una vez cortados en trocitos se depositaron y pesaron en dos pequeños recipientes, posteriormente se llevaron al horno durante 24 horas.

Retiradas las muestras del horno se volvieron a pesar en seco, se realizaron sus respectivos cálculos.

**Cálculo:** El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

#### **e.- Índice de plasticidad de los suelos.**

La norma MTC E 111 refiere que: “se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico” (p. 73).

Del mismo modo la norma MTC E 111 considera: “material que pasa la malla N° 40; procedimiento del ensayo: se calculará el índice de plasticidad del suelo mediante la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico”. Se calcula de la siguiente manera:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

LL: límite líquido

LP: límite plástico

#### **f.- Comparación de suelos en laboratorios utilizando una energía modificada (Proctor modificado, método C).**

El estado de compactación de cada uno de los materiales es muy importante en carreteras. Según Bañón y García la compactación de un suelo “es una propiedad importante en carreteras, al estar directamente relacionada con la resistencia, deformabilidad y estabilidad de un firme; adquiere una importancia crucial en el caso de los terraplenes y todo tipo de relleno en general”. (Bañón y Beviá García, 2000, tomo 2, p. 13)

#### **Influencia de la humedad.**

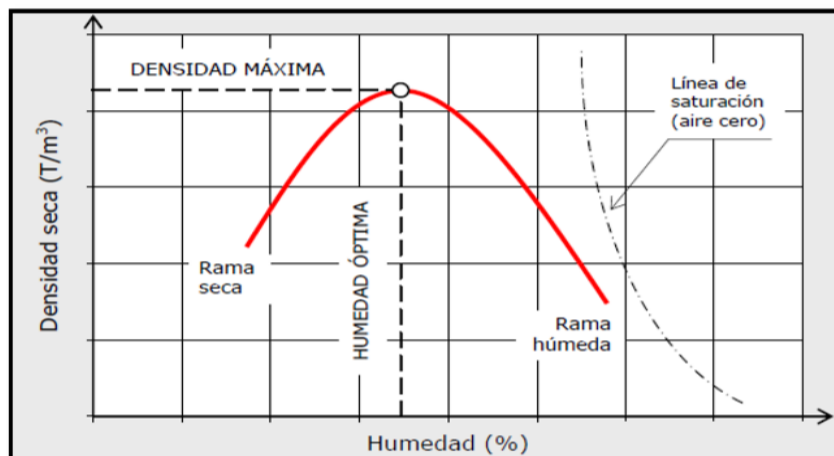
*Bañón y García (2000)* refieren, en la compactación de suelos, la humedad juega un papel decisivo: mientras que un suelo seco necesita una determinada energía

de compactación para vencer los rozamientos internos entre sus partículas, el mismo suelo ligeramente húmedo precisará un menor esfuerzo, ya que el agua se comporta como un agente lubricante formando una película alrededor de los granos y disminuyendo la fricción entre ellos. De la Figura 4 se deduce que existirá una humedad óptima con la que se obtenga una compactación máxima, para una misma energía de compactación.

Según el MTC E 115 este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 n (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pul), produciendo una energía de compactación de (2700 KNm/m<sup>3</sup>). Este ensayo se aplica solo para suelos que tienen 30% o menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz (3/4).

**Figura 4**

*Curva Humedad - Densidad*

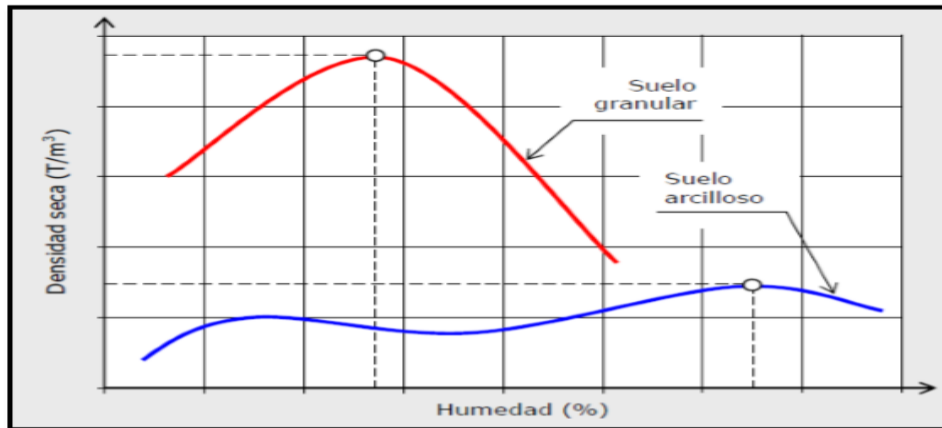


Fuente: Bañón y García (2000)

### **Influencia del tipo de suelo.**

Bañón y García (2000) la tipología del suelo, concretamente su composición granulométrica, determina la forma de la curva de compactación. Así mismo de la

Figura se define que los suelos granulares bien graduados y con bajo contenido de finos obtienen su densidad máxima para valores bajos de humedad, por lo contrario, los suelos arcillosos, limosos o los formados por arenas de granulometría muy uniforme dan curvas tendidas, lo que indica la gran dificultad de compactación que presentan.



Fuente: Bañón y García (2000)

**Material:** Material que pasa la malla  $\frac{3}{4}$ , 4 bolsas de 6 kg.

**Equipos y herramientas:** Probetas, recipientes de plástico, bandeja de metal, tamiz  $\frac{3}{4}$ , recipientes de metal, guantes, badilejo, brocha, martillo, pisón o martillo compactador, molde, molde, horno y balanza.

**Procedimiento del ensayo:** Se obtuvo por cuarteo una muestra representativa, previamente secada y que según el método usado fue de 6 kilogramos. Se separó 4 muestras de 6 kg cada una. Se aplicó los distintos contenidos de humedad con la finalidad de hallar entre estos ensayos el óptimo contenido de humedad.

Según el MTC E 115 para este ensayo se utilizó el método C, cada molde en 5 capas de 56 golpes por capa.

Se redundarán estos procedimientos para todas las muestras. La cuantía de  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  que se manipuló en cada muestra de 6 kilogramos fue de la siguiente manera: para el 2% asumimos 120 g de  $MgCl_2$ ; para el 4% asumimos: 240 g de  $MgCl_2$ ; para el 6% asumimos: 360 g de  $MgCl_2$

**Calculo:**

$$P_m = \frac{(M_t - M_{md})}{1000V}$$

Donde:

$P_m$ : densidad húmeda del espécimen compactado (kg/m<sup>3</sup>)

$M_t$ : masa del espécimen húmedo y molde (kg)

$M_{md}$ : masa del molde de compactación (kg)

$V$ : volumen del molde de compactación (m<sup>3</sup>)

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100$$

$P_d$ : densidad seca del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

$W$ : contenido de agua.

$W_{sat}$ : contenido de agua para saturación completa (%).

$\gamma_w$ : Peso unitario del agua 62,43

$\gamma_d$ : Peso unitario seco del suelo.

$G_s$ : Gravedad específica del suelo.

**g.- Abrasión los ángeles, al desgaste de los agregados de tamaños menores de (1 ½)**

Se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo de desgaste de los agregados gruesos hasta de 37.5 mm (1 ½) por medio de la máquina de los Ángeles (MTC E 207).

**Material:** 1250 g de material retenido en las mallas 3/8, ½, ¾ y 1, respectivamente.

**Tabla 7**

## Granulometría de la Muestra de Agregado para Ensayo

| Pasa tamiz |          | Retenido en tamiz |         | Pesos y granulometría de la muestra para ensayo(g) |           |           |           |
|------------|----------|-------------------|---------|--|-----------|-----------|-----------|
| mm         | (alt.)   | mm                | (alt)   | A  | B         | C         | D         |
| 37,5       | (1 1/2") |                   | (1")    | 1250 ± 25  |           |           |           |
| 25,0       | (1")     |                   | ( 3/4") | 1250 ± 25  |           |           |           |
| 19,0       | (3/4")   |                   | (1/2")  | 1250 ± 10  | 1250 ± 10 |           |           |
| 12,5       | (1/2")   |                   | (3/8")  | 1250 ± 10  | 1250 ± 10 |           |           |
| 9,5        | (3/8")   |                   | (1/4")  |  |           | 1250 ± 10 |           |
| 6,3        | (1 1/4") |                   | (N°4)   |  |           | 1250 ± 10 |           |
| 4,75       | (N°4)    |                   | (N°8)   |  |           |           | 1250 ± 10 |
|            |          |                   |         | 1250 ± 10  | 1250 ± 10 | 1250 ± 10 | 1250 ± 10 |

Fuente: MTC E 207

El manual de ensayos de materiales refiere:

Equipos: Recipientes de plástico y metal, tamiz N° 1, ¾, ½ y 3/8, balanza, horno y maquina los ángeles; procedimiento del ensayo: Se adecuó el agregado mediante lavado y secado en horno a una temperatura constante comprendida entre 105 y 110 °C, apartada por fracciones de cada tamaño. Se colocó la muestra y la carga abrasiva correspondiente en la máquina de los Ángeles, y se hizo girar el cilindro a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm; son 500 vueltas en total. Cumplido el número de vueltas se descargó el material del cilindro y se procedió a separar preliminarmente la muestra ensayada en el tamiz N° 12. Se lavó al material que quedó retenido en la malla N° 12 y se prosiguió a secarlo en el horno durante 24 horas. El desgaste del agregado se calculó mediante la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra ensayada, expresado como tanto por ciento del peso original; cálculos: el resultado del ensayo es la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra ensayada, expresado como tanto por ciento del peso original. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 315)

El resultado del ensayo (% desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de los ángeles.

$$\%Desgaste = 100(P_1 - P_2)/P_1$$

Donde:

$P_1$ : peso de la muestra seca antes del ensayo.

$P_2$ : peso de la muestra después del ensayo, previo lavado sobre tamiz 1.70mm.

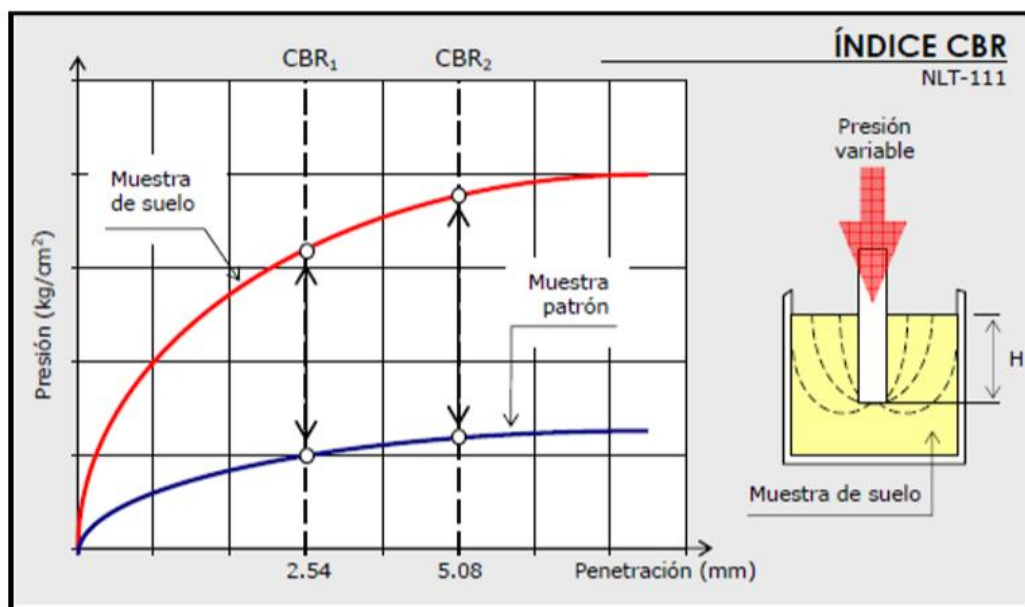
## B.- Propiedad Mecánica

### h. CBR de suelos

Refiere el modo de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad (MTC – E132). Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado (MTC – E132).

**Figura 6**

*Determinación del Índice CBR*



Fuente: (Bañón y García, 2000)

**Material:** Material que pasa la malla N° 3/4, 3 bolsas de 6 kg cada uno.

**Equipos:** Probetas, recipientes de plástico y metal, bandeja de metal, tamiz N° 3/4, guantes, badilejo, brocha, martillo, pisón compactador, molde, horno y balanza.

**Procedimiento del ensayo:** Consta de 3 fases: ensayo de compactación CBR, ensayo de hinchamiento y ensayo de carga-penetración.

### **1.- Ensayo de compactación CBR.**

Previamente se necesitó el óptimo contenido de humedad dada por el Proctor Modificado.

Se tamizó y pesó 03 bolsas de muestra de 6 kg cada una, pasada por la malla 3/4.

Se ensambló los moldes cilíndricos con sus placas de base, collares de extensión, discos espaciadores y papeles filtro.

Se compactó la muestra en los 3 CBR en cada uno de ellos en 5 capas, el primero con 12 golpes, el segundo con 26 golpes y el tercero con 55 golpes por capa.

Se determinó la humedad de las muestras de cada molde.

Se determinó la densidad seca de las muestras de cada molde.

### **2.- Ensayo de Hinchamiento.**

Se invirtió las muestras de tal manera que la superficie libre quede en la parte superior cuando se ensambla nuevamente los moldes en sus placas de base.

Se situó sobre cada muestra el papel filtro, la placa de expansión, la sobrecarga, el trípode y el dial de expansión.

Se ubicó los tres moldes debidamente equipados en un tanque de agua durante 3 días, registrar las lecturas de expansión cada 24 horas.

### **3.- Ensayo de carga - penetración.**

Después de los 3 días se retiró los moldes del tanque, se dejó drenar durante 15 minutos.

Se puso la sobrecarga en cada molde, posteriormente se llevó a la prensa hidráulica, se procedió el ensayo de penetración aplicando un pisón a una velocidad de 0.05 pulg/min.

Se registró las lecturas de carga y de penetración de cada muestra. La cantidad de Cloruro de magnesio que se utilizó en cada muestra de 6 kilogramos fue de la

siguiente manera: para el 2% tenemos: 120 g de MgCl<sub>2</sub>; para el 4% tenemos: 240 g de MgCl<sub>2</sub>; para el 6% tenemos: 360 g de MgCl<sub>2</sub>

### **Cálculos.**

**Humedad de compactación:** El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

*H*: Humedad prefijada.

*h*: Humedad natural

**Densidad o peso unitario:** La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad.

**Agua absorbida:** Se efectúa mediante la diferencia de las humedades antes de la inmersión y después de esta.

### **Presión de penetración**

**Expansión:** Se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformamiento antes y después de la inmersión. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5).

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2 - L1}{127} \times 100$$

Donde:

*L1*: lectura inicial en mm

*L2*: lectura final en mm

**Valor de la relación de soporte:** Es el tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón.

### **3.10. Consideraciones éticas**

En el proceso de desarrollo de nuestra investigación se respetó el derecho de los autores para el citado según las normas APA. Se respeta la veracidad de los resultados. Del mismo modo las pautas implementadas del manual de carreteras especificaciones técnicas generales para construcción en la sección 301D para suelos estabilizados con cloruro de Magnesio.

En este proceso de recoger datos de fuentes significativas que nos acceda prosperar con nuestra investigación y lograr un buen resultado ya que esta permanecerá como un norte para nuevos investigadores.

En ese entender brindamos una indagación renovada y a la fecha aportamos una opción de solución ante la problemática en las vías no pavimentadas en la zona de Apurímac.

### **3.11. Procesamiento estadístico**

La técnica de análisis de datos se basó en el proceso de recolección de información para establecer en definitiva los beneficios estructurales y funcionales del  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , asimismo las desventajas y la proporción más adecuada para su mejor funcionamiento en toda su vida útil. Utilizando los softwares de procesamiento de datos:

- Microsoft Excel 2016
- SPSS

Este trabajo de investigación se desdobló en dos etapas, la primera: en establecer las particularidades del terreno natural, para lo cual este se fraccionó en trabajo de campo y trabajo en laboratorio; y la segunda etapa el trabajo en gabinete mediante el cual determinamos las características del terreno natural adicionando  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , realizando los ensayos de Compactación - Proctor y CBR en el laboratorio, densidad de campo por el método cono de arena in situ y la obtención de resultados y gráficos en gabinete.

## Capítulo IV

### IV. Presentación y Análisis De Resultados

#### 4.1. Resultados

**4.1.1. Resultado de determinar los beneficios que tiene el cloruro de magnesio hexahidratado aplicado como estabilizador de capa de rodadura en Carreteras Vecinales no pavimentadas.**

**Tabla 8**

Datos Generales Ensayo de CBR sin Bischofita C-09 Progresiva 09+600

| Datos Generales                             |   | Dimensiones del Molde             |
|---|---|-----------------------------------|
| Densidad Seca Máxima = 1.83 cm <sup>3</sup> | Peso del Martillo = 4.54 Kg             | Diámetro = 15.24 cm               |
| Contenido Humedad Óptimo = 8.71%            | Altura de Caída del Martillo = 45.72 cm | Altura = 17.78 cm                 |
| Contenido Humedad Natural = 3.06%           | Número de Capas = 5                     | Altura de la Muestra = 11.64 cm   |
| Área del Pistón = 19.35 cm <sup>2</sup>     | Altura del Disco Espaciador = 6.14 cm   | Volumen = 2123.85 cm <sup>3</sup> |

Fuente: Elaboración propia

#### **Interpretación**

En la presente tabla 8 se puede observar los datos generales de la calicata 09 para el ensayo de CBR sin añadir bischofita, la densidad seca máxima de la muestra de suelo fue de 1.83cm<sup>3</sup> y contenido de humedad óptimo de la muestra de suelo fue de 8.71%

**Tabla 9****Ensayo de Compactación y Contenido de Humedad sin Bischofita en C-09**

| Datos del Ensayo de Compactación        | Muestra 01 |        |        | Muestra 02 |        |        | Muestra 03 |        |       |
|---|------------|--------|--------|------------|--------|--------|------------|--------|-------|
| Número de Golpes por Capa               | 55         |        |        | 26         |        |        | 12         |        |       |
| Peso del Molde (g)                      | 7563.00    |        |        | 7171.00    |        |        | 7279.00    |        |       |
| Peso del Molde + Muestra Compactada (g) | 12478.00   |        |        | 12077.00   |        |        | 12060.00   |        |       |
| Peso de la Muestra Compactada (g)       | 4915.00    |        |        | 4906.00    |        |        | 4781.00    |        |       |
| Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )    | 2.31       |        |        | 2.31       |        |        | 2.25       |        |       |
| Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )      | 2.13       |        |        | 2.12       |        |        | 2.06       |        |       |
| Contenido de Humedad                    | Arriba     | Medio  | Abajo  | Arriba     | Medio  | Abajo  | Arriba     | Medio  | Abajo |
| Peso de Capsula (g)                     | 71.33      | 68.76  | 69.77  | 70.12      | 73.67  | 72.09  | 28.51      | 28.28  | 28.61 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (g)    | 116.71     | 119.59 | 124.33 | 114.39     | 123.92 | 130.81 | 78.12      | 81.19  | 91.58 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (g)      | 113.29     | 115.45 | 119.89 | 111.21     | 119.21 | 126.23 | 73.90      | 76.34  | 86.32 |
| Peso del Agua (g)                       | 3.42       | 4.14   | 4.44   | 3.18       | 4.71   | 4.58   | 4.22       | 4.85   | 5.26  |
| Peso de la Muestra Seca (g)             | 41.96      | 46.69  | 50.12  | 41.09      | 45.54  | 54.14  | 45.39      | 48.06  | 57.71 |
| Contenido de Humedad                    | 8.15%      | 8.87%  | 8.86%  | 7.74%      | 10.34% | 8.46%  | 9.30%      | 10.09% | 9.11% |
| Contenido de Humedad Promedio           | 8.63%      |        |        | 8.85%      |        |        | 9.50%      |        |       |

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación**

En la presente tabla 9 se puede observar el ensayo de compactación sin añadir bischofita para determinar la densidad seca de la muestra natural en (g/cm<sup>3</sup>), del cual de la calicata se obtuvo 3 muestras. Muestra 01 con densidad seca de 2.13 g/cm<sup>3</sup>, muestra 02 con densidad seca de 2.12 g/cm<sup>3</sup> y muestra 03 con densidad seca de 2.06 g/cm<sup>3</sup>.

Asimismo, se observa el contenido de humedad en las muestras. Muestra 01 un contenido de humedad promedio 8.63%, muestra 02 un contenido de humedad promedio 8.85% y muestra 03 un contenido de humedad promedio 9.50%.

**Figura 7****Ensayo de Compactación sin Bischofita en Calicata 09**

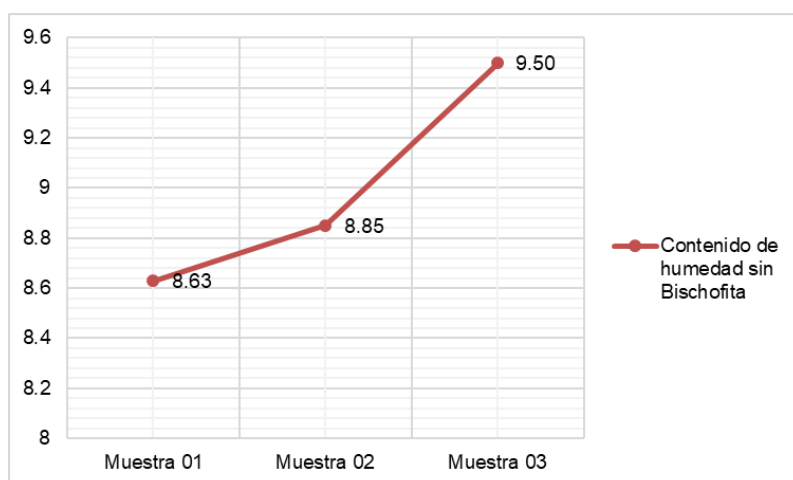
Fuente: Elaboración propia

## Interpretación

En la presente figura 7 se observa el ensayo de compactación sin añadir bischofita donde se alcanzó la máxima densidad seca de 2.13 g/cm<sup>3</sup>, para 55 golpes.

## Figura 8

Ensayo de Contenido de Humedad sin Bischofita en Calicata 09



Fuente: Elaboración propia

## Interpretación

En la presente figura 8 se observa el ensayo de contenido de humedad sin añadir bischofita donde se obtuvo el máximo contenido de humedad de 9.50% en la muestra 03.

## Tabla 10

Resultados del Ensayo de CBR sin Bischofita

| Número de Golpes | Expansión | Absorción |
|------------------|-----------|-----------|
| 55               | 1.55%     | 1.44%     |
| 26               | 2.07%     | 1.73%     |
| 12               | 2.38%     | 1.88%     |

|   |      |
|---|------|
| Densidad Seca Máxima (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.13 |
| 95% de la DSM (g/cm <sup>3</sup> )        | 2.02 |

| Número de Golpes | CBR    | Densidad Seca          |
|------------------|--------|------------------------|
| 55               | 39.15% | 2.13 g/cm <sup>3</sup> |
| 26               | 30.05% | 2.12 g/cm <sup>3</sup> |
| 12               | 14.63% | 2.06 g/cm <sup>3</sup> |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| CBR al 100% de la DSM | 39.15% |
| CBR al 95% de la DSM  | 37.19% |

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la presente Tabla 10 de la calicata 09 con ubicación en la progresiva 09+600 se realizó el ensayo de CBR sin Bischofita:

De la relación CBR (Sin bischofita) y la densidad seca se observó que:

- El valor del CBR al 100% de la muestra de suelo fue de 39.15%
- El valor de la densidad seca al 100% de la muestra de suelo fue de 2.13 g/cm<sup>3</sup>

**Tabla 11**

Ensayo de Compactación y Contenido de Humedad con Bischofita al 4% en C-09

| Datos del Ensayo de Compactación        | Muestra 01 + 4% MgCl <sub>2</sub> |        |        | Muestra 02 + 4% MgCl <sub>2</sub> |        |        | Muestra 03 + 4% MgCl <sub>2</sub> |       |       |
|---|-----------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|-------|-------|
| Número de Golpes por Capa               | 55                                |        |        | 26                                |        |        | 12                                |       |       |
| Peso del Molde (g)                      | 7563.00                           |        |        | 7171.00                           |        |        | 7279.00                           |       |       |
| Peso del Molde + Muestra Compactada (g) | 12450.00                          |        |        | 12065.00                          |        |        | 12090.00                          |       |       |
| Peso de la Muestra Compactada (g)       | 4887.00                           |        |        | 4894.00                           |        |        | 4811.00                           |       |       |
| Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )    | 2.30                              |        |        | 2.30                              |        |        | 2.27                              |       |       |
| Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )      | 2.12                              |        |        | 2.11                              |        |        | 2.07                              |       |       |
| Contenido de Humedad                    | Arriba                            | Medio  | Abajo  | Arriba                            | Medio  | Abajo  | Arriba                            | Medio | Abajo |
| Peso de Capsula (g)                     | 71.33                             | 68.76  | 69.77  | 70.12                             | 73.67  | 72.09  | 28.51                             | 28.28 | 28.61 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (g)    | 116.69                            | 119.61 | 124.32 | 115.39                            | 123.94 | 130.75 | 78.01                             | 81.24 | 91.68 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (g)      | 113.33                            | 115.43 | 119.93 | 111.99                            | 119.19 | 126.20 | 73.85                             | 76.52 | 86.28 |
| Peso del Agua (g)                       | 3.36                              | 4.18   | 4.39   | 3.40                              | 4.75   | 4.55   | 4.16                              | 4.72  | 5.40  |
| Peso de la Muestra Seca (g)             | 42.00                             | 46.67  | 50.16  | 41.87                             | 45.52  | 54.11  | 45.34                             | 48.24 | 57.67 |
| Contenido de Humedad                    | 8.00%                             | 8.96%  | 8.75%  | 8.12%                             | 10.43% | 8.41%  | 9.18%                             | 9.78% | 9.36% |
| Contenido de Humedad Promedio           | 8.57%                             |        |        | 8.99%                             |        |        | 9.44%                             |       |       |

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la presente tabla 11 de la calicata 09 ubicada en la progresiva 09+600 se realizó el ensayo de compactación y contenido de humedad, en ambos ensayos se usó tres muestras de suelo natural y un porcentaje de bischofita (4%MgCl<sub>2</sub>) respectivamente.

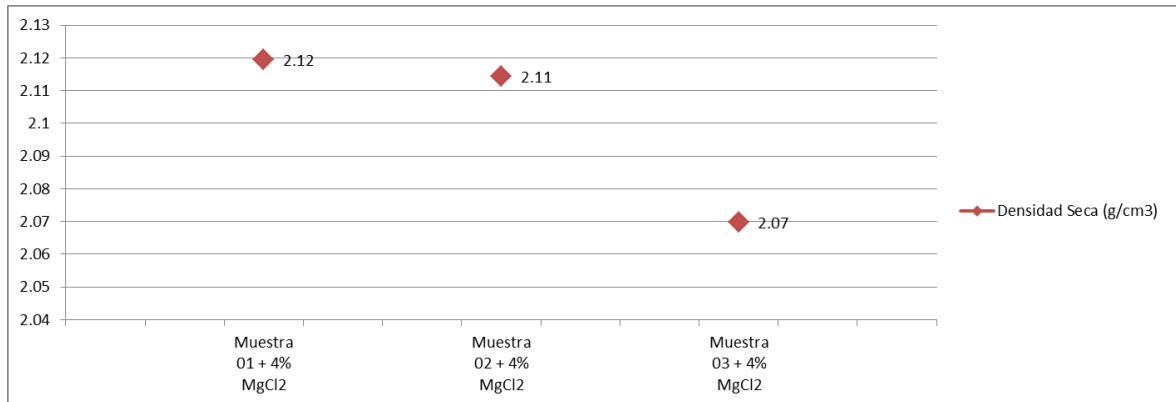
En la muestra 01 se añadió 4% de cloruro de magnesio hexahidratado observando así una densidad seca de 2.12 g/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad promedio de 8.57%.

En la muestra 02 se añadió 4% de cloruro de magnesio hexahidratado observando así una densidad seca de 2.11 g/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad promedio de 8.99%.

En la muestra 03 se añadió 4% de cloruro de magnesio hexahidratado observando así una densidad seca de 2.07 g/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad promedio de 9.44%.

### Figura 9

#### Ensayo de Compactación con Bischofita en Calicata 09



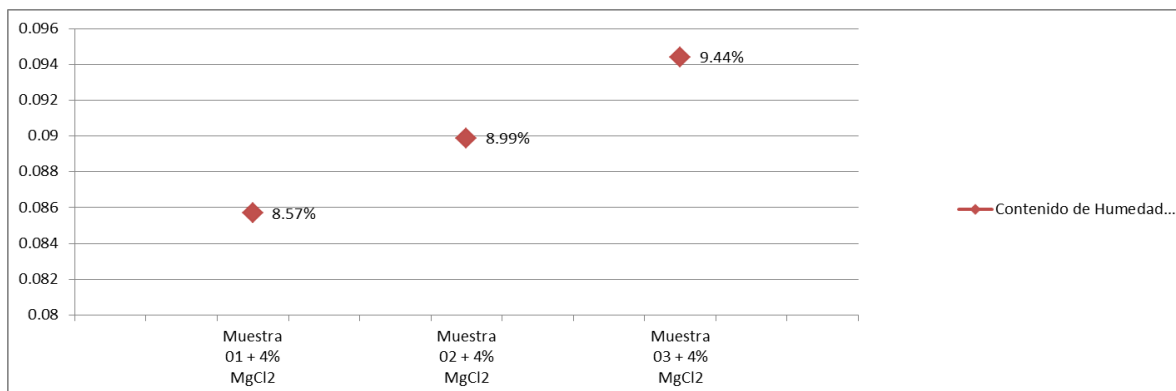
Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la figura 9 el valor máximo se observa en la muestra 01 con adición al 4% de cloruro de magnesio hexahidratado observando así una densidad seca de 2.12 g/cm<sup>3</sup>.

### Figura 10

#### Ensayo de Contenido de Humedad con Bischofita en Calicata 09



Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la figura 10 el valor máximo observamos en la muestra 03 con adición al 4% de cloruro de magnesio hexahidratado el contenido de humedad promedio de 9.44%.

**Tabla 12**

Resultados del Ensayo de CBR con 4% de Bischofita

| Número de Golpes | Expansión | Absorción |
|------------------|-----------|-----------|
| 55               | 1.51%     | 1.41%     |
| 26               | 1.96%     | 1.91%     |
| 12               | 2.27%     | 1.42%     |

|   |      |
|---|------|
| Densidad Seca Máxima (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.12 |
| 95% de la DSM (g/cm <sup>3</sup> )        | 2.01 |

| Número de Golpes | CBR    | Densidad Seca          |
|------------------|--------|------------------------|
| 55               | 40.29% | 2.12 g/cm <sup>3</sup> |
| 26               | 30.43% | 2.11 g/cm <sup>3</sup> |
| 12               | 15.02% | 2.07 g/cm <sup>3</sup> |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| CBR al 100% de la DSM | 40.29% |
| CBR al 95% de la DSM  | 38.28% |

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación**

En la tabla 12 de la cantera 01 (calicata 09) con ubicación en la progresiva 09+600 se realizó el ensayo de CBR con Bischofita añadido de 4%:

De los datos de la compactación proctor modificado se tienen que:

- La densidad seca máxima de la muestra de suelo fue de 1.83 cm<sup>3</sup>
- El contenido de humedad óptimo de la muestra de suelo fue de 8.71%

De la relación CBR (con bischofita) y la densidad seca se observó que:

- El valor del CBR al 100% de la muestra de suelo fue de 40.29%
- El valor de la densidad seca al 100% de la muestra de suelo fue de 2.12 g/cm<sup>3</sup>

**4.1.2. Resultado de Determinar y analizar el comportamiento físico y mecánico de suelos estabilizados con cloruro de magnesio hexahidratado.**

**Tabla 13**

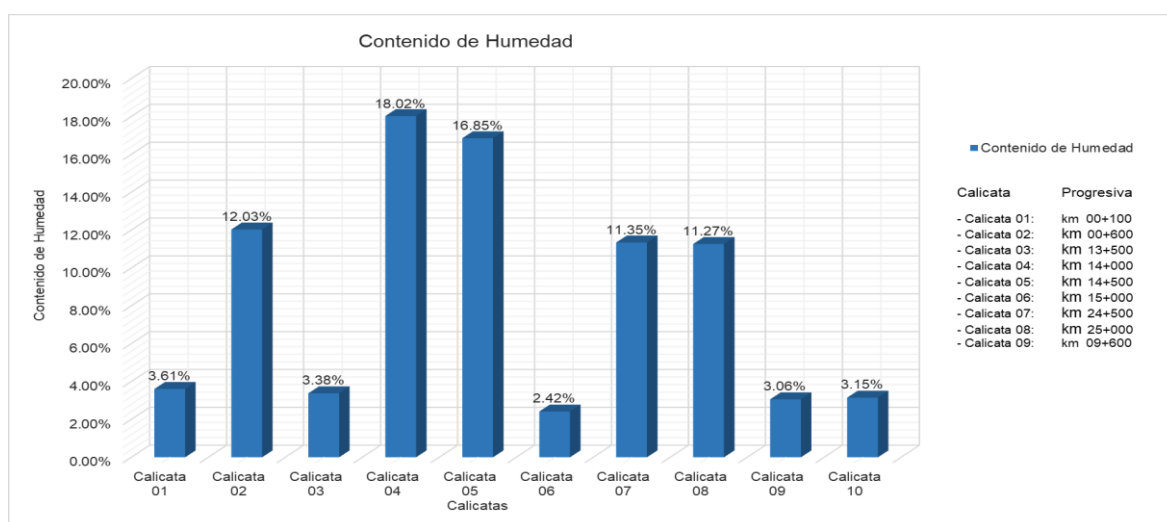
## Contenido de Humedad Promedio

| Contenido de Humedad |            |            |            |          |
|----------------------|------------|------------|------------|----------|
| Calicata             | Muestra 01 | Muestra 02 | Muestra 03 | Promedio |
| Calicata 01          | 3.61%      | 3.62%      | 3.60%      | 3.61%    |
| Calicata 02          | 12.91%     | 13.74%     | 9.45%      | 12.03%   |
| Calicata 03          | 3.64%      | 3.57%      | 2.93%      | 3.38%    |
| Calicata 04          | 18.16%     | 17.78%     | 18.12%     | 18.02%   |
| Calicata 05          | 16.82%     | 16.83%     | 16.91%     | 16.85%   |
| Calicata 06          | 2.41%      | 2.46%      | 2.38%      | 2.42%    |
| Calicata 07          | 11.35%     | 11.40%     | 11.28%     | 11.35%   |
| Calicata 08          | 11.32%     | 11.31%     | 11.18%     | 11.27%   |
| Calicata 09          | 3.06%      | 2.98%      | 3.15%      | 3.06%    |
| Calicata 10          | 3.26%      | 3.16%      | 3.03%      | 3.15%    |

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación**

En la consiguiente tabla 13 podemos observar el consolidado del contenido de humedad de las diez calicatas puestas a prueba. Observando así que la calicata con mayor promedio de humedad fue el número 04 ubicada en la progresiva 14+000 con un porcentaje de 18.02%, mientras que la calicata con menor contenido de humedad está ubicada en la progresiva 15+000 correspondiente a la calicata 06 con un valor de 2.42% de humedad de suelo natural.

**Figura 11***Contenido de Humedad Promedio*

Fuente: Elaboración propia

## Interpretación

En la figura 11 podemos observar el mayor porcentaje de contenido de humedad promedio, siendo 18.02% que corresponde a la calicata 04.

**Tabla 14**

Tabla Granulométrica de % que Pasa Cada Tamiz

| Tamiz N° | Porcentaje que Pasa |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|----------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|          | Calicata 01         | Calicata 02 | Calicata 03 | Calicata 04 | Calicata 05 | Calicata 06 | Calicata 07 | Calicata 08 | Calicata 09 | Calicata 10 |
| 3"       | 100.00%             | 100.00%     | 100.00%     | 100.00%     | 100.00%     | 100.00%     | 100.00%     | 100.00%     | 100.00%     | 100.00%     |
| 2"       | 100.00%             | 100.00%     | 100.00%     | 100.00%     | 100.00%     | 100.00%     | 100.00%     | 100.00%     | 98.73%      | 100.00%     |
| 1½"      | 100.00%             | 100.00%     | 100.00%     | 100.00%     | 95.81%      | 97.68%      | 100.00%     | 100.00%     | 97.39%      | 94.02%      |
| 1"       | 98.33%              | 92.39%      | 98.56%      | 97.75%      | 91.58%      | 89.28%      | 93.86%      | 100.00%     | 84.18%      | 87.26%      |
| ¾"       | 95.16%              | 85.37%      | 95.91%      | 96.42%      | 87.40%      | 82.76%      | 88.94%      | 100.00%     | 75.84%      | 80.04%      |
| 3/8"     | 90.12%              | 81.86%      | 90.99%      | 89.62%      | 80.32%      | 63.83%      | 73.49%      | 96.36%      | 58.61%      | 44.38%      |
| N° 4     | 80.80%              | 67.43%      | 81.67%      | 73.04%      | 32.46%      | 52.55%      | 56.80%      | 78.91%      | 40.68%      | 23.66%      |
| N° 10    | 62.04%              | 43.53%      | 63.18%      | 48.00%      | 26.90%      | 42.17%      | 40.86%      | 49.49%      | 25.34%      | 10.73%      |
| N° 20    | 40.53%              | 23.28%      | 41.56%      | 29.29%      | 17.48%      | 28.79%      | 27.43%      | 24.68%      | 15.61%      | 5.81%       |
| N° 40    | 25.26%              | 13.53%      | 25.51%      | 19.10%      | 10.46%      | 17.21%      | 19.22%      | 13.15%      | 10.14%      | 3.77%       |
| N° 60    | 16.87%              | 8.94%       | 17.49%      | 14.33%      | 6.69%       | 11.36%      | 14.82%      | 8.15%       | 7.16%       | 2.81%       |
| N° 100   | 10.19%              | 5.68%       | 10.63%      | 10.27%      | 3.54%       | 5.65%       | 9.29%       | 4.82%       | 4.30%       | 2.03%       |
| N° 200   | 4.66%               | 3.10%       | 5.20%       | 5.67%       | 1.56%       | 2.20%       | 2.74%       | 2.36%       | 1.85%       | 0.91%       |

Fuente: Elaboración propia

## Interpretación

La tabla 14 muestra el consolidado de porcentaje que pasa cada tamiz y el porcentaje retenido en el tamiz N° 200. Se observa que en la calicata 04 ubicada en la progresiva 14+000 tuvo un porcentaje de 5.67% de retención, esto indica que en la calicata 04 tiene una mayor cantidad de finos con respecto a las demás.

**Tabla 15**

Límites de Consistencia de Atterberg

| Límites de Consistencia   | Calicata 01 | Calicata 02 | Calicata 03 | Calicata 04 | Calicata 05 | Calicata 06 | Calicata 07 | Calicata 08 | Calicata 09 | Calicata 10 |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Límite Líquido (%)        | 32.40%      | 32.49%      | 23.00%      | 29.50%      | 27.70%      | 19.40%      | 32.40%      | 25.40%      | 32.33%      | 28.20%      |
| Límite Plástico (%)       | 28.03%      | 27.72%      | 20.91%      | 22.71%      | 21.02%      | 20.72%      | 28.03%      | 28.06%      | 23.49%      | 23.78%      |
| Índice de Plasticidad (%) | 4.37%       | 4.77%       | 2.09%       | 6.79%       | 6.68%       | -1.32%      | 4.37%       | -2.66%      | 8.84%       | 4.42%       |

Fuente: Elaboración propia

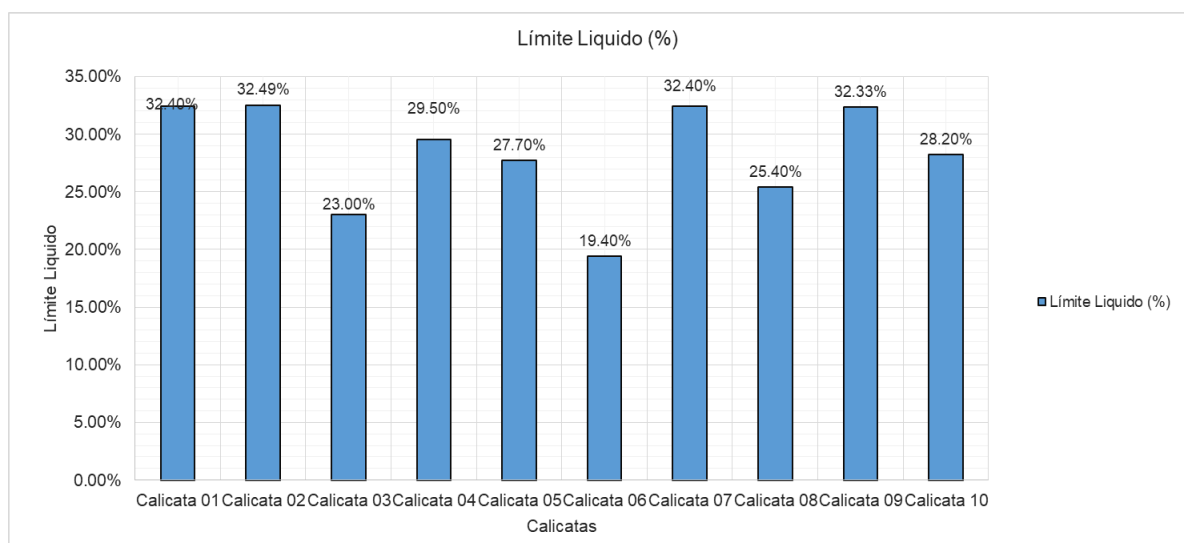
## Interpretación

En la siguiente tabla 15 se observa el promedio de los límites de Atterberg, del cual: en el ensayo del límite líquido la calicata 06 tuvo el valor más bajo con un total de 19.40%

mientras que la calicata 02 arrojó un valor más alto de 32.49%. El límite plástico con mayor porcentaje se observó en la calicata 08 con un valor de 28.06% mientras que la más baja se observa en la calicata 06 arrojó un valor de 20.72%. Con los datos de los dos límites se observó el índice de plasticidad de cada calicata. El índice de plasticidad con mayor porcentaje se observó en la calicata 09 con 8.84%, esto nos indica mayor cantidad de arcilla o de coloides en el suelo y en la calicata 06 y 08 con valores negativos nos indica que son suelos no plásticos.

**Figura 12**

*Contenido Promedio de Límite Líquido*



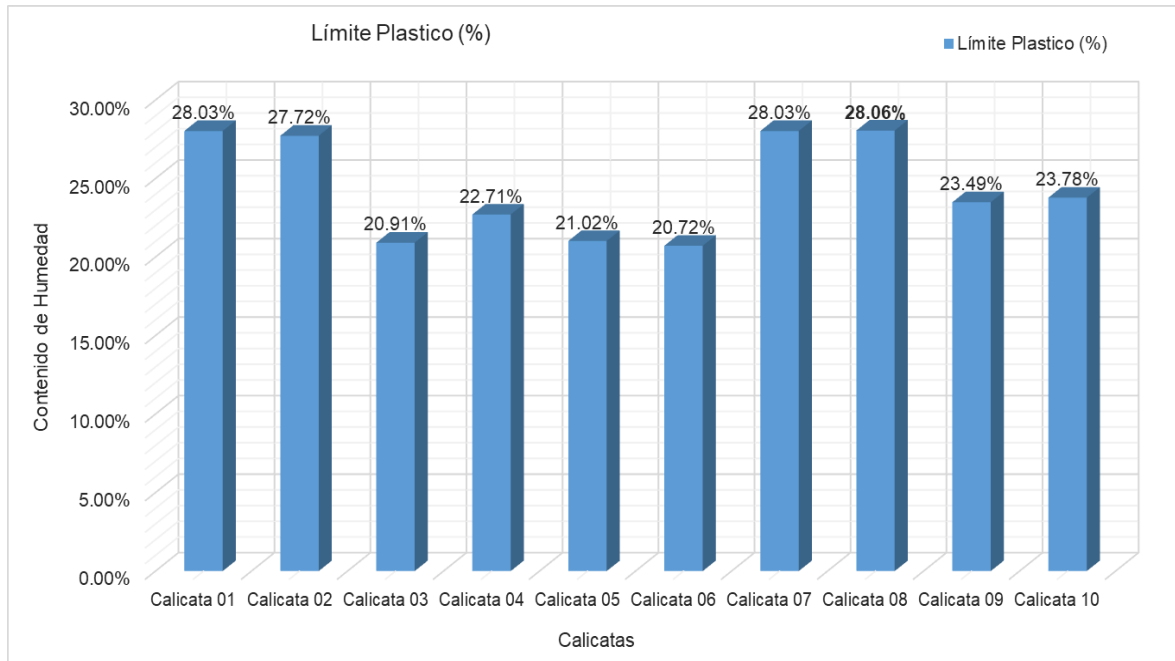
Fuente: Elaboración propia

**Interpretación**

En la figura 12 del ensayo del límite líquido, la calicata 02 arrojó un valor más alto de 32.49% y el más bajo en la calicata 06 arrojó un valor de 19.40%.

**Figura 13**

*Contenido Promedio de Límite Plástico*



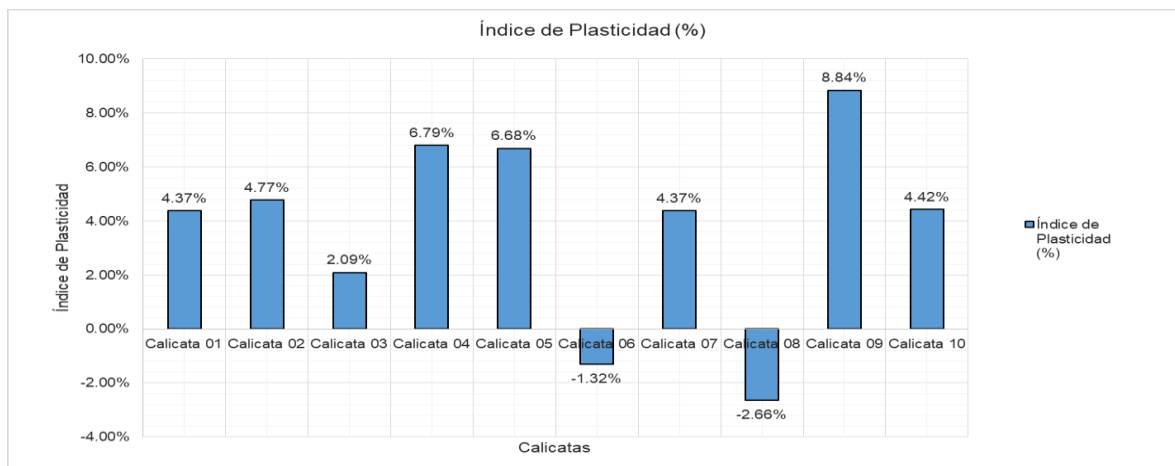
Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

La figura 13 ensayo de límite plástico, mayor porcentaje se observó en la calicata 08 con un valor de 28.06% y la más baja se observa en la calicata 06 con un valor de 20.72%.

**Figura 14**

*Contenido Promedio de Índice de Plasticidad*



Fuente: Elaboración propia

## Interpretación

La figura 14 el índice de plasticidad con mayor porcentaje se observó en la calicata 09 con 8.84%, esto nos indica mayor cantidad de arcilla o de coloides en el suelo y en la calicata 06 y 08 con valores negativos nos indica que son suelos no plásticos.

**Tabla 16**

### Clasificación de Suelos por el Método de SUCS

| Clasificación de suelos por el método SUCS | Calicata 1                   | Calicata 2                  | Calicata 3                          | Calicata 4                           | Calicata 5                 | Calicata 6                 | Calicata 7                  | Calicata 8                    | Calicata 9                  | Calicata 10         |
|--|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| SUCS                                       | SP                           | SW                          | SP - SM                             | SW - SM                              | GP                         | SP                         | SW                          | SW                            | SW                          | GW                  |
|  | Arena mal graduada con grava | Arena bien graduada gravosa | Arena mal graduada con limo y grava | Arena bien graduada con limo y grava | Grava mal graduada arenosa | Arena mal graduada gravosa | Arena bien graduada gravosa | Arena bien graduada con grava | Arena bien graduada gravosa | Grava bien graduada |

Fuente: Elaboración propia

## Interpretación

En la siguiente tabla 16 se observa la clasificación de suelos por el método de SUCS para cada calicata del estudio. En la calicata 01 se encontró (Arena mal graduada con grava) – (SP), en la calicata 02 se evidencio (Arena bien graduada gravosa), en la calicata 03 se evidencio (Arena mal graduada con limo y grava), en la calicata 04 se encontró (Arena bien graduada con limo y grava), en la calicata 05 se encontró (Grava mal graduada arenosa), en la calicata 06 se encontró (Arena mal graduada gravosa), en la calicata 07 se encontró (Arena bien graduada gravosa), en la calicata 08 se encontró (Arena bien graduada con grava), en la calicata 09 se encontró (Arena bien graduada gravosa) y en la calicata 10 se encontró (Grava bien graduada).

La clasificación se basó en la norma ASTM D-2487.

**Tabla 17****Clasificación de Suelos por el Método de AASHTO**

| Clasificación de suelos por el método AASHTO | Calicata 1   | Calicata 2   | Calicata 3   | Calicata 4  | Calicata 5  | Calicata 6   | Calicata 7   | Calicata 8   | Calicata 9  | Calicata 10  |
|--|--|--|--|---|---|--|--|--|---|--|
|  | A-1-b (0)  | A-1-a (0)  | A-1-b (0)  | A-2-4 (0)   | A-2-4 (0)   | A-1-a (0)  | A-1-a (0)  | A-1-a (0)  | A-2-4 (0)   | A-1-a (0)  |
| AASHTO                                       | Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas. | Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas. | Arena con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas. | Materiales granulares con partículas finas limosas. | Materiales granulares con partículas finas limosas. | Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas. | Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas. | Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas. | Materiales granulares con partículas finas limosas. | Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas. |

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación**

En la tabla 17 podemos observar la clasificación de suelos mediante el método de AASHTO. Evidenciando cada calicata lo siguiente: Calicata 01 (A-1-b) un suelo principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas, Calicata 02 (A-1-a) un suelo principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas, Calicata 03, (A-1-b) un suelo de arena con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas, Calicata 04 (A-2-4) un suelo con materiales granulares con partículas finas limosas, Calicata 05 y 9 (A-2-4) un suelo con materiales granulares con partículas finas limosas, En caso de las calicatas 06, 07, 08, 10 (A-1-a) se encontró un suelo principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas; todas las calicatas con un índice de grupo (0). Según norma ASTM D-2487.

**Tabla 18****Promedio de Compactación – Proctor Modificado**

| Calicatas   | Compactación            |                             |
|-------------|-------------------------|-----------------------------|
|             | Densidad Seca Máxima    | Contenido de Humedad Óptimo |
| Calicata 01 | 2.13 gr/cm <sup>3</sup> | 8.03%                       |
| Calicata 02 | 2.10 gr/cm <sup>3</sup> | 8.36%                       |
| Calicata 03 | 1.96 gr/cm <sup>3</sup> | 7.94%                       |
| Calicata 04 | 1.96 gr/cm <sup>3</sup> | 7.88%                       |
| Calicata 05 | 2.07 gr/cm <sup>3</sup> | 7.09%                       |

|             |                         |       |
|-------------|-------------------------|-------|
| Calicata 06 | 2.03 gr/cm <sup>3</sup> | 7.26% |
| Calicata 07 | 1.91 gr/cm <sup>3</sup> | 7.56% |
| Calicata 08 | 0.84 gr/cm <sup>3</sup> | 9.46% |
| Calicata 09 | 1.83 gr/cm <sup>3</sup> | 8.71% |
| Calicata 10 | 2.16 gr/cm <sup>3</sup> | 5.04% |

Fuente: Elaboración propia

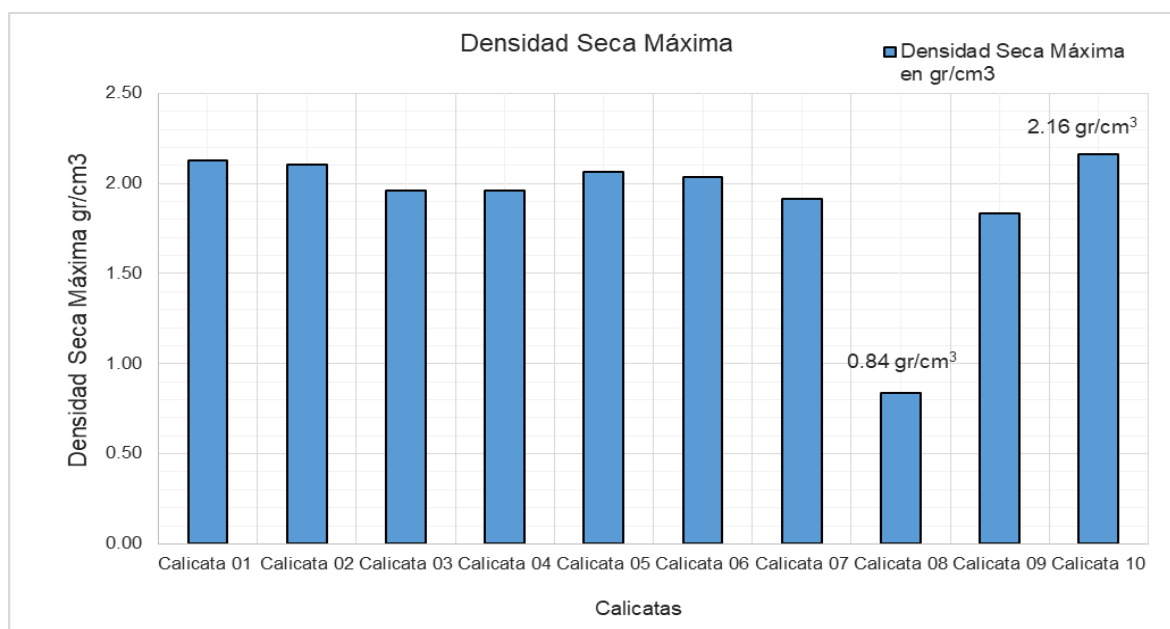
### Interpretación

En la tabla 18 se describe el promedio del ensayo de compactación – proctor modificado, evidenciándose que la calicata 08 arrojó una densidad seca máxima de 0.84% siendo el más bajo, mientras que la calicata 10 arrojó un valor de 2.16% siendo el valor más alto de todas las calicatas de estudio.

En el caso del contenido de humedad óptimo, la calicata 08 evidencio tener el valor más alto con 9.46%, mientras que la calicata 10 tiene el valor más bajo con 5.04%.

### Figura 15

#### Densidad Seca Máxima



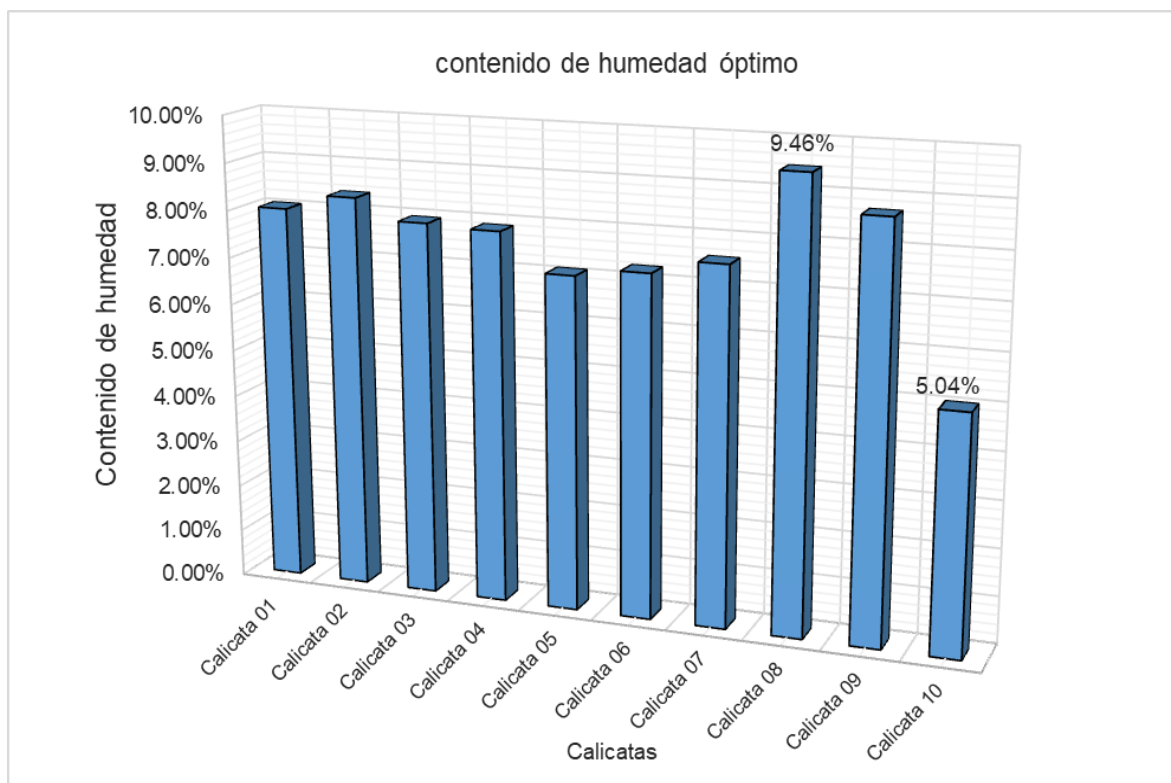
Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la figura 15 del ensayo de compactación – proctor modificado, se obtuvo en la calicata 08 una densidad seca máxima de 0.84% siendo el más bajo, mientras que la calicata 10 arrojó un valor de 2.16% siendo el valor más alto.

**Figura 16**

**Contenido Óptimo de Humedad**



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación**

En la figura 16 del contenido de humedad óptimo, la calicata 08 evidenció tener el valor más alto con 9.46%, mientras que la calicata 10 tiene el valor más bajo con 5.04%.

**Tabla 19**

Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR)

| Calicata    | CBR al 95% | CBR al 100% |
|-------------|------------|-------------|
| Calicata 01 | 19.78%     | 20.82%      |
| Calicata 02 | 20.50%     | 21.58%      |
| Calicata 03 | 12.09%     | 12.73%      |
| Calicata 04 | 10.28%     | 10.82%      |
| Calicata 05 | 9.79%      | 10.31%      |
| Calicata 06 | 9.43%      | 9.93%       |
| Calicata 07 | 18.07%     | 19.02%      |
| Calicata 08 | 11.48%     | 12.09%      |
| Calicata 09 | 37.19%     | 39.15%      |
| Calicata 10 | 30.21%     | 31.80%      |

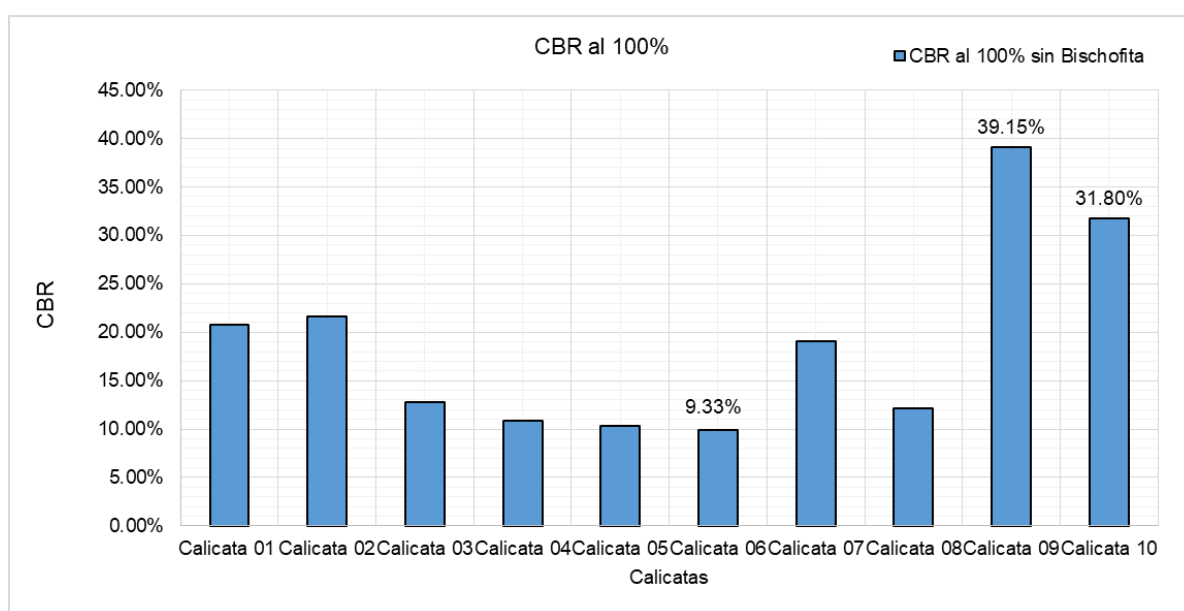
Fuente: Elaboración propia

## Interpretación

En la tabla 19 podemos observar los porcentajes finales del ensayo de CBR, demostrándose que la calicata 06 tuvo un valor de 9.33% al 100% de la máxima densidad seca siendo relativamente el más bajo, mientras que la calicata 09 arrojó un valor de 39.15% al 100% de la densidad máxima seca siendo el más alto de todas las demás calicatas.

### Figura 17

#### Ensayo de CBR



Fuente: Elaboración propia

## Interpretación

En la figura 17 podemos observar los porcentajes finales del ensayo de CBR, demostrándose que la calicata 06 tuvo un valor de 9.33% al 100% de la máxima densidad seca siendo el más bajo, mientras que la calicata 09 arrojó un valor de 39.15% al 100% de la densidad máxima seca siendo el más alto de todas las demás calicatas.

### **4.1.3. Resultado de determinar qué porcentaje de cloruro de magnesio**

**hexahidratado es el más adecuado para estabilizar la capa de rodadura en**

**Carreteras Vecinales no pavimentadas.**

Para desarrollar el tercer objetivo específico y obtener el porcentaje más adecuado de bischofita realizamos en la Calicata 09, considerando el mayor CBR al 100 % siendo esta de 40.29% con adición de bischofita al 4%.

**Tabla 20**

Datos Generales Ensayo de CBR con Bischofita C-09 Progresiva 09+600

| Datos Generales                                |   | Dimensiones del Molde             |
|--|---|-----------------------------------|
| Densidad Seca Máxima = 1.83 gr/cm <sup>3</sup> | Peso del Martillo = 4.54 Kg             | Diámetro = 15.24 cm               |
| Contenido Humedad Óptimo = 8.71%               | Altura de Caída del Martillo = 45.72 cm | Altura = 17.78 cm                 |
| Contenido Humedad Natural = 3.06%              | Número de Capas = 5                     | Altura de la Muestra = 11.64 cm   |
| Área del Pistón = 19.35 cm <sup>2</sup>        | Altura del Disco Espaciador = 6.14 cm   | Volumen = 2123.85 cm <sup>3</sup> |

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la tabla 20 se puede observar los datos generales de la calicata 09 para el ensayo de CBR, la densidad seca máxima de 1.83 kg/cm<sup>3</sup> y contenido de humedad óptimo de 8.71% provenientes de las relaciones humedad – densidad (proctor modificado).

**Tabla 21**

Ensayo de Compactación y Contenido de Humedad Con Bischofita (2%) en C-09

| Datos del Ensayo de Compactación        | Muestra 01 + 2% MgCl <sub>2</sub> |        |        | Muestra 02 + 2% MgCl <sub>2</sub> |        |        | Muestra 03 + 2% MgCl <sub>2</sub> |       |       |
|---|-----------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|-------|-------|
| Número de Golpes por Capa               | 55                                |        |        | 26                                |        |        | 12                                |       |       |
| Peso del Molde (g)                      | 7563.00                           |        |        | 7171.00                           |        |        | 7279.00                           |       |       |
| Peso del Molde + Muestra Compactada (g) | 12400.00                          |        |        | 12025.00                          |        |        | 12045.00                          |       |       |
| Peso de la Muestra Compactada (g)       | 4837.00                           |        |        | 4854.00                           |        |        | 4766.00                           |       |       |
| Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )    | 2.28                              |        |        | 2.29                              |        |        | 2.24                              |       |       |
| Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )      | 2.10                              |        |        | 2.10                              |        |        | 2.05                              |       |       |
| Contenido de Humedad                    | Arriba                            | Medio  | Abajo  | Arriba                            | Medio  | Abajo  | Arriba                            | Medio | Abajo |
| Peso de Capsula (g)                     | 71.33                             | 68.76  | 69.77  | 70.12                             | 73.67  | 72.09  | 28.51                             | 28.28 | 28.61 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (g)    | 116.60                            | 119.50 | 124.35 | 115.35                            | 123.90 | 130.72 | 78.00                             | 81.20 | 91.64 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (g)      | 113.30                            | 115.41 | 119.90 | 111.95                            | 119.56 | 126.22 | 73.84                             | 76.54 | 86.29 |
| Peso del Agua (g)                       | 3.30                              | 4.09   | 4.45   | 3.40                              | 4.34   | 4.50   | 4.16                              | 4.66  | 5.35  |
| Peso de la Muestra Seca (g)             | 41.97                             | 46.65  | 50.13  | 41.83                             | 45.89  | 54.13  | 45.33                             | 48.26 | 57.68 |
| Contenido de Humedad                    | 7.86%                             | 8.77%  | 8.88%  | 8.13%                             | 9.46%  | 8.31%  | 9.18%                             | 9.66% | 9.28% |
| Contenido de Humedad Promedio           | 8.50%                             |        |        | 8.63%                             |        |        | 9.37%                             |       |       |

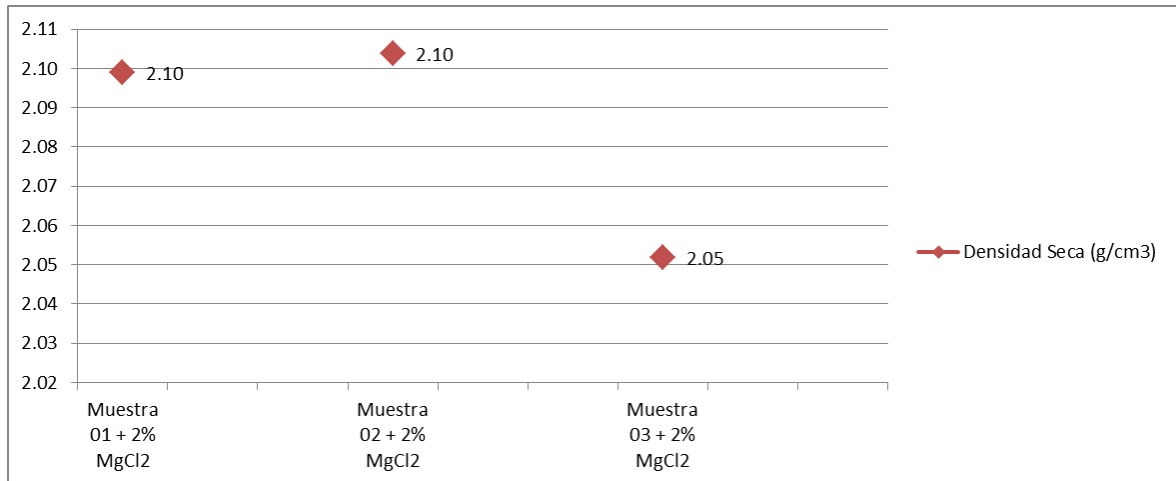
Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la tabla 21 se puede observar el ensayo de compactación añadido bischofita de 2% para determinar la densidad seca máxima de la muestra siendo 2.10 g/cm<sup>3</sup> y contenido de humedad promedio de 8.50%.

**Figura 18**

*Ensayo de Compactación con Bischofita de 2% en Calicata 09*



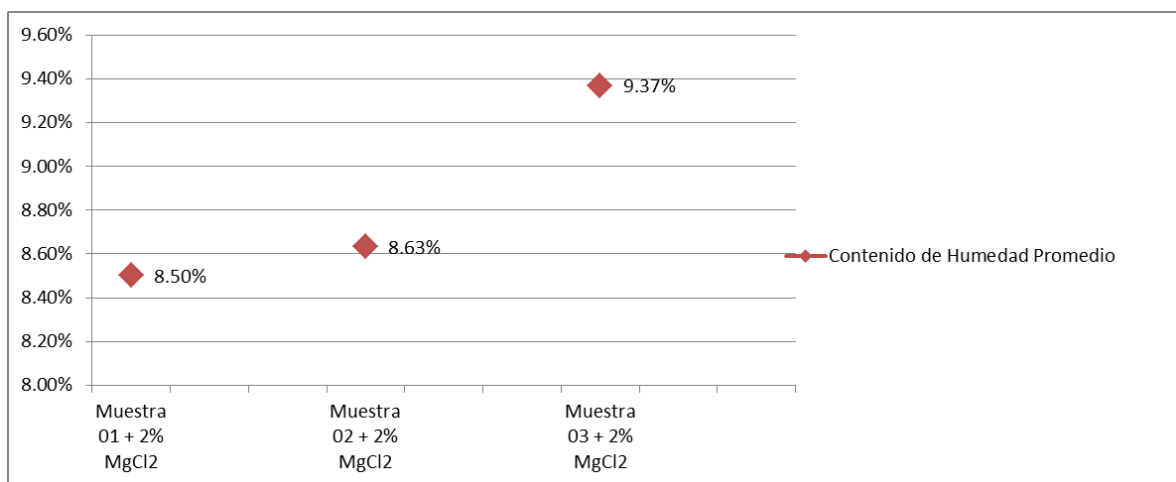
Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la figura 18 se realizó el ensayo de compactación con muestra de suelo natural más 2% MgCl<sub>2</sub>, obteniéndose una densidad seca máxima de 2.10 g/cm<sup>3</sup> que corresponde a la calicata 09 ubicada en la progresiva 09+600.

**Figura 19**

*Ensayo de Contenido de Humedad con Bischofita de 2% en Calicata 09*



Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la figura 19 de la calicata 09 se puede observar el ensayo de contenido de humedad con muestra de suelo natural más 2%MgCl<sub>2</sub>, del cual el contenido de humedad para 55 golpes es de 8.50%.

**Tabla 22**

Resultados del Ensayo de CBR Muestra+2% MgCl<sub>2</sub>

| Número de Golpes | Expansión | Absorción |
|------------------|-----------|-----------|
| 55               | 1.51%     | 1.85%     |
| 26               | 1.96%     | 2.46%     |
| 12               | 2.27%     | 1.94%     |

|  |      |
|--|------|
| Densidad Seca Máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.10 |
| 95% de la DSM (gr/cm <sup>3</sup> )        | 2.00 |

| Número de Golpes | CBR    | Densidad Seca           |
|------------------|--------|-------------------------|
| 55               | 39.40% | 2.10 gr/cm <sup>3</sup> |
| 26               | 29.80% | 2.10 gr/cm <sup>3</sup> |
| 12               | 14.63% | 2.05 gr/cm <sup>3</sup> |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| CBR al 100% de la DSM | 39.40% |
| CBR al 95% de la DSM  | 37.43% |

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la tabla 22 de la calicata 09 con ubicación en la progresiva 09+600 se realizó el ensayo de CBR con Bischofita Muestra+2% MgCl<sub>2</sub>.

De los datos de la compactación se tienen que:

- La densidad seca máxima de la muestra de suelo fue de 2.10 cm<sup>3</sup>
- El contenido de humedad de la muestra de suelo fue de 8.50% para 55 golpes.

De la relación CBR con bischofita muestra+2%MgCl<sub>2</sub> y la densidad seca se observó que:

- El valor del CBR al 100% de la muestra de suelo+2%MgCl<sub>2</sub> fue de 39.40%

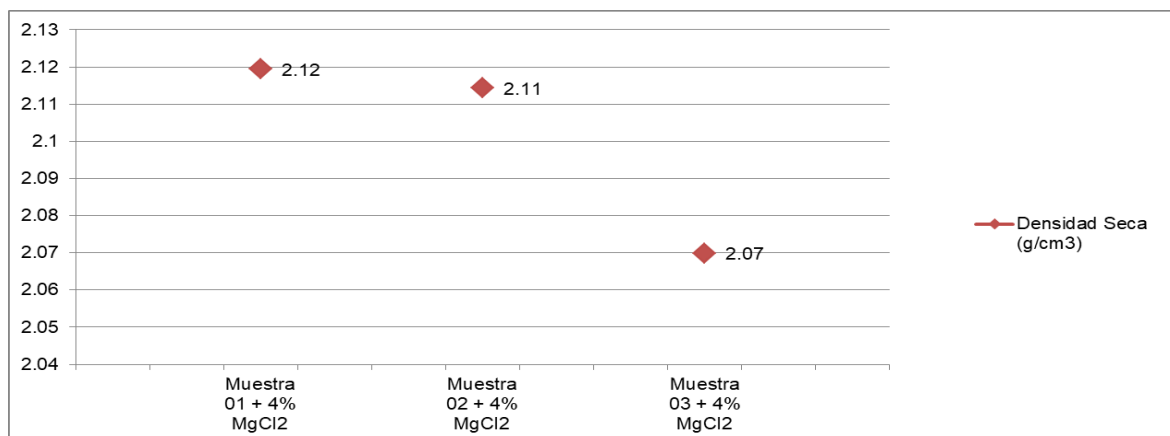
**Tabla 23****Ensayo de Compactación y Contenido de Humedad Con Bischofita (4%) en C-09**

| Datos del Ensayo de Compactación        | Muestra 01 + 4% MgCl <sub>2</sub> |        |        | Muestra 02 + 4% MgCl <sub>2</sub> |        |        | Muestra 03 + 4% MgCl <sub>2</sub> |       |       |
|---|-----------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|-------|-------|
| Número de Golpes por Capa               | 55                                |        |        | 26                                |        |        | 12                                |       |       |
| Peso del Molde (g)                      | 7563.00                           |        |        | 7171.00                           |        |        | 7279.00                           |       |       |
| Peso del Molde + Muestra Compactada (g) | 12450.00                          |        |        | 12065.00                          |        |        | 12090.00                          |       |       |
| Peso de la Muestra Compactada (g)       | 4887.00                           |        |        | 4894.00                           |        |        | 4811.00                           |       |       |
| Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )    | 2.30                              |        |        | 2.30                              |        |        | 2.27                              |       |       |
| Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )      | 2.12                              |        |        | 2.11                              |        |        | 2.07                              |       |       |
| Contenido de Humedad                    | Arriba                            | Medio  | Abajo  | Arriba                            | Medio  | Abajo  | Arriba                            | Medio | Abajo |
| Peso de Capsula (g)                     | 71.33                             | 68.76  | 69.77  | 70.12                             | 73.67  | 72.09  | 28.51                             | 28.28 | 28.61 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (g)    | 116.69                            | 119.61 | 124.32 | 115.39                            | 123.94 | 130.75 | 78.01                             | 81.24 | 91.68 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (g)      | 113.33                            | 115.43 | 119.93 | 111.99                            | 119.19 | 126.20 | 73.85                             | 76.52 | 86.28 |
| Peso del Agua (g)                       | 3.36                              | 4.18   | 4.39   | 3.40                              | 4.75   | 4.55   | 4.16                              | 4.72  | 5.40  |
| Peso de la Muestra Seca (g)             | 42.00                             | 46.67  | 50.16  | 41.87                             | 45.52  | 54.11  | 45.34                             | 48.24 | 57.67 |
| Contenido de Humedad                    | 8.00%                             | 8.96%  | 8.75%  | 8.12%                             | 10.43% | 8.41%  | 9.18%                             | 9.78% | 9.36% |
| Contenido de Humedad Promedio           | 8.57%                             |        |        | 8.99%                             |        |        | 9.44%                             |       |       |

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación**

En la tabla 23 e puede observar el ensayo de compactación añadido bischofita de 4% para determinar la densidad seca máxima de la muestra siendo 2.12 g/cm<sup>3</sup> y contenido de humedad de 8.57%.

**Figura 20****Ensayo de Compactación con Bischofita de 4% en Calicata 09**

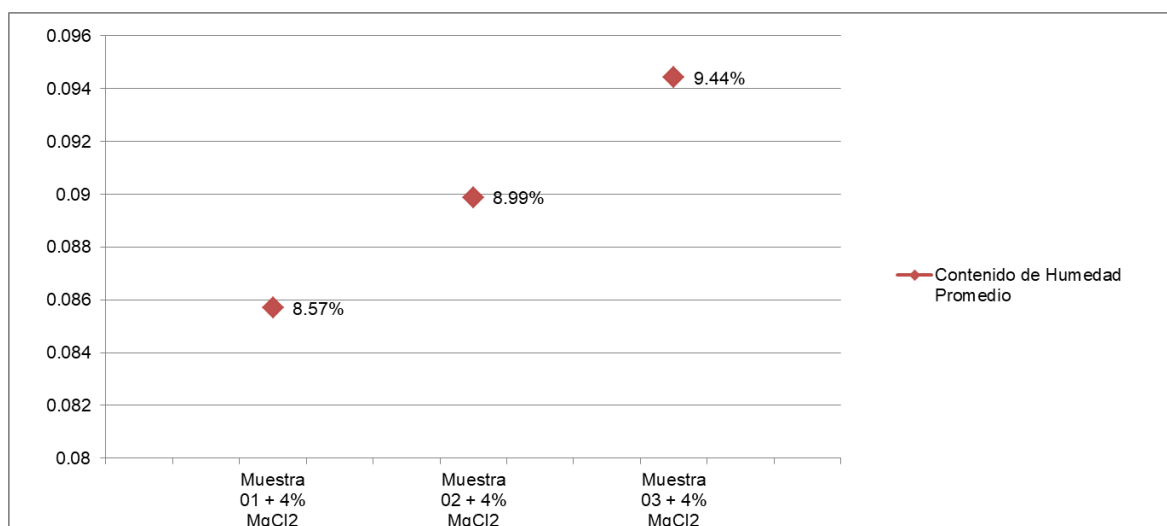
Fuente: Elaboración propia

**Interpretación**

En la figura 20 de la calicata 09 ubicada en la progresiva 09+600 se realizó el ensayo de compactación con muestra de suelo natural más 4%MgCl<sub>2</sub>, obteniéndose una densidad seca máxima de 2.12 g/cm<sup>3</sup>.

**Figura 21**

*Ensayo de Contenido de Humedad con Bischofita de 4% en Calicata 09*



Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la figura 21 de la calicata 09 se puede observar el ensayo de contenido de humedad con muestra de suelo natural más 4%MgCl<sub>2</sub>, del cual el contenido de humedad es de 8.57% para 55 golpes.

**Tabla 24**

Resultados del Ensayo de CBR Muestra+4%MgCl<sub>2</sub>

| Número de Golpes                          | Expansión | Absorción              |
|---|-----------|------------------------|
| 55  | 1.51%     | 1.41%                  |
| 26  | 1.96%     | 1.91%                  |
| 12  | 2.27%     | 1.42%                  |
| Densidad Seca Máxima (g/cm <sup>3</sup> ) |           | 2.12                   |
| 95% de la DSM (g/cm <sup>3</sup> )        |           | 2.01                   |
| Número de Golpes                          | CBR       | Densidad Seca          |
| 55  | 40.29%    | 2.12 g/cm <sup>3</sup> |
| 26  | 30.43%    | 2.11 g/cm <sup>3</sup> |
| 12  | 15.02%    | 2.07 g/cm <sup>3</sup> |
| CBR al 100% de la DSM                     |           | 40.29%                 |
| CBR al 95% de la DSM                      |           | 38.28%                 |

Fuente: Elaboración propia

## Interpretación

En la Tabla 24 de la calicata 09 con ubicación en la progresiva 09+600 se realizó el ensayo de CBR con Bischofita Muestra+4% MgCl<sub>2</sub>.

De los datos de la compactación se tienen que:

- La densidad seca máxima de la muestra de suelo fue de 2.12 cm<sup>3</sup>
- El contenido de humedad de la muestra de suelo fue de 8.57% para 55 golpes.

De la relación CBR con bischofita muestra+4%MgCl<sub>2</sub> y la densidad seca se observó que:

- El valor del CBR al 100% de la muestra de suelo+4%MgCl<sub>2</sub> fue de 40.29%

## Tabla 25

Ensayo de Compactación y Contenido de Humedad Con Bischofita (6%) en C-09

| Datos del Ensayo de Compactación        | Muestra 01 + 6% MgCl <sub>2</sub> |        |        | Muestra 02 + 6% MgCl <sub>2</sub> |        |        | Muestra 03 + 6% MgCl <sub>2</sub> |       |       |
|---|-----------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|-------|-------|
| Número de Golpes por Capa               | 55                                |        |        | 26                                |        |        | 12                                |       |       |
| Peso del Molde (g)                      | 7563.00                           |        |        | 7171.00                           |        |        | 7279.00                           |       |       |
| Peso del Molde + Muestra Compactada (g) | 12458.00                          |        |        | 12078.00                          |        |        | 12105.00                          |       |       |
| Peso de la Muestra Compactada (g)       | 4895.00                           |        |        | 4907.00                           |        |        | 4826.00                           |       |       |
| Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )    | 2.30                              |        |        | 2.31                              |        |        | 2.27                              |       |       |
| Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )      | 2.12                              |        |        | 2.12                              |        |        | 2.08                              |       |       |
| Contenido de Humedad                    | Arriba                            | Medio  | Abajo  | Arriba                            | Medio  | Abajo  | Arriba                            | Medio | Abajo |
| Peso de Capsula (g)                     | 71.33                             | 68.76  | 69.77  | 70.12                             | 73.67  | 72.09  | 28.51                             | 28.28 | 28.61 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (g)    | 116.75                            | 119.66 | 124.29 | 114.33                            | 123.90 | 129.70 | 78.25                             | 81.20 | 91.50 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (g)      | 113.38                            | 115.48 | 120.03 | 110.99                            | 119.55 | 125.10 | 73.70                             | 76.50 | 86.70 |
| Peso del Agua (g)                       | 3.37                              | 4.18   | 4.26   | 3.34                              | 4.35   | 4.60   | 4.55                              | 4.70  | 4.80  |
| Peso de la Muestra Seca (g)             | 42.05                             | 46.72  | 50.26  | 40.87                             | 45.88  | 53.01  | 45.19                             | 48.22 | 58.09 |
| Contenido de Humedad                    | 8.01%                             | 8.95%  | 8.48%  | 8.17%                             | 9.48%  | 8.68%  | 10.07%                            | 9.75% | 8.26% |
| Contenido de Humedad Promedio           | 8.48%                             |        |        | 8.78%                             |        |        | 9.36%                             |       |       |

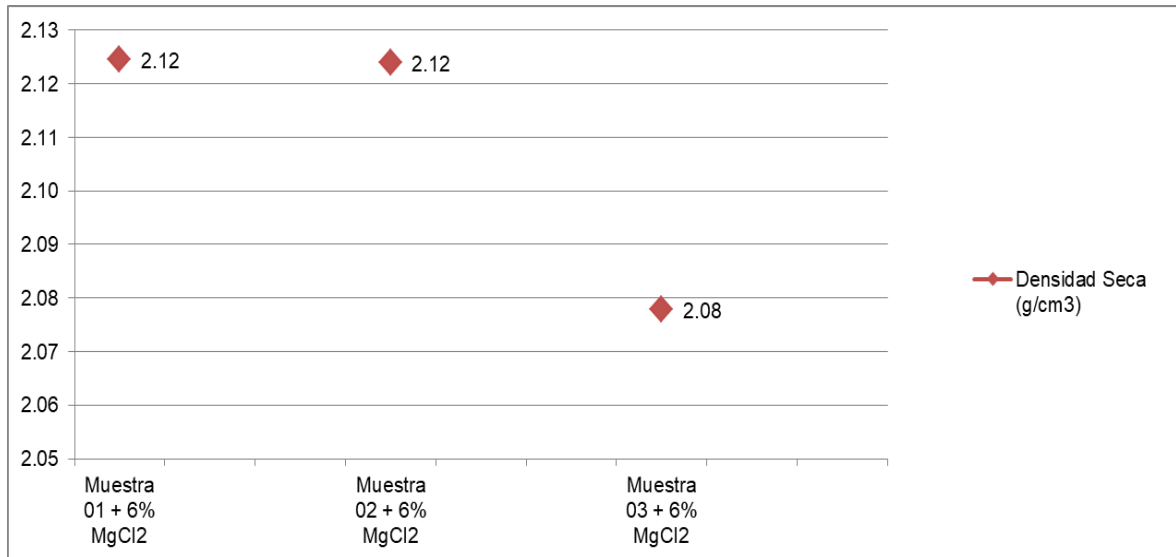
Fuente: Elaboración propia

## Interpretación

En la tabla 25 se puede observar el ensayo de compactación añadido bischofita de 6% para determinar la densidad seca máxima de la muestra siendo 2.12 g/cm<sup>3</sup> y contenido de humedad de 8.48% para 55 golpes.

**Figura 22**

*Ensayo de Compactación con Bischofita de 6% en Calicata 09*



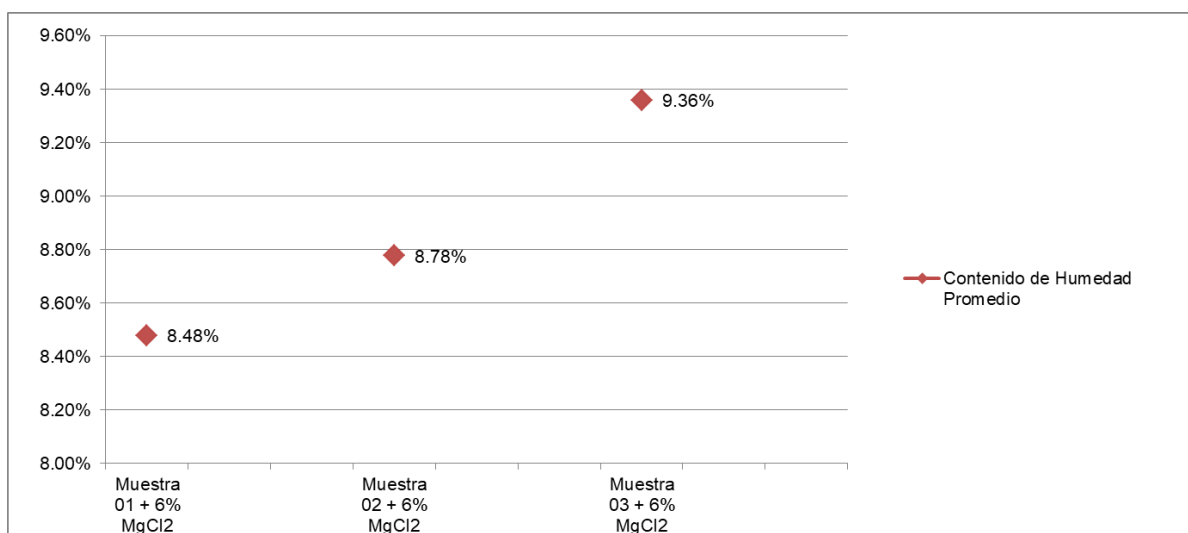
Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la figura 22 de la calicata 09 ubicada en la progresiva 09+600 se realizó el ensayo de compactación con muestra de suelo natural más 6%  $MgCl_2$ , obteniéndose una densidad seca máxima de 2.12  $g/cm^3$ .

**Figura 23**

*Ensayo de Contenido de Humedad con Bischofita de 6% en Calicata 09*



Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la figura 23 de la calicata 09 se puede observar el ensayo de contenido de humedad con muestra de suelo natural más 6%MgCl<sub>2</sub>, del cual el contenido de humedad es de 8.48% para 55 golpes.

**Tabla 26**

Resultados del Ensayo de CBR Muestra+6%MgCl<sub>2</sub>

| Número de Golpes | Expansión | Absorción |
|------------------|-----------|-----------|
| 55               | 1.51%     | 1.43%     |
| 26               | 1.96%     | 1.87%     |
| 12               | 2.27%     | 1.18%     |

|   |      |
|---|------|
| Densidad Seca Máxima (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.12 |
| 95% de la DSM (g/cm <sup>3</sup> )        | 2.02 |

| Número de Golpes | CBR    | Densidad Seca           |
|------------------|--------|-------------------------|
| 55               | 39.66% | 2.12 gr/cm <sup>3</sup> |
| 26               | 30.31% | 2.12 gr/cm <sup>3</sup> |
| 12               | 14.13% | 2.08 gr/cm <sup>3</sup> |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| CBR al 100% de la DSM | 39.66% |
| CBR al 95% de la DSM  | 37.67% |

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la calicata 09 con ubicación en la progresiva 09+600 se realizó el ensayo de CBR con bischofita muestra+6%MgCl<sub>2</sub>.

De los datos de la compactación se tienen que:

- La densidad seca máxima de la muestra de suelo fue de 2.12 cm<sup>3</sup>
- El contenido de humedad de la muestra de suelo fue de 8.48% para 55 golpes.

De la relación CBR con Bischofita Muestra+6%MgCl<sub>2</sub> y la densidad seca se observó que:

- El valor del CBR al 100% de la muestra de suelo+6%MgCl<sub>2</sub> fue de 39.66%

**Tabla 27**

Resumen de Ensayos CBR sin Bischofita y con Bischofita en Calicata 09

| Calicata    | CBR al 100% sin Bischofita | CBR al 100% con 2%MgCl <sub>2</sub> | CBR al 100% con 4%MgCl <sub>2</sub> | CBR al 100% con 6%MgCl <sub>2</sub> |
|-------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Calicata 09 | 39.15%                     | 39.40%                              | 40.29%                              | 39.66%                              |

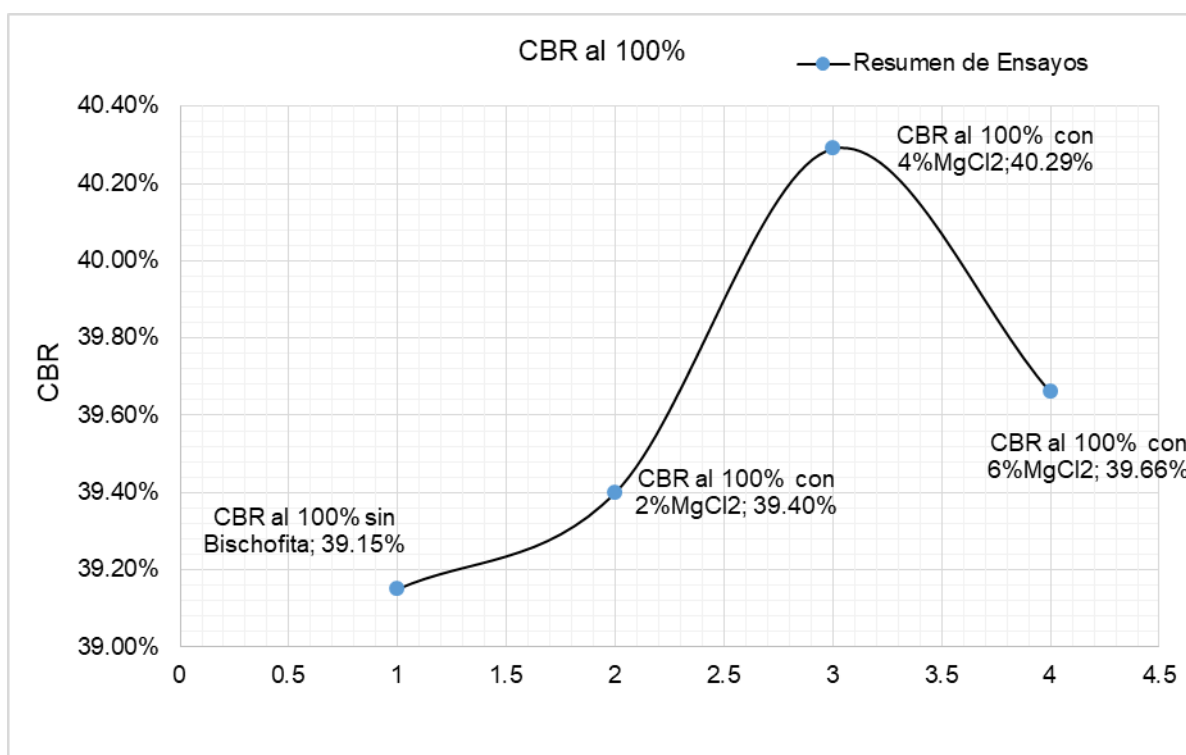
Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la presente tabla 27 donde se observa el CBR al 100 % de la densidad máxima seca, utilizando el 4% de MgCl<sub>2</sub>-6H<sub>2</sub>O añadido, donde se obtuvo que la muestra dio mejor resultado con una capacidad portante que mejoró de 39.15% a 40.29%.

**Figura 24**

Resumen de Ensayos CBR sin Bischofita y con Bischofita en Calicata 09



Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

Como se muestra en la figura 24 realizando el CBR al 100 % de la densidad máxima seca, utilizando el 4% de cloruro de magnesio como añadido se obtuvo que la muestra obtuvo mejor resultado con una capacidad portante de 40.29%.

**Tabla 28**

Ensayo de Abrasión los Ángeles – Calicata 09

| Calicata 09          |         |       |
|----------------------|---------|-------|
| Muestra N°           | 1       |       |
| Procedencia          | Aluvial |       |
| Tipo de muestra      | Crudo   |       |
| Gradación usada      | A       |       |
| No. de esferas       | 12      |       |
| No. de revoluciones  | 500     |       |
| Peso muestra inicial | (g)     | 5021  |
| Peso muestra final   | (g)     | 3985  |
| Pérdida              | (g)     | 1036  |
| Desgaste             | %       | 20.63 |

Fuente: Elaboración propia

### **Interpretación**

En la tabla 28 del ensayo de abrasión para la calicata 09 en el cual se añadió la bischofita se observó que el peso de la muestra inicial es de 5021 g y una vez sometida a la prueba se observa un peso de la muestra final de 3985 g, el cual nos indica que hubo una pérdida de 1036 g en un porcentaje de 20.63%, lo que nos indica que es apropiado para uso en la capa de rodadura.

**Tabla 29**

## Densidad in Situ Método Cono de Arena

| Norma Técnica MTC E 117, ASTM D 1556                           |                |                   |                |  |                   |
|--|----------------|-------------------|----------------|--|-------------------|
| Carril   | Sin Bischofita |                   | Con Bischofita |  |                   |
|  | 1              |                   | 1              |  |                   |
| P. inicial arena + frasco (Wo)                                 | 6588.00        | g                 | 6823.00        |  | g                 |
| P. final arena + frasco (Wf)                                   | 885.00         | g                 | 1803.00        |  | g                 |
| P. arena en cono y placa (Wc)                                  | 1608.00        | g                 | 1608.00        |  | g                 |
| P. unitario arena (yd)   | 1.39           | g/cm <sup>3</sup> | 1.39           |  | g/cm <sup>3</sup> |
| P. arena en hoyo (We)  | 4095.00        | g                 | 3412.00        |  | g                 |
| Volumen hueco (V)  | 2938.61        | cm <sup>3</sup>   | 2448.48        |  | cm <sup>3</sup>   |
| Recipiente N°  | D              |                   | D              |  |                   |
| P. total húmedo (Wth)  | 6602.00        | g                 | 5632.00        |  | g                 |
| P. recipiente (t)  | 212.00         | g                 | 212.00         |  | g                 |
| P. suelo húmedo (Wh)   | 6390.00        | g                 | 5420.00        |  | g                 |
| Volumen suelo húmedo (Vh)                                      | 2938.61        | cm <sup>3</sup>   | 2448.48        |  | cm <sup>3</sup>   |
| Densidad suelo húmedo (yh)                                     | 2.17           | g/cm <sup>3</sup> | 2.21           |  | g/cm <sup>3</sup> |
| Recipiente (capsula) N°  | G              |                   | G              |  |                   |
| P. total húmedo (Wth)  | 6602.00        | g                 | 5632.00        |  | g                 |
| P. total seco (Wts)  | 6368.00        | g                 | 5385.00        |  | g                 |
| P. recipiente (t) (capsula)                                    | 212.00         | g                 | 161.00         |  | g                 |
| P. agua (Ww)   | 234.00         | g                 | 247.00         |  | g                 |
| P. suelo seco (Ws)   | 6156.00        | g                 | 5224.00        |  | g                 |
| % humedad suelo (%w)   | 3.80           | %                 | 4.73           |  | %                 |
| Densidad suelo seco (yd)                                       | 2.09           | g/cm <sup>3</sup> | 2.11           |  | g/cm <sup>3</sup> |
| Densidad máxima proctor (y <sub>dmax</sub> )                   | 2.13           | g/cm <sup>3</sup> | 2.12           |  | g/cm <sup>3</sup> |
| Porcentaje exigido   | 100.00         | %                 | 100.00         |  | %                 |
| Porcentaje alcanzado   | 98.33          | %                 | 99.73          |  | %                 |
| Determinación de Contenido de Humedad MTC E 108 (ASTM D 2216 ) |                |                   |                |  |                   |
| Recipiente N°  | 1              |                   | 2              |  |                   |
| Peso de capsula (g)  | 212.00         |                   | 161.00         |  |                   |
| Peso de capsula + muestra húmeda (g)                           | 6602.00        |                   | 5632.00        |  |                   |
| Peso de capsula + muestra seca (g)                             | 6368.00        |                   | 5385.00        |  |                   |
| Peso del agua (g)  | 234.00         |                   | 247.00         |  |                   |
| Peso de la muestra seca (g)                                    | 6156.00        |                   | 5224.00        |  |                   |
| Contenido de Humedad   | 3.80%          |                   | 4.73%          |  |                   |

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación**

En la tabla 29 se observa la densidad de campo sin bischofita obteniéndose una densidad de 98.33% y la densidad de campo con bischofita Muestra+4%MgCl<sub>2</sub> alcanzo un 99.73%, notándose una mejor estabilización con esta última, al inicio de cada tramo en prueba.

**Tabla 30 Resumen Densidad in Situ Método Cono de Arena**

| Norma Técnica MTC E 117, ASTM D 1556 |        |                |   |  |        |                |   |
|--------------------------------------|--------|----------------|---|--|--------|----------------|---|
|                                      | Prueba | Sin Bischofita |   |  | Prueba | Con Bischofita |   |
| Porcentaje alcanzado                 | 1      | 98.33          | % |  | 4      | 99.73          | % |
| Porcentaje alcanzado                 | 2      | 98.86          | % |  | 5      | 99.62          | % |
| Porcentaje alcanzado                 | 3      | 98.94          | % |  | 6      | 99.68          | % |

Fuente: Elaboración propia

### **Interpretación**

En la tabla 30 se observa la densidad de campo sin bischofita y con bischofita cada 10 metros en ambos casos, teniendo como tramo experimental un total de 40 metros del cual los primeros 20 metros corresponde las pruebas del 1 al 3 sin bischofita y los siguientes 20 metros con bischofita en las pruebas 4 al 6.

### **4.2 Discusión de Resultados**

La presente investigación tuvo por objetivo determinar la efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la Carretera Vecinal no pavimentada Santa Rosa - Santiago - Ancobamba. El análisis se realizó a través de un diseño experimental, la variable independiente Cloruro de Magnesio Hexahidratado se evaluó para determinar el (%) valor del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) para muestras antes y después de ser sometidos a la aplicación de la bischofita, y ver cuál es su incidencia en la capa de rodadura en términos de resistencia y estabilidad.

Los resultados obtenidos del suelo (IP, CMO, PH, abrasión) y agua (PH, cloruros, sulfatos) utilizados para la construcción del suelo-cloruro de magnesio se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el MTC E 1109 y el Manual de Carreteras. Por lo tanto, el análisis y resultados obtenidos en la presente tesis son válidos.

Según constancia de uso y aplicación del producto Cloruro de Magnesio, en altura, la empresa IVARCON SAC realizó el "Suministro Asesoramiento en la Dosificación y Aplicación de 364 ton. de Bischofita en la U.M. Pucamarca - Tacna", ubicado en el

distrito de Palca a 4,500 msnm, tramo de 30 km.; asimismo, se utilizó el producto en minera las Bambas y Hudbay a una altitud de 4,000 msnm, que son los más cercanos al lugar de nuestra tesis.

Los estudios realizados por Monlux y Mitchell en el año 2006 muestran información acerca del desempeño y rentabilidad de aplicar cloruro de calcio y cloruro de magnesio a dos concentraciones (1.5% y 2% de cloruro puro en base al peso seco del agregado, con una superficie de dos pulgadas de profundidad de agregado triturado) en carreteras estatales y locales en Estados Unidos, evidenciando mejoras en el rendimiento de la superficie de la carretera para un total de 12 proyectos que fueron monitoreadas en dos temporadas. Por otro lado, también demuestra beneficios en términos económicos al reducirse los costos de mantenimiento, minimizar la pérdida de agregados, mejorar la calidad de conducción y reducir el polvo. A diferencia de Pumaricra en el 2019, que en su investigación “Cloruro de magnesio como aditivo en el tratamiento de las propiedades físico-mecánicas de la superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas”, no encontró mejoras significativas en las propiedades del material de cantera a ser usado en carreteras no pavimentadas, mencionando que el valor de su ensayo CBR disminuye a medida que se va incrementando el % de cloruro de magnesio, que pasó de 39.9% (muestra con 0% de  $MgCl_2$ ) a 11.06% (muestra con 6% de  $MgCl_2$ ). Sin embargo, estos resultados deben ser tomados con cuidado ya que cada obra y proyecto es único con sus propias particularidades.

Del mismo modo Hilario en el año 2015 realizó una investigación para determinar si el uso de cloruro de magnesio hexahidratado generaba beneficios para la conservación vial de caminos no pavimentados, concluyendo que la bischofita, entre los productos químicos más utilizados, si resulta beneficioso como agente estabilizador de capas de rodadura, fundamentando que entre sus propiedades se encuentra la capacidad de absorción y retención de la humedad ambiental, mayor tensión superficial del agua y reducción de la presión de vapor del agua, lo cual influye directamente en la durabilidad

de los caminos, ya que reduce notablemente el rápido deterioro superficial, mitigando los efectos ambientales nocivos.

Siguiendo este mismo análisis, Zambrano en el 2016, desarrolló una investigación sobre la que concluyó que la aplicación de cloruro de magnesio en concentraciones de 1%, 3% y 5% mejora la densidad seca máxima del suelo con un óptimo contenido de humedad menor, cuyas propiedades hacen que la superficie se cristalice, formando una película resistente a la abrasión de los neumáticos. Además de esto, reduce entre el 90% y 100% la emisión de polvo e influye directamente en la durabilidad de la carretera, disminuyendo así los mantenimientos en años posteriores.

Estos resultados, son contrastados en el presente estudio en cuyos resultados coincidimos con Monlux y Mitchell e Hilario, la incorporación de cloruro de magnesio hexahidratado resulta beneficioso como agente estabilizador de capas de rodadura, teniendo en nuestros resultados el CBR de 39.15% (muestra con 0% de  $MgCl_2$ ) a 40.29% (muestra con 4% de  $MgCl_2$ ) evidenciando el incremento del CBR en 1.14%. Discrepando con Pumaricra quien expresa que no encontró mejoras significativas en su ensayo CBR que disminuye a medida que se va incrementando el % de cloruro de magnesio, que pasó de 39.9% (muestra con 0% de  $MgCl_2$ ) a 11.06% (muestra con 6% de  $MgCl_2$ ), del mismo modo discrepamos con el análisis desarrollado por Zambrano en el 2017 que concluyó que la aplicación de cloruro de magnesio en concentraciones de 1%, 3% y 5% mejora la densidad seca máxima del suelo, en nuestro caso tenemos como resultado al 0%(2.13g/cm<sup>3</sup>), 2%(2.10g/cm<sup>3</sup>), 4%(2.12g/cm<sup>3</sup>) y 6%(2.12g/cm<sup>3</sup>), mostrando un ligera disminución en el resultado.

Coincidiendo con la investigación de Jiménez en el 2014, en su investigación para analizar y evaluar el desempeño estructural del suelo estabilizado con cloruro de magnesio concluyó que estabilizar químicamente los suelos los mejora, porque los transforma en una base impermeable, flexible y resistente. Si bien es cierto, la inversión

es mayor al inicio del proyecto, estos son compensados enormemente con los mantenimientos post ejecución. Al igual que en la presente investigación coexiste con los resultados del beneficio del cloruro de magnesio como agente estabilizador de suelos.

#### **4.3. Prueba de hipótesis**

##### **A. Planteamiento de la hipótesis**

**Ha:** Se logrará una estabilización de la capa de rodadura, incorporando el cloruro de magnesio hexahidratado en la Carretera Vecinal no pavimentadas Santa Rosa- Santiago- Ancobamba.

**Ho:** No se logrará una estabilización de la capa de rodadura incorporando el cloruro de magnesio hexahidratado en la Carretera Vecinal no pavimentadas Santa Rosa- Santiago- Ancobamba.

#### **II. Regla para tomar decisión estadística**

- Si el valor  $p > 0.05$ , se aceptará la hipótesis nula ( $H_0$ )
- Si el valor  $p < 0.05$ , se aceptará la hipótesis alternativa ( $H_a$ )

#### **III. Estadística de contraste de hipótesis.**

- Los resultados respecto a la variable del cloruro de magnesio utilizando la prueba "t" fueron:

$$X_1 \text{ (con bischofita) } = 3$$

$$X_2 \text{ (sin bischofita) } = 3$$

$$\text{Valor } t = - 4,982 \text{ (significancia menor de } 0.05)$$

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

$$\text{Grado de libertad} = 4$$

**Tabla 31** Estadística de grupo

|                      | Cono de Arena  | N | Media   | Desv. Desviación | Desv. Error promedio |
|----------------------|----------------|---|---------|------------------|----------------------|
| Porcentaje Alcanzado | Sin bischofita | 3 | 98,7100 | 0,33151          | 0,19140              |
|                      | Con bischofita | 3 | 99,6767 | 0,05508          | 0,03180              |

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación**

En la tabla 31 se puede observar la media de porcentaje alcanzado sin bischofita y con bischofita.

**Tabla 32** Prueba de muestras independientes

|                      |                                | Prueba de Levene de igualdad de varianzas |       | prueba t para la igualdad de medias |       |                  |                      |                              |  |          |
|----------------------|--------------------------------|---|-------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
|                      |                                | F   | Sig.  | t                                   | gl    | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |          |
|                      |                                |   |       |                                     |       |                  |                      |                              | Inferior                                       | Superior |
| Porcentaje alcanzado | Se asumen varianzas iguales    | 9,596                                     | 0,036 | -4,982                              | 4     | 0,008            | -0,9667              | 0,19402                      | -1,50536                                       | -0,42798 |
|                      | No se asumen varianzas iguales |   |       | -4,982                              | 2,110 | 0,034            | -0,9667              | 0,19402                      | -1,76102                                       | -0,17232 |

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación**

En la tabla 32 se observa lo siguiente:

- Al realizar el contraste de hipótesis se acepta la Hipótesis alterna ( $H_a$ ) por el valor "t" igual a - 4,982 (significancia menor de 0.05).
- Con un nivel de significación de 0,034 se rechaza la hipótesis nula, que afirma que no se logrará una estabilización de la capa de rodadura incorporando el cloruro de magnesio hexahidratado en la Carretera Vecinal no pavimentadas Santa Rosa- Santiago- Ancobamba.

- De acuerdo a la hipótesis general del estudio, la variable carpeta o capa de rodadura está relacionada con factores asociados como el cloruro de magnesio hexahidratada para mejorar las propiedades físico mecánicas de la red vial no pavimentada. Del mismo modo, la presente investigación comprueba la efectividad de la bischofita como un agente estabilizador de la carpeta de rodadura de carreteras no pavimentadas, representando una diversificación para los métodos tradicionales de conservación vial.

## **Conclusiones**

- La presente investigación llevó a determinar que si existe beneficios estructurales con la incorporación del cloruro de magnesio hexahidratado en la carpeta de rodadura de

la carretera vecinal no pavimentada Santa Rosa- Santiago-Ancobamba. Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada inicialmente. Esto se apoya sobre una base experimental reflejando una relación significativa entre el cloruro de magnesio hexahidratado y las propiedades físico – mecánicas del material. El valor del CBR al 100% de la muestra de suelo de la calicata 09 sin bischofita fue de 39.15% (tabla 10), mientras que el valor del CBR al 100% con bischofita al 4% fue de 40.29% (tabla 12) y en la densidad seca al 100% con un valor de 2.13g/cm<sup>3</sup> a 2.12g/cm<sup>3</sup>. Evidenciado así la efectividad por el aumento de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante en 1.14%.

- De acuerdo a los resultados, el comportamiento físico mecánico de los suelos para el estabilizado con cloruro de magnesio hexahidratado se ha visto mejorada en la muestra de la calicata 09, esto se fundamenta en el incremento del valor (%) del CBR que de acuerdo con el manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para valores (%) de CBR mayores a 20 el comportamiento de la subrasante es muy buena. Los beneficios funcionales que genera el cloruro de magnesio hexahidratado como agente estabilizador de la carpeta de rodadura, que se determinaron luego del análisis de datos, son: uniformizar la superficie de rodadura, minimizar el deterioro de la carretera vecinal no pavimentada, suprimir el polvo generado por el tránsito vehicular, estableciendo así una condición de funcionalidad en términos de niveles de servicio.
- Analizando las características físico y mecánico de suelos estabilizados con cloruro de magnesio hexahidratado se concluye con que las propiedades de la muestra de la calicata 9 son las más adecuadas para estabilizar la capa de rodadura por lo cual se obtuvo un valor CBR de 39.15% (tabla 19) al 100% de la densidad máxima seca siendo el más alto de todas las demás calicatas.
- Se desprende de los resultados que, de la calicata de inspección 09 con 03 muestras de suelo natural y tres muestras con porcentajes de bischofita (2% MgCl<sub>2</sub>, 4%MgCl<sub>2</sub> y 6%MgCl<sub>2</sub>), la muestra recomendada de bischofita es con adición al 4% que presenta un CBR de 40.29%, una densidad seca máxima de 2.12 g/cm<sup>3</sup>, a partir de un

contenido de humedad óptimo de 8.71%, siendo está la más adecuada para estabilizar la capa de rodadura en carreteras vecinales no pavimentadas, lo que probablemente sea un indicador de que la efectividad de este compuesto está supeditado a más factores externos.

### **Recomendaciones**

- Para determinar la efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado, realizar el muestreo de acuerdo con los protocolos de calidad sugeridos para cada ensayo, de tal manera que se garantice resultados confiables para una toma de decisiones e interpretación de datos.
- Para determinar los beneficios funcionales que tiene el cloruro de magnesio hexahidratado se recomienda en futuras investigaciones abordar como factor externo como las precipitaciones pluviales, ya que la incidencia de cloruro de magnesio hexahidratado en la carpeta de rodadura generalmente es en zonas rurales cuyas carreteras no son pavimentadas y donde la lluvia juega un rol importante.
- Para analizar el comportamiento físico y mecánico de suelos estabilizados se recomienda realizar un estudio sobre los productos que podrían reemplazar al Cloruro de Magnesio Hexahidratado y hacer un análisis comparativo en términos técnicos, económicos y ambientales.
- Se recomienda realizar pruebas con porcentajes de bischofita diferentes tales como (1.5%  $MgCl_2$ , 3%  $MgCl_2$  y 5%  $MgCl_2$ ).

### **Bibliografía**

Anticona, L. P. (2012). Innovación metodológica para evaluar superficie estabilizada con cloruro de magnesio aplicación vía de acceso a Caral (Km05+000 – Km 15+000)

- [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Universidad Nacional de Ingeniería. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1243>
- Araujo, C. P., & Vera, W. J. (2017). Evaluación del comportamiento de la superficie de rodadura a nivel de afirmado estabilizado con cloruro de magnesio hexahidratado (ocoña – piuca / camaná – arequipa) [Tesis de titulación, Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio Universidad de San Martín de Porres. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/3236>
- Araya, M. L., (2010). Análisis comparativo para ejecución de estabilización de suelos, entre procesos tradicionales y el estabilizador de suelos Soiltac. [Tesis de titulación, Universidad Austral de Chile]. Repositorio <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmficia663a/doc/bmficia663a.pdf>
- ASTM Internacional (2002). ASTM E867-97 Terminology Relating to Vehicle- Pavement Systems. West Conshohocken, PA, USA.
- Bañón, L., y Beviá García, J. F. (2000). Manual de carreteras. Elementos y Proyecto. Tomo I. Ortiz e Hijos, Construcciones (Alicante)
- Gutiérrez, C. A. (2010). Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas Comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio. [Tesis de titulación, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Universidad Ricardo Palma. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/116>
- Hernández, R. (2014). Metodología de la Investigación (Vol. Sexta Edición). México D.F. Interamericana Editores.
- Hilario, F. (2015). Aplicación y evaluación de cloruro de magnesio hexahidratado (Bischofita) como tratamiento y estabilizador de la capa de rodadura granular aplicado en el tramo de la carretera Espinar – Tintaya Marquiri. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/213>

- Huezo, H. M., & Orellana, A. C. (2009). Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en El Salvador. [Tesis de titulación, Universidad de El Salvador]. Repositorio Universidad de El Salvador. [http://ri.ues.edu.sv/2138/1/Gu%C3%ADa\\_b%C3%A1sica\\_para\\_estabilizaci%C3%B3n\\_de\\_suelos\\_de\\_cal\\_en\\_caminos\\_de\\_baja\\_intensidad\\_vehicular\\_en\\_El\\_Salvador.pdf](http://ri.ues.edu.sv/2138/1/Gu%C3%ADa_b%C3%A1sica_para_estabilizaci%C3%B3n_de_suelos_de_cal_en_caminos_de_baja_intensidad_vehicular_en_El_Salvador.pdf)
- Jara, A. (2014). Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/686>
- Jiménez, M. E. (2014). Diagnostico estructural de afirmado estabilizado con cloruro de magnesio mediante el modelo matematico de Hogg y Viga Benkelman. [Tesis de titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/325860>
- Juárez, E. & Rico, A. (2011). Mecánica de suelos: Fundamentos de la mecánica de suelos. México: Editorial Limusa.
- Mecánica de suelos. (2011). Sistema SUCS de clasificación de suelos. <https://mecanicadesuelos.files.wordpress.com/2011/03/clasif1.png>
- Ministerio de Transportes y Comunicación (MTC). (2014). Manual de Ensayo de Materiales. Servicios Gráficos Squadrito EIRL.
- Ministerio de Transportes y Comunicación (MTC). (2016). Manual de Carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos). Servicios Gráficos Squadrito EIRL.
- Monlux y Mitchell. (2006). Surface-aggregate stabilization with chloride materials. U.S. Department of Agriculture. United states.
- Miranda, J. E., & Negrete, D. F. (2011). Estabilización de suelos cohesivos con el uso de cloruro de calcio. . [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].

- Repositorio Universidad Pontificia Universidad Católica del Ecuador.  
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/12736>
- Pumaricra, D. P. (2019). Cloruro de magnesio como aditivo en el tratamiento de las propiedades físico-mecánicas de la superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas. [Tesis de titulación, Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas]. Repositorio Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas. <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1660>
- Roldán, J. (2010). Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases. [Tesis de titulación, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Universidad de San Carlos de Guatemala. [http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44901326/COLORUR\\_O\\_DE\\_CALCIO.pdf](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44901326/COLORUR_O_DE_CALCIO.pdf)
- Sagastegui, G. (2016). Eficiencia de la conservación vial, empleando aditivos químicos en superficies de rodadura en carretera no pavimentada : ascope - contumaza. [Tesis de titulación, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Universidad Privada Antenor Orrego. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/2541>
- Sayers M, Gillespie T, Queiroz C. (1986). World Bank Technical Paper Number 45: The International Road Roughness Experiment. Washington D.C., USA.
- Thenoux, G., y Vera, S. (2003): Guía para la aplicación de roadmag como estabilizador de caminos no pavimentados. Centro de Ingeniería e Investigación Vial, DICTUC, Santiago de Chile.
- The World Bank. (2016). World Development Indicators 2016. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0683-4>
- Vera, J. C. (2015). Mejoramiento con emulsiones asfálticas de bases granulares, para pavimento en la región Lambayeque. [Tesis de titulación, Universidad Nacional

Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.  
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/612>

Cavieres, W. P. (2008). Comportamiento de las soluciones básicas de carpetas de rodadura aplicadas a caminos de bajo tránsito. [Tesis de titulación, Universidad de Chile]. Repositorio Universidad de Chile.  
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103143>

Zambrano, J. E. (2016). Estabilización química con Cloruro de Magnesio en el diseño del camino - Villa las Orquídeas - Puente Piedra en el 2016. [Tesis de titulación, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Universidad Cesar Vallejo.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1541>

## **ANEXOS**

## Matriz de Consistencia

| Título: Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes – 2019 |   |  |   |                               |  |  |
|---|---|--|---|-------------------------------|--|--|
| <i>Planteamiento del problema</i>   |   | <i>Variables e Indicadores</i>   |   |                               |  |  |
| Problema General  | <i>Objetivos de la Investigación</i>  | <i>Hipótesis de Investigación</i>  | V1: Cloruro de Magnesio                       |                               | <i>Ítems</i>   | <i>Metodología de la Investigación</i>   |
|   |   |  | Dimensiones                                   | Indicadores                   |  |  |
| ¿Qué efectividad se logrará incorporando el cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la Carretera Vecinal Santa Rosa –Santiago-Ancobamba?                                 | Determinar la efectividad que se logrará incorporando el cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la Carretera Vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba. | La efectividad que se lograra con la incorporación uso del cloruro de magnesio hexahidratado genera varios beneficios estructurales en la estabilización de la capa de rodadura en vías no pavimentadas Santa Rosa-Santiago, Ancobamba | Densidad máxima y optimo contenido de humedad | Ensayo compactación o proctor | ¿Cuál es la densidad máxima y el óptimo contenido de humedad del suelo estabilizado con cloruro de magnesio? | Tipo de Investigación<br>El presente Proyecto, tiene un tipo de investigación aplicada |

Problemas Específicos

|   |  |  |   |  |  |  |
|---|--|--|---|--|--|--|
| <p>¿Cuáles son los beneficios que tiene el cloruro de magnesio aplicado como estabilizador de capa de rodadura en Carreteras Vecinales no pavimentadas?</p> | <p>Determinar los beneficios que tiene el cloruro de magnesio hexahidratado aplicado como estabilizador de capa de rodadura en Carreteras Vecinales no pavimentadas.</p> | <p>El uso de cloruro de magnesio como estabilizador químico de suelos genera varios beneficios funcionales en la capa de rodadura en vías no pavimentadas</p>  | <p>Resistencia al esfuerzo cortante</p> | <p>Ensayo de california Bearing Ratio(CBR)</p>                     | <p>¿Cuál es la resistencia al esfuerzo cortante del suelo estabilizado con cloruro de magnesio?</p>                                | <p>Diseño de investigación Este presente trabajo se basa en Diseño Experimental.</p>           |
| <p>¿Cuál es el comportamiento físico y mecánico de suelos estabilizados con cloruro de magnesio?</p>  | <p>Determinar y analizar el comportamiento físico y mecánico de suelos estabilizados con cloruro de magnesio hexahidratado.</p>  | <p>Las desventajas que tiene el cloruro de magnesio como estabilizador químico en la capa de rodadura de las vías no pavimentadas se pueden controlar y ser disminuidas con un adecuado mantenimiento y supervisión de la vía.</p> | <p>Resistencia a la Abrasión</p>        | <p>Antecedentes de anteriores obras estabilizadas químicamente</p> | <p>¿Explicar los resultados obtenidos en antecedentes anteriores de obras de carreteras estabilizadas con cloruro de magnesio?</p> | <p>Nivel de investigación Esta investigación se basa en el Nivel Descriptivo y Explicativo</p> |

|   |   |  |  |   |  |
|---|---|--|--|---|--|
| ¿Qué porcentaje de cloruro de magnesio es el más adecuado para estabilizar la capa de rodadura en Carreteras Vecinales no pavimentadas? | Determinar qué porcentaje de cloruro de magnesio Hexahidratado es el más adecuado para estabilizar la capa de rodadura en vías no pavimentadas. | El porcentaje de cloruro de magnesio que necesita el diseño de Carreteras Vecinales no pavimentadas es económicamente favorable. | Propiedades químicas del cloruro de magnesio | ¿Cuáles son las propiedades químicas del cloruro de magnesio que ayudan a mejorar la resistencia a la abrasión? |  |
| V2: Capa de rodadura  |   |  |  |   |  |
| ¿Cuál es el comportamiento físico y mecánico de suelos estabilizados con cloruro de magnesio?   | Analizar el comportamiento físico y mecánico de suelos estabilizados con cloruro de magnesio Hexahidratado                                      | El porcentaje de cloruro de magnesio que necesita el diseño de vías no pavimentadas es económicamente favorable                  | Parámetros geotécnicos                       | Ensayo de análisis granulométrico por tamizado  | ¿Cuál es el tipo de suelo en estudio?  |
|   |   |  |  | Ensayo de límites de consistencia   | ¿Cuáles son los límites de consistencia y contenido de humedad del suelo en estudio? |
|   |   |  |  | Ensayo de contenido de humedad  |  |
|   |   |  |  | Ensayo de CBR   | ¿Cuál es el CBR y ensayo de cono de arena del suelo en estudio?                      |
|   |   |  |  | Ensayo de cono de arena   |  |

## Instrumento de recolección de información



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Proyecto :** "Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes – 2019"

**Ubicación :** CHAPIMARCA - AYMARAES - APURIMAC

**Progresiva :** 09 + 600

**Calicata :** 09

**Profundidad :** 1.50 m

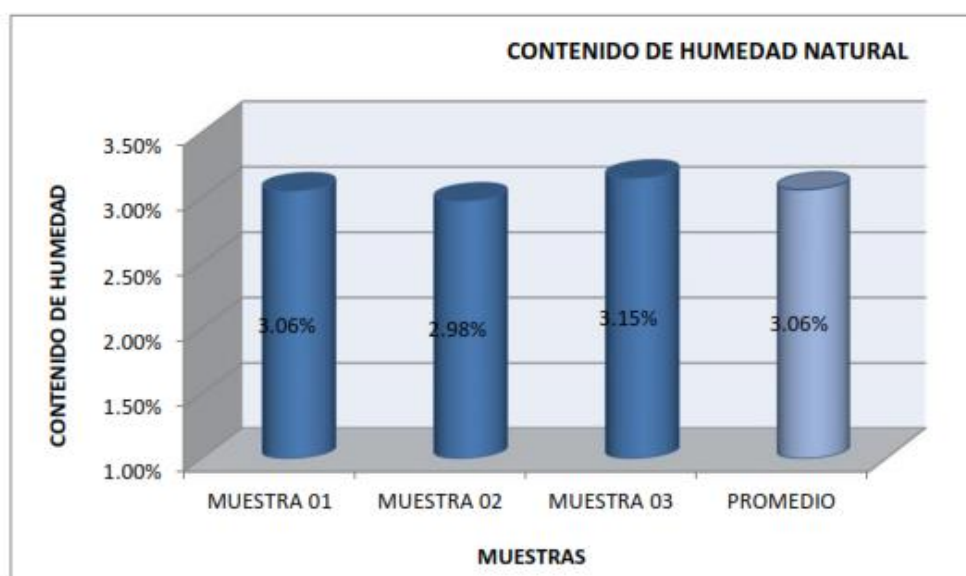
**Muestra :** Sub Rasante

**Fecha :** miércoles, 7 de Agosto de 2019

### CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

MTC E 108 - 2016, Basado en la Norma ASTM D-2216

| DESCRIPCIÓN                           | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|
| Peso de Capsula (gr)                  | 28.21      | 28.51      | 69.11      |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 78.13      | 88.32      | 124.72     |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)   | 76.65      | 86.59      | 123.02     |
| Peso del Agua (gr)                    | 1.48       | 1.73       | 1.70       |
| Peso de la Muestra Seca (gr)          | 48.44      | 58.08      | 53.91      |
| Contenido de Humedad                  | 3.06%      | 2.98%      | 3.15%      |



**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 3.06%**



**Proyecto :** "Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaras - 2019"

**Ubicación :** CHAPMARCA - AYMARAS - APURIMAC

**Progresiva :** 09 + 600

**Calicata :** 09

**Profundidad :** 1.50 m

**Muestra :** Sub Rasante

**Fecha :** miércoles, 7 de Agosto de 2019

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

MTC E 107 - 2016, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

**Peso de la Muestra Seca Antes del Lavado**

= 5091.80 gr

**Peso de la Muestra Seca Después del Lavado = 4857.80 gr**

| TAMIZ Nº | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO(gr) | PESO QUE PASA(gr) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|----------|---------------|-------------------|-------------------|------------|------------|
| 3"       | 75            | 0.00              | 5091.8            | 0.00%      | 100.00%    |
| 2"       | 50.8          | 64.70             | 5027.10           | 1.27%      | 98.73%     |
| 1½"      | 38.1          | 68.40             | 4958.70           | 1.34%      | 97.39%     |
| 1"       | 25.4          | 672.30            | 4286.40           | 13.20%     | 84.18%     |
| ¾"       | 19            | 424.90            | 3861.50           | 8.34%      | 75.84%     |
| 3/8"     | 9.5           | 877.00            | 2984.50           | 17.22%     | 58.61%     |
| Nº 4     | 4.76          | 913.10            | 2071.40           | 17.93%     | 40.68%     |
| Nº 10    | 2             | 781.10            | 1290.30           | 15.34%     | 25.34%     |
| Nº 20    | 0.840         | 495.30            | 795.00            | 9.73%      | 15.61%     |
| Nº 40    | 0.425         | 278.80            | 516.20            | 5.48%      | 10.14%     |
| Nº 60    | 0.260         | 151.60            | 364.60            | 2.98%      | 7.16%      |
| Nº 100   | 0.150         | 145.50            | 219.10            | 2.86%      | 4.30%      |
| Nº 200   | 0.075         | 124.90            | 94.20             | 2.45%      | 1.85%      |
| Cazuela  | -             | 91.50             | -                 | 1.80%      | -          |
| Lavado   | -             | 234.0             | -                 | 0.05%      | -          |

Total Fracción Retenida en Lavado =

2.70

100.00%

Gradación: T0 y T1

| TAMIZ Nº          | LIM. INFERIOR | LIM. SUPERIOR |
|-------------------|---------------|---------------|
| 3" (75 mm)        | 100%          | 100%          |
| 1½" (37.5 mm)     | 82%           | 92%           |
| ¾" (19 mm)        | 50%           | 80%           |
| 3/4" (19 mm)      | 42%           | 76%           |
| Nº 4 (4.76 mm)    | 30%           | 64%           |
| Nº 8 (2.36 mm)    | 20%           | 50%           |
| Nº 16 (1.18 mm)   | 16%           | 42%           |
| Nº 30 (0.6 mm)    | 11%           | 28%           |
| Nº 200 (0.075 mm) | 4%            | 12%           |

% de Error en Peso = -4.76%

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra

% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 59.32%

% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 38.83%

% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 1.85%

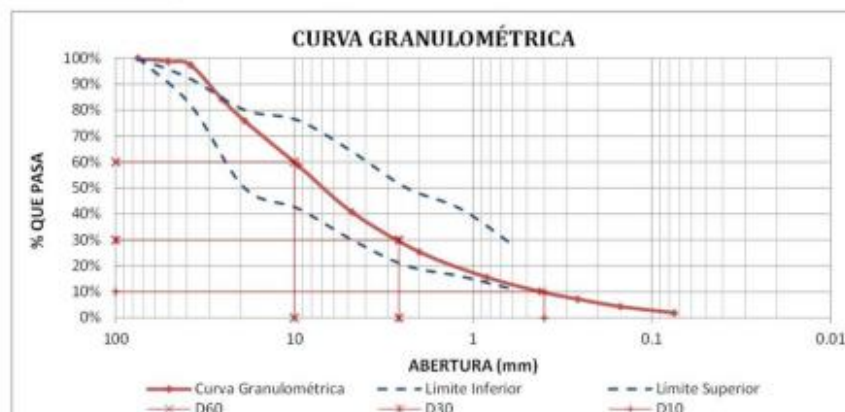
Total: 100.00%

Fracción Gruesa

% de grava = 60.44%

% de arena = 39.56%

Total = 100.00%



**D60 :**  
10.00 mm

**D30 =**  
2.60 mm

**D10 =**  
0.40 mm

**Cu =**  
25.00 mm

**Cc =**  
1.69 mm



**Proyecto :** "Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaras - 2019"

**Ubicación :** CHAPIMARCA - AYMARAS - APURIMAC  
**Progresiva :** 09 + 600  
**Calicata :** 09  
**Profundidad :** 1.50 m  
**Muestra :** Sub Rasante  
**Fecha :** miércoles, 7 de Agosto de 2019

**LÍMITE LÍQUIDO**

MTC E 110 - 2016, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

| DESCRIPCIÓN                           | MUESTRA 01    | MUESTRA 02    | MUESTRA 03    | MUESTRA 04 |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|------------|
| Peso de Capsula (gr)                  | 28.63         | 28.50         | 28.16         |            |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 49.33         | 50.14         | 49.42         |            |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)   | 44.24         | 44.89         | 44.32         |            |
| Peso del Agua (gr)                    | 5.09          | 5.25          | 5.10          |            |
| Peso de la Muestra Seca (gr)          | 15.61         | 16.39         | 16.16         |            |
| <b>Contenido de Humedad</b>           | <b>32.61%</b> | <b>32.03%</b> | <b>31.56%</b> |            |
| <b>Número de Golpes</b>               | <b>22</b>     | <b>29</b>     | <b>34</b>     |            |



**LÍMITE PLÁSTICO**

MTC E 111 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

| DESCRIPCIÓN                           | MUESTRA 01    | MUESTRA 02    | MUESTRA 03    |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Peso de Capsula (gr)                  | 28.67         | 28.57         | 28.21         |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 34.41         | 34.08         | 33.56         |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)   | 33.26         | 33.04         | 32.59         |
| Peso del Agua (gr)                    | 1.15          | 1.04          | 0.97          |
| Peso de la Muestra Seca (gr)          | 4.59          | 4.47          | 4.38          |
| <b>Contenido de Humedad</b>           | <b>25.05%</b> | <b>23.27%</b> | <b>22.15%</b> |





\*Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Saaita Itosca-Santiago-Ancobamba, distrito de Chigüinmarca, provincia de Aymaraes – 2019\*

Proyecto : CHAPIMARCA - AYMARAES - APURIMAC  
Ubicación : CHAPIMARCA - AYMARAES - APURIMAC  
Provincia : Cuzco + Cuzco  
Callejón : Cuzco

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUICS)

ASTM D-2487

| DATOS PARA CLASIFICACIÓN   |            |
|----------------------------|------------|
| De Granulometría           |            |
| % de Gruesos =             | 98.15%     |
| % de Finos =               | 1.85%      |
| Totales =                  | 100.00%    |
| % de Grava =               | 59.32%     |
| % de Arena =               | 38.83%     |
| Totales =                  | 98.15%     |
| Fracción Gruesa            |            |
| % de Grava =               | 60.44%     |
| % de Arena =               | 39.56%     |
| Totales =                  | 100.00%    |
| Coeficientes               |            |
| Cu =                       | 25.00      |
| Ct =                       | 1.690      |
| De Límites de Consistencia |            |
| LI =                       | 32.33%     |
| IP =                       | 23.49%     |
| IP =                       | 8.84%      |
| Otros Datos                |            |
| Tipo =                     | Inorgánico |

| CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO |  | SÍMBOLO DE GRUPO | NOMBRE DE GRUPO                 |
|--|--|------------------|---------------------------------|
| <b>GRAVAS LIMPIAS</b>  |  | GW               | Grava bien graduada             |
| Menos del 5% pasa la malla Nº 200  |  | GP               | Grava mal graduada              |
| Cu < 4 ó 1 < Cc > 3  |  | GM               | Grava limosa                    |
| IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad  |  | GC               | Grava arcillosa                 |
| IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad   |  | GC - GM          | Grava limosa arcillosa          |
| 4 < IP < 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad   |  | GW - GM          | Grava bien graduada con limo    |
| Cumple los criterios para GW y GM  |  | GW - GC          | Grava bien graduada con arcilla |
| <b>GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS</b>  |  | GP - GM          | Grava mal graduada con limo     |
| Entre el 5 y 12% pasa malla Nº 200   |  | GP - GC          | Grava mal graduada con arcilla  |
| Cumple los criterios para GP y GC  |  | SW               | Grava bien graduada             |
| Cu < 6 ó 1 < Cc > 3  |  | SP               | Arena mal graduada              |
| <b>ARENAS LIMPIAS</b>  |  | SM               | Arena limosa                    |
| Menos del 5% pasa la malla Nº 200  |  | SC               | Arena arcillosa                 |
| IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad  |  | SW - SM          | Arena limosa arcillosa          |
| IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad   |  | SW - SC          | Arena bien graduada con limo    |
| 4 < IP < 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad   |  | SP - SM          | Arena mal graduada con limo     |
| Cumple los criterios para SW y SM  |  | SP - SC          | Arena mal graduada con arcilla  |
| <b>ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS</b>  |  | ML               | Limo de baja plasticidad        |
| Entre el 5 y 12% pasa malla Nº 200   |  | CL - ML          | Arquilla de bajo plasticidad    |
| Cumple los criterios para SW y SC o para SP y SC   |  | OL               | Limo orgánico                   |
| Entre el 5 y 12% pasa malla Nº 200   |  | OH               | Arquilla orgánica               |
| Cumple los criterios para SP y SM  |  | IMH              | Limo de alta plasticidad        |
| Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM  |  | CH               | Arquilla de alta plasticidad    |
| Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM  |  | OH               | Limo orgánico                   |
| IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad  |  | PI               | Turba                           |
| IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad   |  |                  |                                 |
| 4 < IP < 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad   |  |                  |                                 |
| <b>LIMOS Y ARCILLAS</b>  |  |                  |                                 |
| Límite Líquido menor que 50  |  |                  |                                 |
| Inorgánicos  |  |                  |                                 |
| Orgánicos  |  |                  |                                 |
| <b>SUELOS DE PARTICULAS FINAS</b>  |  |                  |                                 |
| El 50% o más pasa la malla Nº 200  |  |                  |                                 |
| Límite Líquido no superior < 0.75  |  |                  |                                 |
| Límite Líquido no superior < 0.75  |  |                  |                                 |
| Límite Líquido no superior < 0.75  |  |                  |                                 |
| Límite Líquido no superior < 0.75  |  |                  |                                 |
| <b>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</b>  |  |                  |                                 |
| Principalmente materia orgánica de color oscuro  |  |                  |                                 |

GW = Grava bien graduada arenas

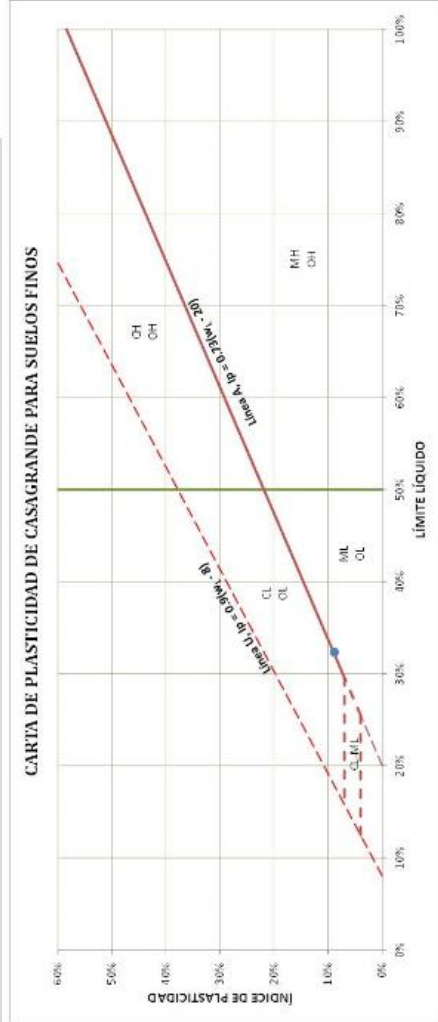
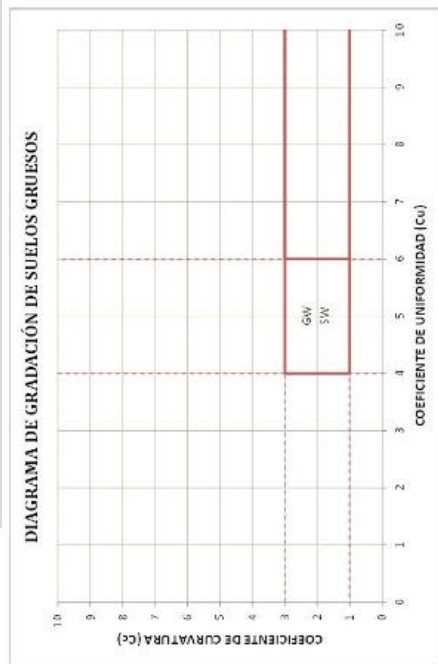
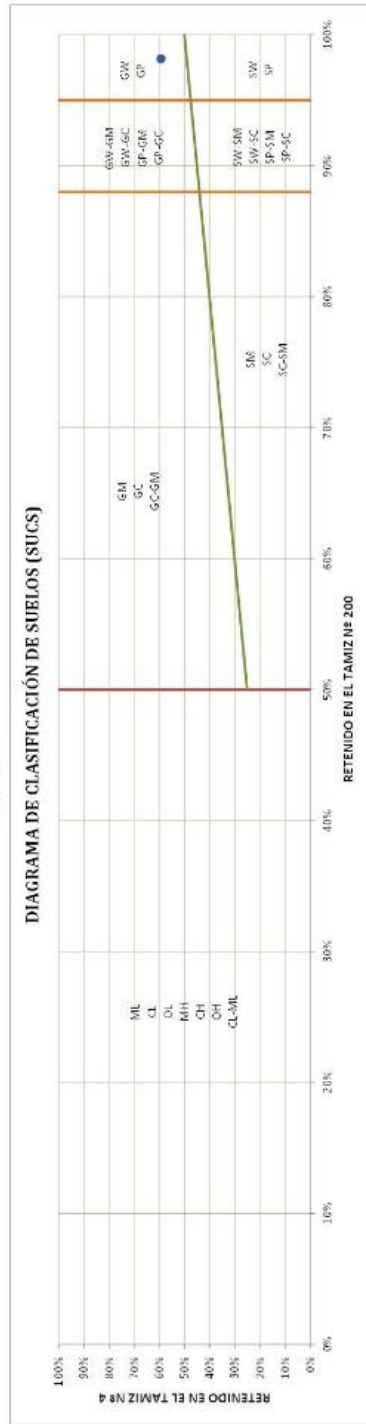
El Equipo Ideal de Compactación que recomienda la ASTM para este tipo de suelo es: Tractor tipo oruga, rodillo de neumáticos, rodillo con ruedas de acero

\*Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chajamarca, provincia de Ayacucho – 2019\*

Proyecto : CHAJAMARCA - AYACUCHO - APURIMAC  
 Ubicación : CHAJAMARCA - AYACUCHO - APURIMAC  
 Progresivo : 05 + 600  
 Calizana : 05

**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)**

ASTM D-2487





Proyecto : "Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Ayacucho – 2019"  
Ubicación : CHAPIMARCA - AYACUCHO - APURIMAC  
Progresiva : 09 + 600  
Calicata : 09

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO**  
AASHTO M-145

| DATOS PARA CLASIFICACIÓN           |                            |                   |
|------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| De Granulometría                   | De Límites de Consistencia | Otros Datos       |
| % que pasa el tamiz Nº 10 = 25.34% | LL = 32.35%                | Tipo = Inorgánico |
| % que pasa el tamiz Nº 40 = 10.14% | LP = 23.49%                |                   |
| % que pasa el tamiz Nº 200 = 1.85% | IP = 8.84%                 |                   |

| CLASIFICACIÓN GENERAL                                   | MATERIALES GRANULARES<br>(35% o menos pasa el tamiz Nº 200) |  |                    |                                     |  |                             | MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS<br>(más del 35% pasa el tamiz Nº 200) |                    |                    |                    |
|---|---|--|--------------------|-------------------------------------|--|-----------------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|
|   | A-1   |  | A-3                | A-2                                 |  | A-2                         | A-4  | A-5                | A-6                | A-7                |
| GRUPOS  | A-1-a   |  | A-3                | A-2-5                               |  | A-2                         | A-4  | A-5                | A-6                | A-7                |
| SUB - GRUPOS  | A-1-b   |  | A-3                | A-2-4                               |  | A-2-6                       | A-4  | A-5                | A-6                | A-7-5<br>A-7-6     |
| % que pasa el tamiz:<br>Nº 10<br>Nº 40<br>Nº 200        | 50 máx.<br>30 máx.<br>15 máx.                               |  | 51 mín.<br>10 máx. | 35 máx.<br>35 máx.                  |  | 35 máx.                     | 36 mín.<br>36 mín.   | 36 mín.<br>36 mín. | 36 mín.<br>36 mín. | 36 mín.<br>36 mín. |
| Características del material que<br>pasa el tamiz Nº 40 |   |  | No Plástico        |                                     |  |                             |  |                    |                    |                    |
| Límite Líquido  | 6 máx.  |  |                    | 40 máx.<br>10 máx.                  |  | 40 máx.<br>11 mín.          | 40 máx.<br>10 máx.   | 41 mín.<br>10 máx. | 40 máx.<br>11 mín. | 41 mín.<br>11 mín. |
| Índice de Plasticidad                                   | 0   |  | 0                  | 0                                   |  | 4 máx.                      | 8 máx.   | 12 máx.            | 16 máx.            | 20 máx.            |
| Tipos de Material                                       | Fragmentos de piedra grava y arena                          |  | Arena fina         | Gravas, arenas limosas y arcillosas |  | Suelos limosos y arcillosos | Suelos limosos   | Suelos limosos     | Suelos arcillosos  | Suelos arcillosos  |

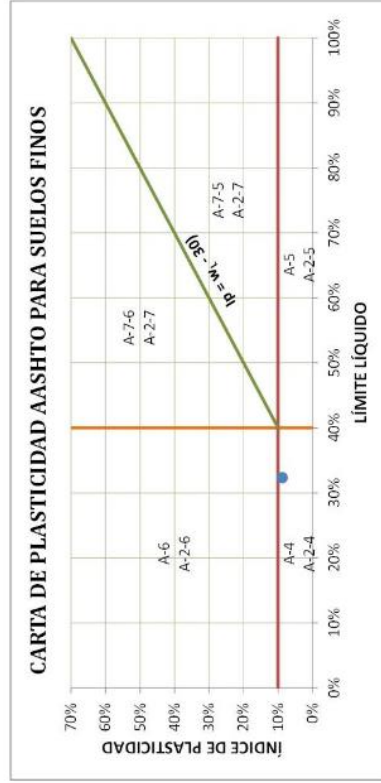
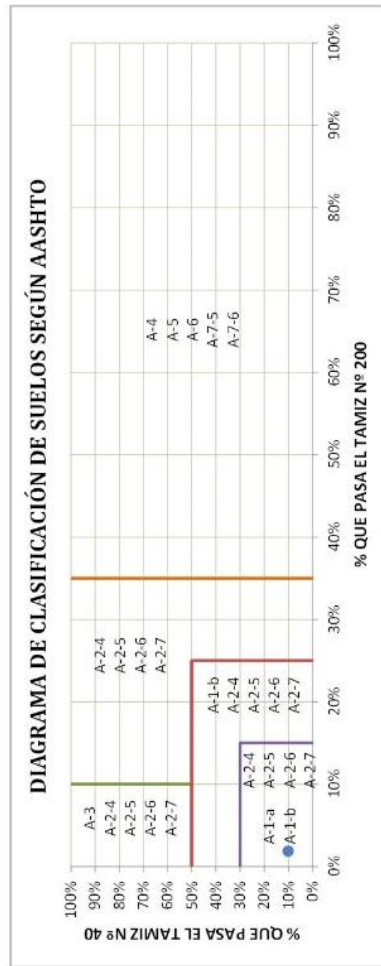
A-2-4 (0) = Materiales granulares con partículas finas limosas

El Equipo ideal de Compactación que recomienda la AASHTO para este tipo de suelo es: Rodillo Neumático, Liso y Vibratorio



Proyecto : \*Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraeas – 2019\*  
Ubicación : CHAPIMARCA - AYMARAEAS - APURIMAC  
Progresiva : 09 + 600  
Calicata : 09

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO**  
AASHTO M-145



**CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO**

|                        |  |
|------------------------|--|
| F = 1.85               | F = Porcentaje de partículas sólidas que pasan el tamiz Nº 200 |
| W <sub>L</sub> = 32.33 | W <sub>L</sub> = Límite líquido                                |
| Ip = 8.84              | Ip = Índice de plasticidad                                     |

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$$

|                         |            |     |          |
|-------------------------|------------|-----|----------|
| a = F - 35              | a = -33.15 | ==> | a = 0.00 |
| b = F - 15              | b = -13.15 | ==> | b = 0.00 |
| c = W <sub>L</sub> - 40 | c = -7.67  | ==> | c = 0.00 |
| d = Ip - 10             | d = -1.16  | ==> | d = 0.00 |



**Proyecto :** "Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaras – 2019"

**Ubicación :** CHAPIMARCA - AYMARAS - APURÍMAC

**Progresiva :** 09 + 600

**Calicata :** 09

**Profundidad :** 1.50 m

**Muestra :** Sub Rasante

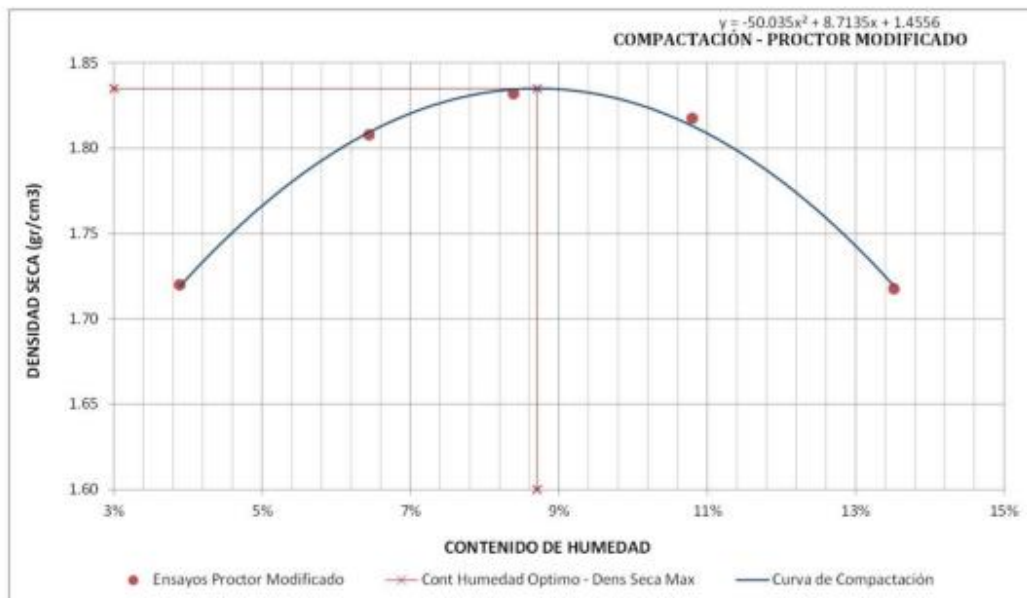
**Fecha :** lunes, 2 de Diciembre de 2019

**RELACIONES HUMEDAD - DENSIDAD (PRÓCTOR MODIFICADO)**

MTC E 115 - 2016, Basado en la Norma ASTM D-1557 y AASHTO T-180

| DATOS GENERALES                |               |
|--------------------------------|---------------|
| Número de Capas =              | 5             |
| Golpes por Capa =              | 56 <b>M-C</b> |
| Peso del Martillo =            | 4.54 Kg       |
| Altura de Caída del Martillo = | 45.72 cm      |

| DENSIDAD DE LA MUESTRA                   | MUESTRA 01   |       | MUESTRA 02   |       | MUESTRA 03   |       | MUESTRA 04    |        | MUESTRA 05    |        |
|--|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|---------------|--------|---------------|--------|
| Número de Proctor Utilizado              | P-8          |       | P-8          |       | P-8          |       | P-8           |        | P-8           |        |
| Diámetro del Molde (cm)                  | 15.24        |       | 15.24        |       | 15.24        |       | 15.24         |        | 15.24         |        |
| Altura del molde (cm)                    | 11.64        |       | 11.64        |       | 11.64        |       | 11.64         |        | 11.64         |        |
| Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )     | 2123.31      |       | 2123.31      |       | 2123.31      |       | 2123.31       |        | 2123.31       |        |
| Peso del Molde (gr)                      | 6564.00      |       | 6088.00      |       | 6564.00      |       | 6088.00       |        | 6108.00       |        |
| Peso del Molde + Muestra Compactada (gr) | 10358.00     |       | 10174.00     |       | 10780.00     |       | 10364.00      |        | 10248.00      |        |
| Peso de la Muestra Compactada (gr)       | 3794.00      |       | 4086.00      |       | 4216.00      |       | 4276.00       |        | 4140.00       |        |
| Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )    | 1.79         |       | 1.92         |       | 1.99         |       | 2.01          |        | 1.95          |        |
| Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )      | 1.72         |       | 1.81         |       | 1.83         |       | 1.82          |        | 1.72          |        |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                     | Arriba       | Abajo | Arriba       | Abajo | Arriba       | Abajo | Arriba        | Abajo  | Arriba        | Abajo  |
| Peso de Capsula (gr)                     | 15.16        | 15.20 | 15.24        | 15.36 | 15.24        | 15.28 | 15.32         | 15.25  | 19.01         | 15.19  |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)    | 49.67        | 47.34 | 48.40        | 50.80 | 52.25        | 49.24 | 42.41         | 42.97  | 42.38         | 43.17  |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)      | 48.45        | 46.07 | 46.37        | 48.68 | 49.42        | 46.58 | 39.72         | 40.32  | 39.32         | 40.18  |
| Peso del Agua (gr)                       | 1.22         | 1.27  | 2.03         | 2.12  | 2.83         | 2.66  | 2.69          | 2.65   | 3.06          | 2.99   |
| Peso de la Muestra Seca (gr)             | 33.29        | 30.87 | 31.13        | 33.32 | 34.18        | 31.30 | 24.40         | 25.07  | 20.31         | 24.99  |
| Contenido de Humedad                     | 3.66%        | 4.11% | 6.52%        | 6.36% | 8.28%        | 8.50% | 11.02%        | 10.57% | 15.07%        | 11.96% |
| <b>Contenido de Humedad Promedio</b>     | <b>3.89%</b> |       | <b>6.44%</b> |       | <b>8.39%</b> |       | <b>10.80%</b> |        | <b>13.52%</b> |        |



|  |
|--|
| <b>DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.83 gr/cm<sup>3</sup></b> |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO = 8.71%</b>           |



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto: "Eficiencia del diseño de registro biométrico en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera estatal hacia Boca Santiago - Pucallanca, distrito de Chapiñan, provincia de Ayacucho - 2019"

Ubicación: CHAPIÑANCA - AYMAJES - APURIMAC  
Progresiva: 09 + 600  
Calicata: 09  
Profundidad: 1.50 m  
Muestra: Sub Rasante  
Fecha: Jueves, 5 de Diciembre de 2019

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**  
MTC E 152 - 2016, Basado en la Norma ASTM D-1553 y AASHTO T-193

| DATOS GENERALES                             |   | DIMENSIONES DEL MOLDE             |  |
|---|---|-----------------------------------|--|
| Densidad Seca Máxima = 1.89 cm <sup>3</sup> | Peso del Martillo = 4.54 kg             | Diámetro = 15.34 cm               |  |
| Contenido Humedad Óptimo = 8.71%            | Altura de Caída del Martillo = 45.72 cm | Altura = 17.78 cm                 |  |
| Contenido Humedad Natural = 8.06%           | Número de Capas = 5                     | Altura de la Muestra = 11.64 cm   |  |
| Área del Pistón = 19.85 cm <sup>2</sup>     | Altura del Disco Espaciador = 6.14 cm   | Volumen = 2129.85 cm <sup>3</sup> |  |

| DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN         | MUESTRA 01 |        |        | MUESTRA 02 |        |        | MUESTRA 03 |        |       |
|--|------------|--------|--------|------------|--------|--------|------------|--------|-------|
| Número de Golpes por Capa                | 55         |        |        | 26         |        |        | 12         |        |       |
| Peso del Molde [gr]                      | 7968.00    |        |        | 7171.00    |        |        | 7279.00    |        |       |
| Peso del Molde + Muestra Compactada [gr] | 12478.00   |        |        | 12077.00   |        |        | 12060.00   |        |       |
| Peso de la Muestra Compactada [gr]       | 4915.00    |        |        | 4906.00    |        |        | 4781.00    |        |       |
| Densidad Húmeda [gr/cm <sup>3</sup> ]    | 2.31       |        |        | 2.31       |        |        | 2.25       |        |       |
| Densidad Seca [gr/cm <sup>3</sup> ]      | 2.13       |        |        | 2.12       |        |        | 2.06       |        |       |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                     |            |        |        |            |        |        |            |        |       |
|  | Arriba     | Medio  | Abejo  | Arriba     | Medio  | Abejo  | Arriba     | Medio  | Abejo |
| Peso de Capsula [gr]                     | 71.38      | 68.76  | 68.77  | 70.12      | 73.67  | 72.09  | 28.51      | 28.28  | 28.61 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda [gr]    | 116.71     | 119.59 | 124.33 | 114.39     | 123.92 | 130.81 | 78.12      | 81.19  | 81.58 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca [gr]      | 113.29     | 115.45 | 119.89 | 111.31     | 119.31 | 126.23 | 79.80      | 76.34  | 86.32 |
| Peso del Agua [gr]                       | 3.42       | 4.14   | 4.44   | 3.18       | 4.71   | 4.58   | 4.22       | 4.85   | 5.26  |
| Peso de la Muestra Seca [gr]             | 41.96      | 46.69  | 50.12  | 41.09      | 43.54  | 54.14  | 45.39      | 48.06  | 57.71 |
| Contenido de Humedad                     | 8.15%      | 8.87%  | 8.86%  | 7.74%      | 10.34% | 8.46%  | 9.30%      | 10.09% | 9.11% |
| Contenido de Humedad Promedio            | 8.63%      |        |        | 8.85%      |        |        | 9.50%      |        |       |

| DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN                                     | MUESTRA 04 |        |        | MUESTRA 05 |        |        | MUESTRA 06 |        |        |
|---|------------|--------|--------|------------|--------|--------|------------|--------|--------|
| Peso del Molde [gr]   | 7968.00    |        |        | 7171.00    |        |        | 7279.00    |        |        |
| Peso del Molde + Muestra Compactada, antes de la inmersión [gr]   | 12478.00   |        |        | 12077.00   |        |        | 12060.00   |        |        |
| Peso del Molde + Muestra Compactada, después de la inmersión [gr] | 12529.00   |        |        | 12129.00   |        |        | 12121.00   |        |        |
| Peso del Agua Absorbido [gr]                                      | 51.00      |        |        | 52.00      |        |        | 61.00      |        |        |
| Peso de la Muestra Compactada, antes de la inmersión [gr]         | 4915.00    |        |        | 4906.00    |        |        | 4781.00    |        |        |
| Peso de la Muestra Compactada, después de la inmersión [gr]       | 4966.00    |        |        | 4958.00    |        |        | 4842.00    |        |        |
| Peso de la Muestra Seca [gr]                                      | 4495.67    |        |        | 4461.81    |        |        | 4529.20    |        |        |
| Porcentaje de Absorción   | 1.13%      |        |        | 1.17%      |        |        | 1.41%      |        |        |
| CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DE LA INMERSIÓN                      |            |        |        |            |        |        |            |        |        |
|   | Arriba     | Medio  | Abejo  | Arriba     | Medio  | Abejo  | Arriba     | Medio  | Abejo  |
| Peso de Capsula [gr]  | 71.33      | 68.76  | 68.77  | 70.12      | 73.67  | 72.09  | 28.51      | 28.28  | 28.61  |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda [gr]                             | 130.84     | 135.99 | 138.98 | 109.27     | 113.49 | 114.61 | 78.67      | 69.86  | 76.19  |
| Peso de Capsula + Muestra Seca [gr]                               | 125.02     | 129.21 | 134.26 | 105.41     | 109.59 | 110.30 | 73.94      | 65.25  | 70.81  |
| Peso del Agua [gr]  | 5.81       | 6.78   | 5.72   | 3.86       | 4.10   | 4.23   | 4.73       | 4.61   | 5.34   |
| Peso de la Muestra Seca [gr]                                      | 53.70      | 60.43  | 64.00  | 35.29      | 35.92  | 38.29  | 45.43      | 36.97  | 42.20  |
| Contenido de Humedad  | 11.01%     | 11.22% | 8.87%  | 10.94%     | 11.41% | 11.05% | 10.41%     | 12.47% | 12.63% |
| Contenido de Humedad Promedio                                     | 10.36%     |        |        | 11.17%     |        |        | 11.83%     |        |        |
| Porcentaje de Absorción   | 1.74%      |        |        | 2.23%      |        |        | 2.34%      |        |        |
| Porcentaje de Absorción Promedio                                  | 1.44%      |        |        | 1.73%      |        |        | 1.80%      |        |        |

| DATOS DEL ENSAYO DE EXPANSIÓN |       | MUESTRA 04                |         |        | MUESTRA 05 |         |        | MUESTRA 06 |         |        |         |
|-------------------------------|-------|---------------------------|---------|--------|------------|---------|--------|------------|---------|--------|---------|
| Fecha                         | Hora  | Tiempo Transcurrido Horas | Dial    | Deform | % de       | Dial    | Deform | % de       | Dial    | Deform | % de    |
|                               |       |                           | "0.001" | mm     | Expans.    | "0.001" | mm     | Expans.    | "0.001" | mm     | Expans. |
| 12/12/2019                    | 12:19 | 0 h 00 min                | 0       | 0.000  | 0.00%      | 0       | 0.000  | 0.00%      | 0       | 0.000  | 0.00%   |
| 13/12/2019                    | 12:17 | 24 h 07 min               | 24      | 0.610  | 0.32%      | 27      | 0.686  | 0.59%      | 31      | 0.787  | 0.68%   |
| 14/12/2019                    | 12:10 | 48 h 00 min               | 65      | 1.651  | 1.42%      | 84      | 2.134  | 1.83%      | 98      | 2.489  | 2.14%   |
| 15/12/2019                    | 12:10 | 72 h 00 min               | 67      | 1.702  | 1.46%      | 88      | 2.289  | 1.92%      | 101     | 2.368  | 2.20%   |
| 16/12/2019                    | 12:22 | 96 h 12 min               | 71      | 1.803  | 1.59%      | 95      | 2.413  | 2.07%      | 109     | 2.769  | 2.38%   |

| DATOS DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN (CBR)       |              | MUESTRA 01     |         |        |                    | MUESTRA 02 |         |        |                    | MUESTRA 03 |         |        |                    |     |
|---|--------------|----------------|---------|--------|--------------------|------------|---------|--------|--------------------|------------|---------|--------|--------------------|-----|
| Carga Unitaria Patrón [kg/cm <sup>2</sup> ] | Dial "0.001" | Penetración mm | Dial    | Fuerza | Esfuer.            | CBR        | Dial    | Fuerza | Esfuer.            | CBR        | Dial    | Fuerza | Esfuer.            | CBR |
|   |              |                | "2.59kg | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %          | "2.59kg | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %          | "2.60kg | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %   |
| 0   | 0.000        | 0              | 0.00    | 0.00   |                    | 0          | 0.00    | 0.00   |                    | 0          | 0.00    | 0.00   |                    |     |
| 25  | 0.635        | 63             | 318.38  | 6.91   |                    | 38         | 100.95  | 5.22   |                    | 38         | 72.73   | 3.76   |                    |     |
| 50  | 1.270        | 101            | 361.20  | 13.50  |                    | 75         | 194.13  | 10.09  |                    | 48         | 124.60  | 6.44   |                    |     |
| 75  | 1.905        | 148            | 382.75  | 19.78  |                    | 113        | 292.49  | 15.11  |                    | 62         | 161.04  | 8.52   |                    |     |
| 100   | 2.540        | 200            | 517.34  | 26.72  | 38.01%             | 140        | 362.58  | 18.72  | 26.69%             | 75         | 194.81  | 10.07  | 14.92%             |     |
| 125   | 3.175        | 231            | 597.41  | 30.87  |                    | 167        | 432.26  | 22.33  |                    | 87         | 225.98  | 11.68  |                    |     |
| 150   | 3.810        | 260            | 672.41  | 34.74  |                    | 193        | 499.56  | 25.81  |                    | 96         | 249.35  | 12.88  |                    |     |
| 200   | 5.080        | 309            | 799.13  | 41.29  | 35.15%             | 237        | 613.43  | 31.69  | 30.05%             | 113        | 296.71  | 15.49  | 14.63%             |     |
| 300   | 7.620        | 371            | 959.47  | 49.57  |                    | 281        | 727.34  | 37.58  |                    | 141        | 366.24  | 18.92  |                    |     |
| 400   | 10.160       | 401            | 1057.06 | 53.58  |                    | 307        | 794.64  | 41.06  |                    | 162        | 420.78  | 21.74  |                    |     |
| 500   | 12.700       | 422            | 1091.37 | 56.88  |                    | 334        | 864.52  | 44.67  |                    | 183        | 475.88  | 24.56  |                    |     |

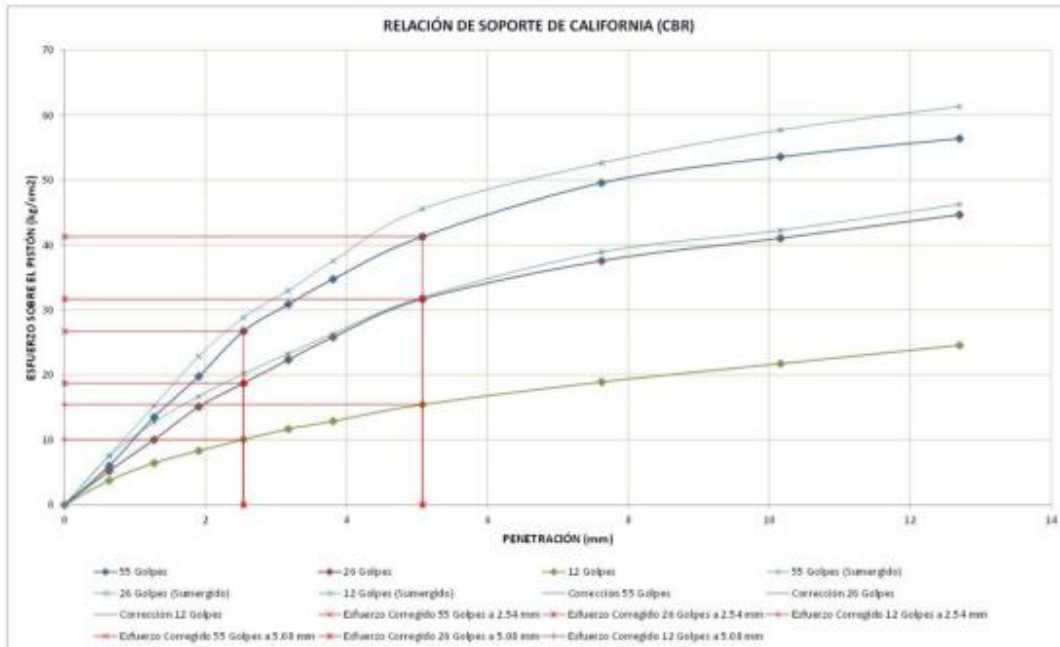
| PENETRACIÓN DESPUES DE LA INMERSIÓN         |              | MUESTRA 04     |         |        |                    | MUESTRA 05 |         |        |                    | MUESTRA 06 |         |        |                    |     |
|---|--------------|----------------|---------|--------|--------------------|------------|---------|--------|--------------------|------------|---------|--------|--------------------|-----|
| Carga Unitaria Patrón [kg/cm <sup>2</sup> ] | Dial "0.001" | Penetración mm | Dial    | Fuerza | Esfuer.            | CBR        | Dial    | Fuerza | Esfuer.            | CBR        | Dial    | Fuerza | Esfuer.            | CBR |
|   |              |                | "2.59kg | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %          | "2.59kg | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %          | "2.59kg | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %   |
| 0   | 0.000        | 0              | 0.00    | 0.00   |                    | 0          | 0.00    | 0.00   |                    | 0          | 0.00    | 0.00   |                    |     |
| 25  | 0.635        | 57             | 167.41  | 7.62   |                    | 36         | 144.95  | 7.49   |                    | 39         | 100.95  | 5.22   |                    |     |
| 50  | 1.270        | 114            | 294.82  | 15.23  |                    | 95         | 245.90  | 12.70  |                    | 75         | 194.13  | 10.09  |                    |     |
| 75  | 1.905        | 171            | 442.24  | 22.85  |                    | 125        | 328.55  | 16.72  |                    | 113        | 292.49  | 15.11  |                    |     |
| 100   | 2.540        | 216            | 558.61  | 28.84  | 41.05%             | 151        | 390.85  | 20.19  | 28.72%             | 140        | 362.58  | 18.72  | 24.63%             |     |
| 125   | 3.175        | 267            | 688.78  | 33.00  |                    | 174        | 450.38  | 23.27  |                    | 167        | 432.26  | 22.33  |                    |     |
| 150   | 3.810        | 281            | 726.72  | 37.55  |                    | 197        | 509.91  | 26.35  |                    | 193        | 499.56  | 25.81  |                    |     |
| 200   | 5.080        | 341            | 881.89  | 45.56  | 45.21%             | 239        | 618.63  | 31.96  | 30.81%             | 237        | 613.43  | 31.69  | 30.05%             |     |
| 300   | 7.620        | 394            | 1018.93 | 52.65  |                    | 291        | 758.22  | 38.92  |                    | 281        | 727.34  | 37.58  |                    |     |
| 400   | 10.160       | 432            | 1117.33 | 57.72  |                    | 316        | 817.98  | 42.26  |                    | 307        | 794.64  | 41.06  |                    |     |
| 500   | 12.700       | 459            | 1187.04 | 61.33  |                    | 346        | 895.58  | 46.27  |                    | 334        | 864.52  | 44.67  |                    |     |



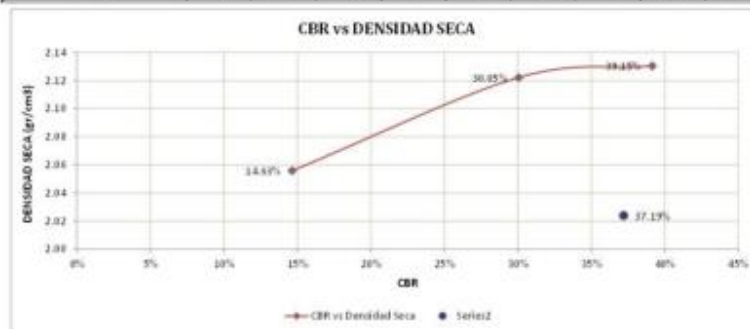
Proyecto: "Estabilidad del terreno de magrota beneficiada en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vertical Santa Rosa Santiago-Ancashuabla, distrito de Chupimayo, provincia de Ayacucho - 2019"

Ubicación: CHUPIMAYO - AYACUCHO - AYACUCHO  
Progresiva: 09 + 600  
Calle: 09  
Profundidad: 1.50 m  
Muestra: Sub Rasante  
Fecha: Jueves, 5 de Diciembre de 2019

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)  
MTC E 132 - 2018, Basado en la Norma ASTM D-1585 y AASHTO T-193



| CORRECCIONES          | MUESTRA 01     |                    |            | MUESTRA 02     |                    |            | MUESTRA 03     |                    |            |        |
|-----------------------|----------------|--------------------|------------|----------------|--------------------|------------|----------------|--------------------|------------|--------|
|                       | Penetr. Carreg | Esfuer. Carreg     | CBR Correg | Penetr. Carreg | Esfuer. Carreg     | CBR Correg | Penetr. Carreg | Esfuer. Carreg     | CBR Correg |        |
| Carga Unitaria Patrón | mm             | kg/cm <sup>2</sup> | %          | mm             | kg/cm <sup>2</sup> | %          | mm             | kg/cm <sup>2</sup> | %          |        |
|                       | 70.91          | 2.540              | 26.72      | 38.01%         | 2.540              | 18.72      | 26.63%         | 2.540              | 10.07      | 14.32% |
|                       | 105.46         | 5.080              | 41.29      | 39.15%         | 5.080              | 31.69      | 30.05%         | 5.080              | 15.43      | 14.68% |



RESULTADOS

| Número de Golpes | Expansión | Absorción |
|------------------|-----------|-----------|
| 56               | 1.55%     | 1.44%     |
| 25               | 2.07%     | 1.73%     |
| 12               | 2.98%     | 1.88%     |

| Número de Golpes | CBR    | Densidad Seca           |
|------------------|--------|-------------------------|
| 56               | 39.15% | 2.13 gr/cm <sup>3</sup> |
| 25               | 30.05% | 2.12 gr/cm <sup>3</sup> |
| 12               | 14.68% | 2.06 gr/cm <sup>3</sup> |

|  |      |
|--|------|
| Densidad Seca Máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.13 |
| 95% de la DSM (gr/cm <sup>3</sup> )        | 2.02 |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| CBR al 100% de la DSM | 39.15% |
| CBR al 95% de la DSM  | 37.19% |

Comprobación de resultados de CBR a 2.54 mm y 5.08 mm  
CBR (2.54 mm) > CBR (5.08 mm)  
38.01% > 39.15% FALSO

OBSERVACIONES: EL CBR DE DISEÑO SERÁ EL CORRESPONDIENTE A 5.08 mm

CBR: 39.15% 100%



Proyecto: "Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Arcobamba, distrito de Chagmarca, provincia de Ayacucho - 2019"

Ubicación: CHAGMARCA - AYMARES - APURIMAC  
Progresiva: 09 + 600  
Calicata: 09  
Profundidad: 1.50 m  
Muestra: Sub Rasante  
Fecha: Lunes, 9 de Diciembre de 2019

**RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**  
MTC E 132 - 2016, Basado en la Norma ASTM D-1885 y AASHTO T-193

| Datos Generales                             |   | Dimensiones del Molde             |  |
|---|---|-----------------------------------|--|
| Densidad Seca Máxima = 1.83 cm <sup>3</sup> | Peso del Martillo = 4.54 Kg             | Diámetro = 15.24 cm               |  |
| Contenido Humedad Óptimo = 8.71%            | Altura de Caída del Martillo = 45.72 cm | Altura = 17.78 cm                 |  |
| Contenido Humedad Natural = 3.06%           | Número de Capas = 5                     | Altura de la Muestra = 11.64 cm   |  |
| Área del Pistón = 19.35 cm <sup>2</sup>     | Altura del Disco Espaciador = 6.14 cm   | Volumen = 2123.85 cm <sup>3</sup> |  |

| Datos del Ensayo de Compactación        | Muestra 01 + 2% MgCl <sub>2</sub> | Muestra 02 + 2% MgCl <sub>2</sub> | Muestra 03 + 2% MgCl <sub>2</sub> |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Número de Golpes por Capa               | 55                                | 26                                | 12                                |
| Peso del Molde (g)                      | 7563.00                           | 7171.00                           | 7279.00                           |
| Peso del Molde + Muestra Compactada (g) | 12400.00                          | 12025.00                          | 12045.00                          |
| Peso de la Muestra Compactada (g)       | 4837.00                           | 4854.00                           | 4766.00                           |
| Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )    | 2.28                              | 2.29                              | 2.24                              |
| Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )      | 2.10                              | 2.10                              | 2.05                              |

| Contenido de Humedad                 | Arriba | Medio  | Abajo  | Arriba | Medio  | Abajo  | Arriba | Medio | Abajo |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Peso de Capsula (g)                  | 71.33  | 68.76  | 69.77  | 70.12  | 73.67  | 72.09  | 28.51  | 28.28 | 28.61 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (g) | 116.60 | 119.50 | 124.35 | 115.35 | 123.90 | 130.72 | 78.00  | 81.20 | 91.64 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (g)   | 113.30 | 115.41 | 119.90 | 111.95 | 119.56 | 126.22 | 73.84  | 76.54 | 86.29 |
| Peso del Agua (g)                    | 3.30   | 4.09   | 4.45   | 3.40   | 4.34   | 4.50   | 4.16   | 4.66  | 5.35  |
| Peso de la Muestra Seca (g)          | 41.97  | 46.85  | 50.13  | 41.83  | 45.69  | 54.13  | 45.33  | 48.28 | 57.68 |
| Contenido de Humedad                 | 7.86%  | 8.77%  | 8.68%  | 8.13%  | 9.46%  | 8.31%  | 9.18%  | 9.66% | 9.28% |
| Contenido de Humedad Promedio        | 8.50%  |        |        | 8.63%  |        |        | 9.37%  |       |       |

| DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN                                     | MUESTRA 04 |  |  | MUESTRA 05 |  |  | MUESTRA 06 |  |  |
|---|------------|--|--|------------|--|--|------------|--|--|
| Peso del Molde (gr)   | 7563.00    |  |  | 7171.00    |  |  | 7279.00    |  |  |
| Peso del Molde + Muestra Compactada, antes de la inmersión (gr)   | 12400.00   |  |  | 12025.00   |  |  | 12045.00   |  |  |
| Peso del Molde + Muestra Compactada, después de la inmersión (gr) | 12505.00   |  |  | 12118.00   |  |  | 12120.00   |  |  |
| Peso del Agua Absorbida (gr)                                      | 105.00     |  |  | 93.00      |  |  | 75.00      |  |  |
| Peso de la Muestra Compactada, antes de la inmersión (gr)         | 4837.00    |  |  | 4854.00    |  |  | 4766.00    |  |  |
| Peso de la Muestra Compactada, después de la inmersión (gr)       | 4942.00    |  |  | 4947.00    |  |  | 4841.00    |  |  |
| Peso de la Muestra Seca (gr)                                      | 4498.23    |  |  | 4438.34    |  |  | 4341.17    |  |  |
| Porcentaje de Absorción   | 2.33%      |  |  | 2.10%      |  |  | 1.75%      |  |  |

| CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DE LA INMERSIÓN | Arriba | Medio  | Abajo  | Arriba | Medio  | Abajo  | Arriba | Medio  | Abajo  |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Peso de Capsula (gr)                         | 71.33  | 68.76  | 69.77  | 70.12  | 73.67  | 72.09  | 28.51  | 28.28  | 28.61  |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)        | 130.89 | 136.18 | 140.85 | 109.35 | 113.81 | 114.60 | 78.64  | 69.86  | 76.18  |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)          | 125.18 | 130.30 | 134.72 | 105.44 | 109.50 | 110.29 | 74.06  | 65.44  | 70.86  |
| Peso del Agua (gr)                           | 5.71   | 5.88   | 6.13   | 3.91   | 4.31   | 4.31   | 4.58   | 4.42   | 5.32   |
| Peso de la Muestra Seca (gr)                 | 53.85  | 61.54  | 64.95  | 35.32  | 35.83  | 38.20  | 45.55  | 37.36  | 42.25  |
| Contenido de Humedad                         | 10.60% | 9.55%  | 9.44%  | 11.07% | 12.03% | 11.28% | 10.05% | 11.89% | 12.59% |
| Contenido de Humedad Promedio                | 9.87%  |        |        | 11.46% |        |        | 11.51% |        |        |
| Porcentaje de Absorción                      | 1.36%  |        |        | 2.83%  |        |        | 2.14%  |        |        |
| Porcentaje de Absorción Promedio             | 1.85%  |        |        | 2.46%  |        |        | 1.94%  |        |        |

| DATOS DEL ENSAYO DE EXPANSIÓN |       | MUESTRA 04                |              |           | MUESTRA 05   |              |           | MUESTRA 06   |              |           |              |
|-------------------------------|-------|---------------------------|--------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| Fecha                         | Hora  | Tiempo Transcurrido Horas | Dial "0.001" | Deform mm | % de Expans. | Dial "0.001" | Deform mm | % de Expans. | Dial "0.001" | Deform mm | % de Expans. |
| 16/12/2019                    | 12:12 | 0 h 00 min                | 0            | 0.000     | 0.00%        | 0            | 0.000     | 0.00%        | 0            | 0.000     | 0.00%        |
| 17/12/2019                    | 12:29 | 24 h 11 min               | 26           | 0.660     | 0.57%        | 35           | 0.381     | 0.33%        | 29           | 0.757     | 0.63%        |
| 18/12/2019                    | 12:10 | 47 h 58 min               | 67           | 1.702     | 1.46%        | 87           | 2.210     | 1.90%        | 101          | 2.565     | 2.20%        |
| 19/12/2019                    | 12:10 | 71 h 58 min               | 67           | 1.702     | 1.46%        | 87           | 2.210     | 1.90%        | 101          | 2.565     | 2.20%        |
| 20/12/2019                    | 12:30 | 96 h 18 min               | 69           | 1.753     | 1.51%        | 90           | 2.286     | 1.96%        | 104          | 2.642     | 2.27%        |

| DATOS DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN (CBR)       |              | MUESTRA 01     |               |           |                            | MUESTRA 02 |               |           |                            | MUESTRA 03 |               |           |                            |        |
|---|--------------|----------------|---------------|-----------|----------------------------|------------|---------------|-----------|----------------------------|------------|---------------|-----------|----------------------------|--------|
| Carga Unitaria Patrón (kg/cm <sup>2</sup> ) | Dial "0.001" | Penetración mm | Dial "2.59kg" | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm <sup>2</sup> | CBR %      | Dial "2.59kg" | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm <sup>2</sup> | CBR %      | Dial "2.66kg" | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm <sup>2</sup> | CBR %  |
| 0   | 0.000        | 0              | 0.00          | 0.00      | 0.00                       | 0          | 0.00          | 0.00      | 0.00                       | 0          | 0.00          | 0.00      | 0.00                       | 0      |
| 25  | 0.635        | 41             | 106.09        | 5.48      |                            |            | 39            | 85.42     | 4.41                       |            | 25            | 64.94     | 3.36                       |        |
| 50  | 1.270        | 94             | 243.30        | 12.56     |                            |            | 67            | 173.42    | 8.96                       |            | 47            | 122.08    | 6.31                       |        |
| 75  | 1.905        | 144            | 372.41        | 19.24     |                            |            | 104           | 269.19    | 13.91                      |            | 59            | 153.25    | 7.92                       |        |
| 70.31                                       | 100          | 2.540          | 191           | 493.96    | 25.52                      | 16.30%     | 138           | 357.20    | 18.48                      | 26.25%     | 76            | 197.41    | 10.20                      | 14.51% |
|   | 125          | 3.175          | 229           | 592.24    | 30.60                      |            | 165           | 427.09    | 22.07                      |            | 85            | 220.78    | 11.41                      |        |
|   | 150          | 3.810          | 262           | 677.58    | 35.01                      |            | 190           | 491.79    | 25.41                      |            | 94            | 244.16    | 12.61                      |        |
| 105.46                                      | 200          | 5.080          | 311           | 804.30    | 41.56                      | 19.40%     | 235           | 608.27    | 31.43                      | 29.80%     | 115           | 298.71    | 15.43                      | 14.63% |
|   | 300          | 7.620          | 371           | 959.47    | 49.57                      |            | 280           | 724.75    | 37.45                      |            | 139           | 361.04    | 18.65                      |        |
|   | 400          | 10.160         | 399           | 1001.89   | 53.31                      |            | 310           | 802.40    | 41.46                      |            | 164           | 425.98    | 22.01                      |        |
|   | 500          | 12.700         | 420           | 1086.20   | 56.12                      |            | 333           | 861.94    | 44.53                      |            | 186           | 483.12    | 24.36                      |        |

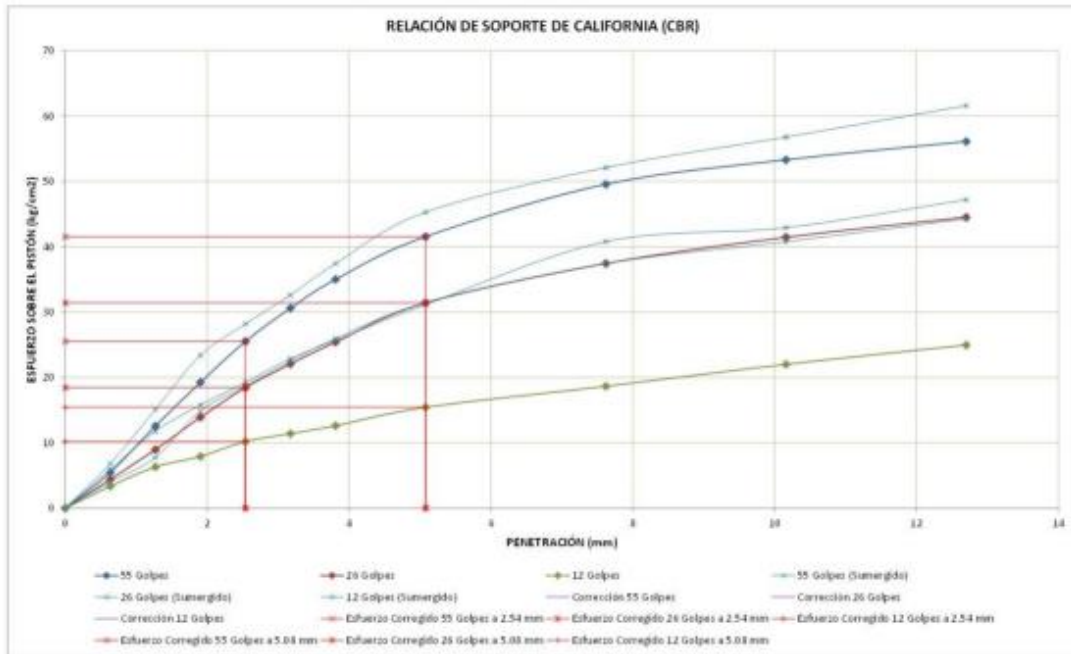
| PENETRACIÓN DESPUES DE LA INMERSIÓN         |              | MUESTRA 04     |               |           |                            | MUESTRA 05 |               |           |                            | MUESTRA 06 |               |           |                            |        |
|---|--------------|----------------|---------------|-----------|----------------------------|------------|---------------|-----------|----------------------------|------------|---------------|-----------|----------------------------|--------|
| Carga Unitaria Patrón (kg/cm <sup>2</sup> ) | Dial "0.001" | Penetración mm | Dial "2.59kg" | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm <sup>2</sup> | CBR %      | Dial "2.59kg" | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm <sup>2</sup> | CBR %      | Dial "2.59kg" | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm <sup>2</sup> | CBR %  |
| 0   | 0.000        | 0              | 0.00          | 0.00      | 0.00                       | 0          | 0.00          | 0.00      | 0.00                       | 0          | 0.00          | 0.00      | 0.00                       | 0      |
| 25  | 0.635        | 51             | 131.90        | 6.81      |                            |            | 44            | 113.89    | 5.88                       |            | 30            | 77.65     | 4.01                       |        |
| 50  | 1.270        | 113            | 292.24        | 15.10     |                            |            | 88            | 227.78    | 11.77                      |            | 58            | 150.13    | 7.76                       |        |
| 75  | 1.905        | 175            | 452.58        | 23.38     |                            |            | 118           | 305.43    | 15.78                      |            | 111           | 287.31    | 14.84                      |        |
| 70.31                                       | 100          | 2.540          | 211           | 545.68    | 28.19                      | 40.10%     | 144           | 372.73    | 19.26                      | 27.39%     | 140           | 362.38    | 18.72                      | 26.63% |
|   | 125          | 3.175          | 244           | 631.05    | 32.60                      |            | 171           | 442.62    | 22.87                      |            | 168           | 434.85    | 22.47                      |        |
|   | 150          | 3.810          | 280           | 724.13    | 37.41                      |            | 192           | 496.57    | 25.68                      |            | 194           | 502.15    | 25.34                      |        |
| 105.46                                      | 200          | 5.080          | 339           | 876.71    | 45.30                      | 42.95%     | 233           | 603.10    | 31.14                      | 29.55%     | 235           | 608.27    | 31.43                      | 29.80% |
|   | 300          | 7.620          | 390           | 1008.61   | 52.11                      |            | 305           | 789.46    | 40.79                      |            | 280           | 724.75    | 37.45                      |        |
|   | 400          | 10.160         | 425           | 1099.13   | 56.79                      |            | 321           | 830.87    | 42.93                      |            | 305           | 789.46    | 40.79                      |        |
|   | 500          | 12.700         | 461           | 1192.23   | 61.60                      |            | 353           | 913.70    | 47.21                      |            | 331           | 856.76    | 44.27                      |        |



Proyecto: "Efectividad del curso de magreco hessahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarra, provincia de Ayacucho - 2019"

Ubicación: CHAPIMARRA - AYACUCHO - APURIMAC  
Progresiva: 09 + 000  
Calicata: 09  
Profundidad: 1.50 m  
Muestra: Sub Base  
Fecha: Lunes, 9 de Diciembre de 2019

**RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**  
MTC E 132 - 2016, Basado en la Norma ASTM D-1885 y AASHTO T-193



| CORRECCIONES | MUESTRA 01      |                 |               | MUESTRA 02      |                 |               | MUESTRA 03      |                 |               |
|--------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|
|              | Penetr. Correg. | Esfuer. Correg. | CBR Correg. % | Penetr. Correg. | Esfuer. Correg. | CBR Correg. % | Penetr. Correg. | Esfuer. Correg. | CBR Correg. % |
| kg/cm2       | 70.31           | 2.540           | 36.30%        | 2.540           | 18.46           | 26.25%        | 2.540           | 10.20           | 14.31%        |
|              | 105.46          | 5.080           | 39.40%        | 5.080           | 31.43           | 29.80%        | 5.080           | 15.43           | 14.68%        |



**RESULTADOS**

| Número de Golpes | Expansión | Absorción |
|------------------|-----------|-----------|
| 56               | 1.51%     | 1.80%     |
| 25               | 1.96%     | 2.40%     |
| 12               | 2.27%     | 1.94%     |

| Número de Golpes | CBR    | Densidad Seca |
|------------------|--------|---------------|
| 56               | 39.40% | 2.10 gr/cm³   |
| 25               | 29.80% | 2.10 gr/cm³   |
| 12               | 14.63% | 2.06 gr/cm³   |

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| Densidad Seca Máxima (gr/cm³) | 2.10 |
| 95% de la DSM (gr/cm³)        | 2.00 |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| CBR al 100% de la DSM | 39.40% |
| CBR al 95% de la DSM  | 37.43% |

Comprobación de resultados de CBR a 2.54 mm y 5.08 mm  
CBR (2.54 mm) > CBR (5.08 mm)  
36.30% > 39.40% FALSO

OBSERVACIONES: EL CBR DE DISEÑO SERÁ EL CORRESPONDIENTE A 5.08 mm

**CBR: 39.40%**



Proyecto: "Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera sectorial Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chaparral, provincia de Azuay - 2019"

Ubicación: CANTÓN - AZUAY - AZUAY  
 Progresiva: 00 + 600  
 Calzeta: 00  
 Profundidad: 1.50 m  
 Muestra: Sub Base  
 Fecha: Jueves, 12 de Diciembre de 2019

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**  
 MTC E.132 - 2016, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

| DATOS GENERALES                             |   | DIMENSIONES DEL MOLDE             |  |
|---|---|-----------------------------------|--|
| Densidad Seca Máxima = 1.83 cm <sup>3</sup> | Peso del Martillo = 4.54 kg             | Diámetro = 15.24 cm               |  |
| Contenido Humedad Óptimo = 8.71%            | Altura de Caída del Martillo = 45.72 cm | Altura = 17.78 cm                 |  |
| Contenido Humedad Natural = 3.06%           | Número de Capas = 5                     | Altura de la Muestra = 11.64 cm   |  |
| Área del Plátón = 19.35 cm <sup>2</sup>     | Altura del Disco Espaciador = 6.34 cm   | Volumen = 2123.85 cm <sup>3</sup> |  |

| Datos del Ensayo de Compactación        | Muestra 01 + 4% MgCl <sub>2</sub> |        |        | Muestra 02 + 4% MgCl <sub>2</sub> |        |        | Muestra 03 + 4% MgCl <sub>2</sub> |       |       |
|---|-----------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|-------|-------|
| Número de Golpes por Capa               | 55                                |        |        | 26                                |        |        | 12                                |       |       |
| Peso del Molde (g)                      | 7593.00                           |        |        | 7171.00                           |        |        | 7279.00                           |       |       |
| Peso del Molde + Muestra Compactada (g) | 12450.00                          |        |        | 12065.00                          |        |        | 12090.00                          |       |       |
| Peso de la Muestra Compactada (g)       | 4857.00                           |        |        | 4894.00                           |        |        | 4811.00                           |       |       |
| Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )    | 2.30                              |        |        | 2.30                              |        |        | 2.27                              |       |       |
| Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )      | 2.12                              |        |        | 2.11                              |        |        | 2.07                              |       |       |
| Contenido de Humedad                    | Arriba                            | Medio  | Abajo  | Arriba                            | Medio  | Abajo  | Arriba                            | Medio | Abajo |
| Peso de Capsula (g)                     | 71.33                             | 68.76  | 69.77  | 70.12                             | 73.67  | 72.09  | 28.51                             | 28.28 | 28.61 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (g)    | 116.69                            | 119.61 | 124.32 | 115.39                            | 123.94 | 130.75 | 78.01                             | 81.24 | 91.68 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (g)      | 113.33                            | 115.43 | 119.93 | 111.99                            | 119.19 | 126.20 | 73.85                             | 76.52 | 86.28 |
| Peso del Agua (g)                       | 3.36                              | 4.18   | 4.39   | 3.40                              | 4.75   | 4.55   | 4.16                              | 4.72  | 5.40  |
| Peso de la Muestra Seca (g)             | 42.00                             | 46.67  | 50.16  | 41.87                             | 45.52  | 54.11  | 45.34                             | 48.24 | 57.67 |
| Contenido de Humedad                    | 8.00%                             | 8.96%  | 8.75%  | 8.12%                             | 10.43% | 8.41%  | 9.18%                             | 9.78% | 9.36% |
| Contenido de Humedad Promedio           | 8.57%                             |        |        | 8.99%                             |        |        | 9.44%                             |       |       |

| DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN                                    | MUESTRA 04 |        |        | MUESTRA 05 |        |        | MUESTRA 06 |        |        |
|--|------------|--------|--------|------------|--------|--------|------------|--------|--------|
| Peso del Molde (g)   | 7563.00    |        |        | 7171.00    |        |        | 7279.00    |        |        |
| Peso del Molde + Muestra Compactada, antes de la inmersión (g)   | 12450.00   |        |        | 12065.00   |        |        | 12090.00   |        |        |
| Peso del Molde + Muestra Compactada, después de la inmersión (g) | 12519.00   |        |        | 12121.00   |        |        | 12119.00   |        |        |
| Peso del Agua Absorbida (g)                                      | 69.00      |        |        | 56.00      |        |        | 29.00      |        |        |
| Peso de la Muestra Compactada, antes de la inmersión (g)         | 4887.00    |        |        | 4894.00    |        |        | 4811.00    |        |        |
| Peso de la Muestra Compactada, después de la inmersión (g)       | 4956.00    |        |        | 4950.00    |        |        | 4880.00    |        |        |
| Peso de la Muestra Seca (g)                                      | 4511.00    |        |        | 4437.39    |        |        | 4336.40    |        |        |
| Porcentaje de Absorción  | 1.29%      |        |        | 1.26%      |        |        | 0.67%      |        |        |
| CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN                     | Arriba     | Medio  | Abajo  | Arriba     | Medio  | Abajo  | Arriba     | Medio  | Abajo  |
| Peso de Capsula (g)  | 71.33      | 68.76  | 69.77  | 70.12      | 73.67  | 72.09  | 28.51      | 28.28  | 28.61  |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (g)                             | 120.86     | 136.19 | 140.86 | 109.39     | 113.84 | 114.43 | 78.66      | 69.87  | 76.16  |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (g)                               | 125.17     | 135.32 | 134.70 | 105.41     | 109.54 | 110.28 | 74.04      | 65.40  | 70.62  |
| Peso del Agua (g)  | 5.69       | 5.87   | 6.16   | 3.98       | 4.30   | 4.35   | 4.62       | 4.47   | 5.34   |
| Peso de la Muestra Seca (g)                                      | 53.84      | 61.56  | 64.93  | 35.29      | 35.87  | 38.19  | 45.53      | 37.12  | 42.21  |
| Contenido de Humedad   | 10.57%     | 9.54%  | 9.49%  | 11.28%     | 11.95% | 11.39% | 10.15%     | 12.04% | 12.65% |
| Contenido de Humedad Promedio                                    | 9.86%      |        |        | 11.51%     |        |        | 11.81%     |        |        |
| Porcentaje de Absorción  | 1.29%      |        |        | 1.26%      |        |        | 2.17%      |        |        |
| Porcentaje de Absorción Promedio                                 | 1.41%      |        |        | 1.91%      |        |        | 1.42%      |        |        |

| DATOS DEL ENSAYO DE EXPANSIÓN |       | MUESTRA 04         |         |        | MUESTRA 05 |         |        | MUESTRA 06 |         |        |         |
|-------------------------------|-------|--------------------|---------|--------|------------|---------|--------|------------|---------|--------|---------|
| Fecha                         | Hora  | Tempo Transcurrido | Dial    | Deform | % de       | Dial    | Deform | % de       | Dial    | Deform | % de    |
|                               |       | Horas              | *0.001" | mm     | Expans.    | *0.001" | mm     | Expans.    | *0.001" | mm     | Expans. |
| 16/12/2019                    | 12:12 | 0 h 00 min         | 0       | 0.000  | 0.00%      | 0       | 0.000  | 0.00%      | 0       | 0.000  | 0.00%   |
| 17/12/2019                    | 12:23 | 24 h 11 min        | 26      | 0.660  | 0.57%      | 15      | 0.381  | 0.33%      | 29      | 0.737  | 0.63%   |
| 18/12/2019                    | 12:10 | 47 h 58 min        | 67      | 1.702  | 1.46%      | 87      | 2.210  | 1.90%      | 101     | 2.565  | 2.20%   |
| 19/12/2019                    | 12:10 | 71 h 58 min        | 67      | 1.702  | 1.46%      | 87      | 2.210  | 1.90%      | 101     | 2.565  | 2.20%   |
| 20/12/2019                    | 12:30 | 96 h 18 min        | 69      | 1.753  | 1.51%      | 90      | 2.286  | 1.96%      | 104     | 2.642  | 2.27%   |

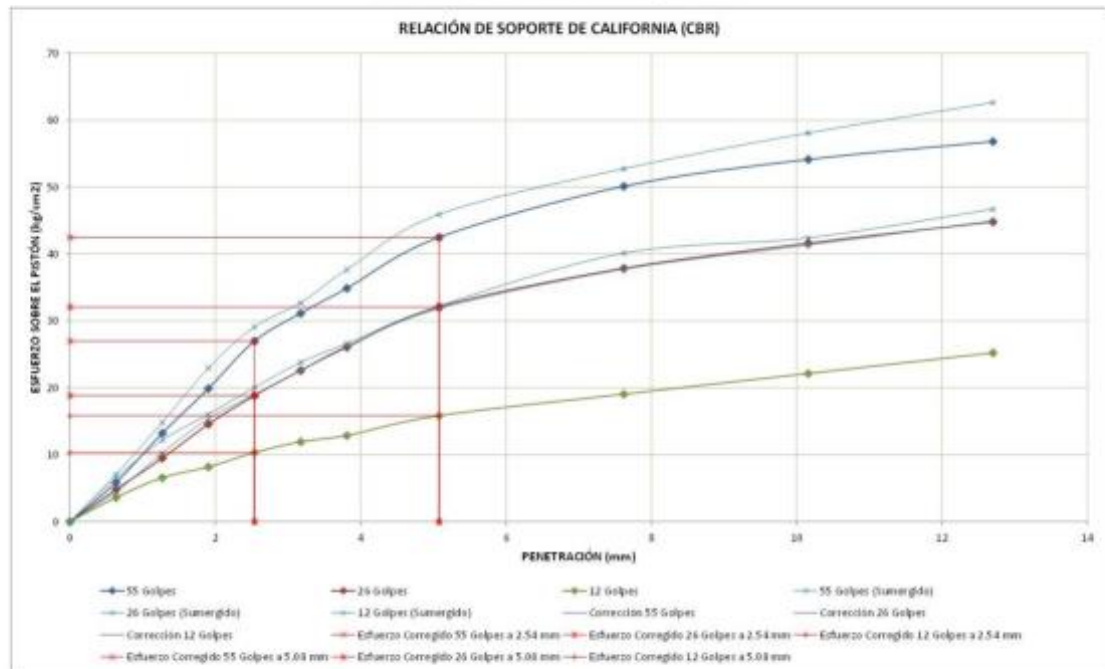
| DATOS DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN (CBR)       |         | MUESTRA 01  |         |        |                    | MUESTRA 02 |         |        |                    | MUESTRA 03 |         |        |                    |        |
|---|---------|-------------|---------|--------|--------------------|------------|---------|--------|--------------------|------------|---------|--------|--------------------|--------|
| Carga Unitaria Patrón (kg/cm <sup>2</sup> ) | Dial    | Penetración | Dial    | Fuerza | Esfuer.            | CBR        | Dial    | Fuerza | Esfuer.            | CBR        | Dial    | Fuerza | Esfuer.            | CBR    |
|   | *0.001" | mm          | *2.50kg | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %          | *2.50kg | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %          | *2.50kg | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %      |
| 0   | 0.000   | 0           | 0.00    | 0.00   | 0.00               | 0          | 0.00    | 0.00   | 0.00               | 0          | 0.00    | 0.00   | 0.00               | 0.00   |
| 25  | 0.635   | 44          | 113.79  | 5.88   | 36                 | 95.18      | 4.81    | 27     | 70.11              | 3.62       | 49      | 127.27 | 6.54               | 31.62  |
| 50  | 1.270   | 99          | 256.03  | 13.23  | 71                 | 185.78     | 9.50    | 49     | 127.27             | 6.54       | 61      | 158.44 | 8.19               | 43.58  |
| 75  | 1.905   | 149         | 385.34  | 19.91  | 109                | 282.13     | 14.59   | 61     | 158.44             | 8.19       | 77      | 200.00 | 10.33              | 55.62  |
| 100   | 2.540   | 202         | 522.41  | 26.99  | 141                | 364.96     | 18.84   | 77     | 200.00             | 10.33      | 101     | 265.00 | 13.40              | 71.43  |
| 125   | 3.175   | 233         | 602.58  | 31.13  | 169                | 437.44     | 22.60   | 89     | 231.17             | 11.94      | 119     | 306.50 | 15.84              | 84.00  |
| 150   | 3.810   | 261         | 674.99  | 34.87  | 195                | 504.74     | 26.08   | 96     | 249.35             | 12.88      | 141     | 368.84 | 19.06              | 101.62 |
| 200   | 5.080   | 318         | 822.41  | 42.49  | 240                | 621.21     | 32.10   | 118    | 306.50             | 15.84      | 158     | 408.58 | 22.14              | 114.00 |
| 300   | 7.620   | 375         | 969.82  | 50.11  | 283                | 732.52     | 37.85   | 142    | 368.84             | 19.06      | 188     | 488.32 | 25.23              | 136.00 |
| 400   | 10.160  | 409         | 1047.80 | 54.12  | 311                | 804.99     | 41.59   | 165    | 428.58             | 22.14      | 209     | 540.00 | 27.00              | 144.00 |
| 500   | 12.700  | 475         | 1209.13 | 56.79  | 335                | 867.11     | 44.85   | 188    | 488.32             | 25.23      | 236     | 608.00 | 28.00              | 150.00 |

| PENETRACIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN         |         | MUESTRA 04  |         |        |                    | MUESTRA 05 |         |        |                    | MUESTRA 06 |         |        |                    |        |
|---|---------|-------------|---------|--------|--------------------|------------|---------|--------|--------------------|------------|---------|--------|--------------------|--------|
| Carga Unitaria Patrón (kg/cm <sup>2</sup> ) | Dial    | Penetración | Dial    | Fuerza | Esfuer.            | CBR        | Dial    | Fuerza | Esfuer.            | CBR        | Dial    | Fuerza | Esfuer.            | CBR    |
|   | *0.001" | mm          | *2.50kg | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %          | *2.50kg | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %          | *2.50kg | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %      |
| 0   | 0.000   | 0           | 0.00    | 0.00   | 0.00               | 0          | 0.00    | 0.00   | 0.00               | 0          | 0.00    | 0.00   | 0.00               | 0.00   |
| 25  | 0.635   | 53          | 136.93  | 7.07   | 49                 | 126.83     | 6.55    | 33     | 85.42              | 4.81       | 61      | 158.44 | 8.19               | 43.58  |
| 50  | 1.270   | 111         | 286.78  | 14.82  | 81                 | 215.54     | 12.17   | 77     | 200.00             | 10.33      | 101     | 265.00 | 13.40              | 71.43  |
| 75  | 1.905   | 172         | 444.38  | 22.94  | 120                | 310.61     | 16.05   | 115    | 297.67             | 15.18      | 141     | 368.84 | 19.06              | 101.62 |
| 100   | 2.540   | 218         | 563.23  | 29.10  | 150                | 388.26     | 20.06   | 142    | 368.84             | 19.06      | 188     | 488.32 | 25.23              | 136.00 |
| 125   | 3.175   | 245         | 632.99  | 32.70  | 178                | 460.73     | 23.80   | 169    | 437.44             | 22.60      | 209     | 540.00 | 27.00              | 144.00 |
| 150   | 3.810   | 282         | 728.56  | 37.64  | 199                | 515.09     | 26.61   | 196    | 507.33             | 26.21      | 236     | 608.00 | 28.00              | 150.00 |
| 200   | 5.080   | 344         | 888.76  | 45.92  | 241                | 623.80     | 32.23   | 238    | 616.04             | 31.83      | 288     | 740.00 | 33.71              | 174.00 |
| 300   | 7.620   | 395         | 1020.53 | 52.73  | 300                | 776.52     | 40.12   | 282    | 729.93             | 37.71      | 309     | 799.61 | 41.12              | 188.00 |
| 400   | 10.160  | 435         | 1123.87 | 58.07  | 317                | 820.52     | 42.39   | 309    | 799.61             | 41.12      | 336     | 869.70 | 44.93              | 200.00 |
| 500   | 12.700  | 469         | 1211.71 | 62.61  | 349                | 903.35     | 46.67   | 336    | 869.70             | 44.93      | 369     | 940.00 | 48.00              | 220.00 |

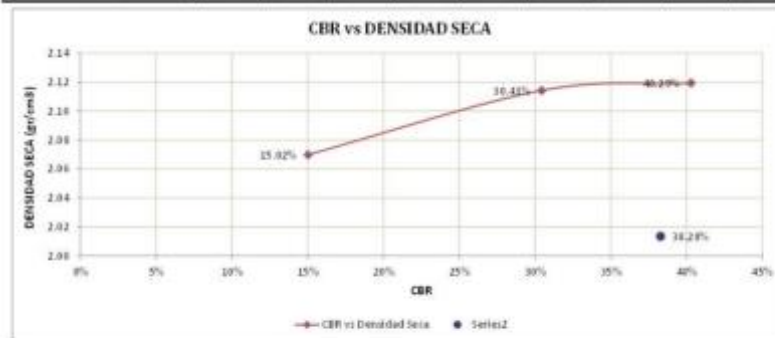


Proyecto: "Efectividad del diseño de magreón hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carreta vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancuabamba, distrito de Chapimayta, provincia de Aynasay - 2019"  
 Ubicación: CHAPIMAYTA - AYNASAY - AZUAYAS  
 Progresiva: 00 + 600  
 Calicata: 05  
 Profundidad: 1,50 m  
 Muestra: Sub Rasante  
 Fecha: jueves, 12 de Diciembre de 2019

**RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**  
 MTC E 132 - 2016. Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193



| CORRECCIONES          | MUESTRA 01      |                    |       | MUESTRA 02      |                    |       | MUESTRA 03      |                    |       |        |
|-----------------------|-----------------|--------------------|-------|-----------------|--------------------|-------|-----------------|--------------------|-------|--------|
|                       | Penetr. Correg. | Esfuer. Correg.    | CBR   | Penetr. Correg. | Esfuer. Correg.    | CBR   | Penetr. Correg. | Esfuer. Correg.    | CBR   |        |
|                       | mm              | kg/cm <sup>2</sup> | %     | mm              | kg/cm <sup>2</sup> | %     | mm              | kg/cm <sup>2</sup> | %     |        |
| Carga Unitaria Patrón | 70.31           | 2.540              | 26.99 | 38.39%          | 2.540              | 18.86 | 26.82%          | 2.540              | 10.33 | 14.70% |
|                       | 105.46          | 5.080              | 42.40 | 40.29%          | 5.080              | 32.10 | 30.43%          | 5.080              | 15.84 | 15.02% |



**RESULTADOS**

| Número de Golpes | Expansión | Absorción |
|------------------|-----------|-----------|
| 56               | 1.51%     | 1.41%     |
| 26               | 1.96%     | 1.91%     |
| 12               | 2.27%     | 1.42%     |

|   |      |
|---|------|
| Densidad Seca Máxima (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.12 |
| 95% de la DSM (g/cm <sup>3</sup> )        | 2.01 |

| Número de Golpes | CBR    | Densidad Seca          |
|------------------|--------|------------------------|
| 56               | 40.29% | 2.12 g/cm <sup>3</sup> |
| 26               | 30.43% | 2.11 g/cm <sup>3</sup> |
| 12               | 15.02% | 2.07 g/cm <sup>3</sup> |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| CBR al 100% de la DSM | 40.29% |
| CBR al 95% de la DSM  | 30.20% |

Comprobación de resultados de CBR a 2.54 mm y 5.08 mm  
 CBR (2.54 mm) > CBR (5.08 mm)  
 38.39% > 40.29% FALSO

OBSERVACIONES: EL CBR DE DISEÑO SERÁ EL CORRESPONDIENTE A 5.08 mm

CBR: 40.29%      100%



Proyecto : "Eficacia del uso de magnesiohidróxido en la estabilización de la capa de sublecho en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-El Comodoro, distrito de Chayama, provincia de Ayacucho - 2019"

Ubicación : CHAYAMA - AYUMARÉS - APURÍMAC  
Progresiva : 09 + 600  
Calicata : 09  
Profundidad : 1.50 m  
Muestra : Sub Base 2  
Fecha : Lunes, 16 de Diciembre de 2019

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

MTC E 132 - 2016. Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

| DATOS GENERALES                             |   | DIMENSIONES DEL MOLDE             |  |
|---|---|-----------------------------------|--|
| Densidad Seca Máxima = 1.83 cm <sup>3</sup> | Peso del Martillo = 4.54 Kg             | Diámetro = 15.24 cm               |  |
| Contenido Humedad Óptimo = 8.71%            | Altura de Celda del Martillo = 45.72 cm | Altura = 17.78 cm                 |  |
| Contenido Humedad Natural = 3.06%           | Número de Capas = 5                     | Altura de la Muestra = 11.64 cm   |  |
| Área del Plátón = 19.35 cm <sup>2</sup>     | Altura del Disco Espaciador = 6.34 cm   | Volumen = 2123.85 cm <sup>3</sup> |  |

| Datos del Ensayo de Compactación        | Muestra 01 + 6% MgCl <sub>2</sub> | Muestra 02 + 6% MgCl <sub>2</sub> | Muestra 03 + 6% MgCl <sub>2</sub> |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Número de Golpes por Capa               | 55                                | 20                                | 12                                |
| Peso del Molde (g)                      | 7563.00                           | 7171.00                           | 7279.00                           |
| Peso del Molde + Muestra Compactada (g) | 12458.00                          | 12078.00                          | 12105.00                          |
| Peso de la Muestra Compactada (g)       | 4895.00                           | 4907.00                           | 4826.00                           |
| Densidad Humeda (g/cm <sup>3</sup> )    | 2.39                              | 2.31                              | 2.27                              |
| Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )      | 2.12                              | 2.12                              | 2.08                              |

| Contenido de Humedad                 | Arriba | Medio  | Abajo  | Arriba | Medio  | Abajo  | Arriba | Medio | Abajo |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Peso de Capsula (g)                  | 71.33  | 68.76  | 69.77  | 70.12  | 73.67  | 72.09  | 28.51  | 28.20 | 28.61 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (g) | 116.75 | 119.60 | 124.29 | 114.33 | 123.90 | 129.70 | 79.25  | 81.20 | 81.50 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (g)   | 113.38 | 115.48 | 120.03 | 110.98 | 119.55 | 125.10 | 73.70  | 76.50 | 86.70 |
| Peso del Agua (g)                    | 3.37   | 4.18   | 4.26   | 3.34   | 4.35   | 4.60   | 4.55   | 4.70  | 4.80  |
| Peso de la Muestra Seca (g)          | 42.06  | 46.72  | 50.20  | 40.87  | 45.80  | 53.01  | 45.19  | 48.22 | 58.09 |
| Contenido de Humedad                 | 8.01%  | 8.95%  | 8.40%  | 8.17%  | 9.48%  | 8.68%  | 10.07% | 9.75% | 8.26% |
| Contenido de Humedad Promedio        | 8.46%  |        |        | 8.78%  |        |        | 9.36%  |       |       |

| DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN                                     | MUESTRA 04 |  |  | MUESTRA 05 |  |  | MUESTRA 06 |  |  |
|---|------------|--|--|------------|--|--|------------|--|--|
| Peso del Molde (gr)   | 7563.00    |  |  | 7171.00    |  |  | 7279.00    |  |  |
| Peso del Molde + Muestra Compactada, antes de la Inmersión (gr)   | 12458.00   |  |  | 12078.00   |  |  | 12105.00   |  |  |
| Peso del Molde + Muestra Compactada, después de la Inmersión (gr) | 12522.00   |  |  | 12135.00   |  |  | 12128.00   |  |  |
| Peso del Agua Absorbida (gr)                                      | 64.00      |  |  | 57.00      |  |  | 23.00      |  |  |
| Peso de la Muestra Compactada, antes de la Inmersión (gr)         | 4895.00    |  |  | 4907.00    |  |  | 4826.00    |  |  |
| Peso de la Muestra Compactada, después de la Inmersión (gr)       | 4959.00    |  |  | 4964.00    |  |  | 4849.00    |  |  |
| Peso de la Muestra Seca (gr)                                      | 4511.07    |  |  | 4462.66    |  |  | 4360.59    |  |  |
| Porcentaje de Absorción   | 1.42%      |  |  | 1.28%      |  |  | 0.53%      |  |  |

| CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DE LA INMERSIÓN | Arriba | Medio  | Abajo  | Arriba | Medio  | Abajo  | Arriba | Medio  | Abajo  |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Peso de Capsula (g)                          | 71.33  | 68.76  | 69.77  | 70.12  | 73.67  | 72.09  | 28.51  | 28.20  | 28.61  |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (g)         | 129.85 | 137.20 | 139.85 | 120.40 | 133.20 | 134.25 | 78.60  | 89.88  | 76.15  |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (g)           | 124.16 | 131.33 | 133.69 | 106.42 | 109.04 | 110.08 | 74.24  | 65.45  | 71.00  |
| Peso del Agua (g)                            | 5.69   | 5.87   | 6.16   | 3.98   | 4.16   | 4.17   | 4.36   | 4.43   | 5.15   |
| Peso de la Muestra Seca (gr)                 | 52.83  | 62.57  | 63.92  | 36.30  | 35.37  | 37.99  | 45.73  | 37.17  | 42.39  |
| Contenido de Humedad                         | 10.77% | 9.38%  | 9.64%  | 10.96% | 11.76% | 10.98% | 9.53%  | 11.92% | 12.15% |
| Contenido de Humedad Promedio                | 9.59%  |        |        | 11.23% |        |        | 11.20% |        |        |
| Porcentaje de Absorción                      | 1.45%  |        |        | 1.46%  |        |        | 1.84%  |        |        |
| Porcentaje de Absorción Promedio             | 1.43%  |        |        | 1.87%  |        |        | 1.18%  |        |        |

| DATOS DEL ENSAYO DE EXPANSIÓN |       | MUESTRA 04          |         |        | MUESTRA 05 |         |        | MUESTRA 06 |         |        |         |
|-------------------------------|-------|---------------------|---------|--------|------------|---------|--------|------------|---------|--------|---------|
| Fecha                         | Hora  | Tiempo Transcurrido | Dial    | Deform | % de       | Dial    | Deform | % de       | Dial    | Deform | % de    |
|                               |       | Horas               | "0.001" | mm     | Expans.    | "0.001" | mm     | Expans.    | "0.001" | mm     | Expans. |
| 16/12/2019                    | 12:12 | 0 h 00 min          | 0       | 0.000  | 0.00%      | 0       | 0.000  | 0.00%      | 0       | 0.000  | 0.00%   |
| 17/12/2019                    | 12:23 | 24 h 11 min         | 26      | 0.660  | 0.57%      | 15      | 0.381  | 0.33%      | 29      | 0.737  | 0.63%   |
| 18/12/2019                    | 12:10 | 47 h 58 min         | 67      | 1.702  | 1.46%      | 87      | 2.210  | 1.90%      | 101     | 2.565  | 2.20%   |
| 19/12/2019                    | 12:10 | 71 h 58 min         | 67      | 1.702  | 1.46%      | 87      | 2.210  | 1.90%      | 101     | 2.565  | 2.20%   |
| 20/12/2019                    | 12:30 | 96 h 18 min         | 69      | 1.753  | 1.51%      | 90      | 2.286  | 1.96%      | 104     | 2.642  | 2.27%   |

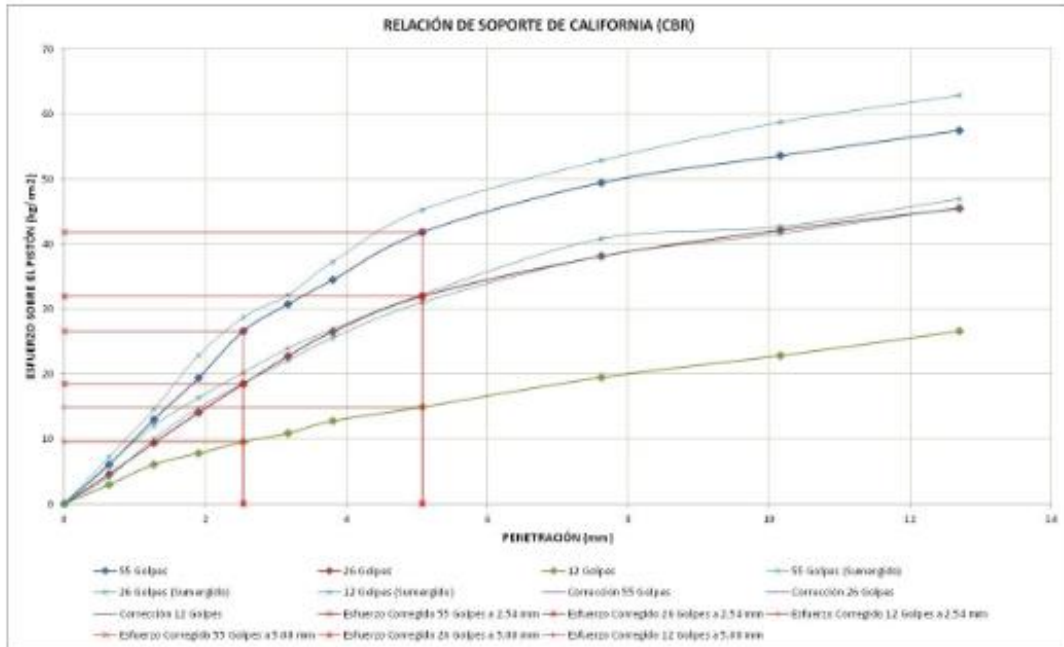
| DATOS DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN (CBR)       |         | MUESTRA 01  |          |        |                    | MUESTRA 02 |          |        |                    | MUESTRA 03 |          |        |                    |     |
|---|---------|-------------|----------|--------|--------------------|------------|----------|--------|--------------------|------------|----------|--------|--------------------|-----|
| Carga Unitaria Patrón (kg/cm <sup>2</sup> ) | Dial    | Penetración | Dial     | Fuerza | Esfuer.            | CBR        | Dial     | Fuerza | Esfuer.            | CBR        | Dial     | Fuerza | Esfuer.            | CBR |
|   | "0.001" | mm          | "2.58kg" | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %          | "2.58kg" | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %          | "2.58kg" | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %   |
| 0   | 0.000   | 0           | 0.00     | 0.00   | 0.00               | 0          | 0.00     | 0.00   | 0.00               | 0          | 0.00     | 0.00   | 0.00               | 0   |
| 25  | 0.635   | 45          | 116.38   | 6.01   | 3.4                | 88.01      | 4.55     | 22     | 57.14              | 2.95       | 45       | 116.88 | 6.04               |     |
| 50  | 1.270   | 97          | 250.86   | 12.96  | 70                 | 181.19     | 9.56     | 45     | 116.88             | 6.04       | 75       | 190.65 | 7.78               |     |
| 70.31                                       | 1.905   | 145         | 375.00   | 19.37  | 105                | 271.78     | 14.04    | 58     | 150.65             | 7.78       | 100      | 254.0  | 9.53               |     |
| 100   | 2.540   | 199         | 514.65   | 26.59  | 138                | 357.20     | 18.46    | 71     | 184.42             | 9.53       | 135      | 345.55 | 13.55%             |     |
| 125   | 3.175   | 230         | 594.82   | 30.73  | 170                | 440.03     | 22.73    | 81     | 210.39             | 10.87      | 150      | 381.0  | 12.75              |     |
| 150   | 3.810   | 258         | 667.23   | 34.47  | 198                | 512.50     | 26.48    | 95     | 246.76             | 12.75      | 175      | 446.25 | 14.13%             |     |
| 105.46                                      | 200     | 5.080       | 313      | 809.47 | 41.82              | 39.66%     | 239      | 618.63 | 31.96              | 30.31%     | 111      | 288.32 | 14.90              |     |
| 300   | 7.620   | 370         | 956.89   | 49.44  | 285                | 737.69     | 38.11    | 145    | 376.63             | 19.46      | 200      | 508.0  | 22.81              |     |
| 400   | 10.160  | 401         | 1057.06  | 53.58  | 315                | 815.34     | 42.13    | 170    | 441.56             | 22.81      | 250      | 635.0  | 26.57              |     |
| 500   | 12.700  | 430         | 1112.06  | 57.46  | 340                | 880.05     | 45.47    | 198    | 514.29             | 26.57      |          |        |                    |     |

| PENETRACIÓN DESPUES DE LA INMERSIÓN         |         | MUESTRA 04  |          |        |                    | MUESTRA 05 |          |        |                    | MUESTRA 06 |          |         |                    |     |
|---|---------|-------------|----------|--------|--------------------|------------|----------|--------|--------------------|------------|----------|---------|--------------------|-----|
| Carga Unitaria Patrón (kg/cm <sup>2</sup> ) | Dial    | Penetración | Dial     | Fuerza | Esfuer.            | CBR        | Dial     | Fuerza | Esfuer.            | CBR        | Dial     | Fuerza  | Esfuer.            | CBR |
|   | "0.001" | mm          | "2.58kg" | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %          | "2.58kg" | kg     | kg/cm <sup>2</sup> | %          | "2.58kg" | kg      | kg/cm <sup>2</sup> | %   |
| 0   | 0.000   | 0           | 0.00     | 0.00   | 0.00               | 0          | 0.00     | 0.00   | 0.00               | 0          | 0.00     | 0.00    | 0.00               | 0   |
| 25  | 0.635   | 54          | 139.52   | 7.21   | 46                 | 119.07     | 6.35     | 31     | 80.24              | 4.15       | 54       | 139.52  | 7.21               |     |
| 50  | 1.270   | 109         | 281.61   | 14.55  | 80                 | 202.96     | 12.04    | 75     | 194.13             | 10.03      | 109      | 281.61  | 14.55              |     |
| 70.31                                       | 1.905   | 171         | 441.80   | 22.83  | 122                | 315.78     | 16.32    | 110    | 284.72             | 14.71      | 171      | 441.80  | 22.83              |     |
| 100   | 2.540   | 215         | 555.48   | 28.70  | 151                | 390.85     | 20.19    | 139    | 359.79             | 18.59      | 215      | 555.48  | 28.70              |     |
| 125   | 3.175   | 241         | 622.65   | 32.17  | 179                | 463.32     | 23.94    | 165    | 427.09             | 22.07      | 241      | 622.65  | 32.17              |     |
| 150   | 3.810   | 279         | 720.83   | 37.24  | 203                | 520.27     | 26.88    | 191    | 494.38             | 25.54      | 279      | 720.83  | 37.24              |     |
| 105.46                                      | 200     | 5.080       | 339      | 875.85 | 45.25              | 42.91%     | 241      | 623.80 | 32.23              | 30.56%     | 232      | 600.51  | 31.03              |     |
| 300   | 7.620   | 396         | 1023.11  | 52.86  | 305                | 789.46     | 40.79    | 285    | 737.69             | 38.11      | 396      | 1023.11 | 52.86              |     |
| 400   | 10.160  | 440         | 1136.79  | 58.73  | 319                | 825.70     | 42.66    | 311    | 804.59             | 41.59      | 440      | 1136.79 | 58.73              |     |
| 500   | 12.700  | 471         | 1216.88  | 62.87  | 351                | 908.53     | 46.94    | 341    | 882.64             | 45.60      | 471      | 1216.88 | 62.87              |     |



Proyecto : "Eficiencia del diseño de magrezo estabilizado en la estabilización de tiraje de rodadura en subcarreteras vecinal Lima-San Santiago-Arcobamba, distrito de Dosquebradas, provincia de Ayacucho - 2019"  
Ubicación : DISTRICCIÓN - AYACUCHAS - AYAHUAC  
Progresiva : 00 + 600  
Calleata : 00  
Profundidad : 1,50 m  
Muestra : Sub Base  
Fecha : lunes, 26 de Diciembre de 2019

**RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**  
MTC E 512 - 2016, Basado en la Norma ASTM D-1557 y MGHTO T.162



| CORRECCIONES | MUESTRA 01      |                    |        | MUESTRA 02      |                    |        | MUESTRA 03      |                    |        |
|--------------|-----------------|--------------------|--------|-----------------|--------------------|--------|-----------------|--------------------|--------|
|              | Penetr. Correg. | Esfuerzo Correg.   | CBR    | Penetr. Correg. | Esfuerzo Correg.   | CBR    | Penetr. Correg. | Esfuerzo Correg.   | CBR    |
|              | mm              | kg/cm <sup>2</sup> | %      | mm              | kg/cm <sup>2</sup> | %      | mm              | kg/cm <sup>2</sup> | %      |
| 70.31        | 2.540           | 26.59              | 37.82% | 2.540           | 18.46              | 26.29% | 2.540           | 9.53               | 18.89% |
| 305.46       | 5.080           | 41.82              | 39.66% | 5.080           | 31.96              | 30.31% | 5.080           | 14.39              | 14.13% |



**RESULTADOS**

| Número de Golpes                           | Expansión | Absorción |
|--|-----------|-----------|
| 55   | 1.51%     | 1.43%     |
| 26   | 1.96%     | 1.87%     |
| 12   | 2.27%     | 1.19%     |
| Densidad Seca Máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) |           | 2.12      |
| 95% de la DSM (gr/cm <sup>3</sup> )        |           | 2.02      |

| Número de Golpes      | CBR    | Densidad Seca           |
|-----------------------|--------|-------------------------|
| 55                    | 39.66% | 2.12 gr/cm <sup>3</sup> |
| 26                    | 30.31% | 2.12 gr/cm <sup>3</sup> |
| 12                    | 14.13% | 2.08 gr/cm <sup>3</sup> |
| CBR al 100% de la DSM |        | 39.66%                  |
| CBR al 85% de la DSM  |        | 37.67%                  |

Comparación de resultados de CBR a 2.54 mm y 5.08 mm  
CBR (2.54 mm) > CBR (5.08 mm)  
37.82% > 39.66% FALSO

OBSERVACIONES: EL CBR DE DISEÑO SERÁ EL CORRESPONDIENTE A 5.08 mm

**CBR: 39.66%**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



Proyecto : "Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Ayмараes – 2019"  
 Ubicación : CHAPIMARCA - AYMARAEES - APURIMAC  
 Progresiva : 09 + 600  
 Calicata : 09  
 Profundidad : 1.50 m  
 Muestra : Sub Rasante  
 Fecha : viernes, 20 de Diciembre de 2019

**ABRASIÓN DE AGREGADO GRUESO MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (MTC E-207 )**

| MUESTRA N°           |     | 1       |
|----------------------|-----|---------|
| Procedencia          |     | Aluvial |
| Tipo de muestra      |     | Crudo   |
| Gradación usada      |     | A       |
| No. de esferas       |     | 12      |
| No. de revoluciones  |     | 500     |
| Peso muestra inicial | (g) | 5021    |
| Peso muestra final   | (g) | 3985    |
| Pérdida              | (g) | 1036    |
| Desgaste             | %   | 20.63   |

| DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES |       |          |       |                                    |      |      |      |      |      |      |
|--|-------|----------|-------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| TAMAÑOS  |       |          |       | MASA Y GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA |      |      |      |      |      |      |
| PASA   |       | RETENIDO |       | A                                  | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| mm   | in    | mm       | in    |                                    |      |      |      |      |      |      |
| 76,1   | 3     | 64,0     | 2 1/2 |                                    |      |      |      | 2500 |      |      |
| 64,0   | 2 1/2 | 50,8     | 2     |                                    |      |      |      | 2500 |      |      |
| 50,8   | 2     | 38,1     | 1 1/2 |                                    |      |      |      | 5000 | 5000 |      |
| 38,1   | 1 1/2 | 25,4     | 1     | 1250                               |      |      |      |      | 5000 | 5000 |
| 25,4   | 1     | 19,0     | 3/4   | 1250                               |      |      |      |      |      | 5000 |
| 19,0   | 3/4   | 12,7     | 1/2   | 1250                               | 2500 |      |      |      |      |      |
| 12,7   | 1/2   | 9,5      | 3/8   | 1250                               | 2500 |      |      |      |      |      |
| 9,5  | 3/8   | 6,3      | No 3  |                                    |      | 2500 |      |      |      |      |
| 6,3  | No 3  | 4,8      | No 4  |                                    |      | 2500 |      |      |      |      |
| 4,8  | No 4  | 2,4      | No 8  |                                    |      |      | 5000 |      |      |      |
| <b>NÚMERO DE ESFERAS</b>                             |       |          |       | 12                                 | 11   | 8    | 6    | 12   | 12   | 12   |
| <b>NÚMERO DE REVOLUCIONES</b>                        |       |          |       | 500                                | 500  | 500  | 500  | 1000 | 1000 | 1000 |

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



Proyecto : "Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes –  
Ubicación : CHAPIMARCA - AYMARAES - APURIMAC  
Progresiva : 09 + 600  
Calicata : 09  
Profundidad : 1.50 m  
Muestra : Sub Rasante  
Fecha : jueves, 20 de Febrero de 2020

**DENSIDAD IN SITU METODO CONO DE ARENA**

Norma Técnica MTC E 117, ASTM D 1556

| Carril                                       | Sin Bischofita |                   | Con Bischofita |                   |
|--|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
|  | 1              |                   | 1              |                   |
| P. inicial arena + frasco (Wo)               | 6588.00        | g                 | 6823.00        | g                 |
| P. final arena + frasco (Wf)                 | 885.00         | g                 | 1803.00        | g                 |
| P. arena en cono y placa (Wc)                | 1608.00        | g                 | 1608.00        | g                 |
| P. nitario arena (yd)                        | 1.39           | g/cm <sup>3</sup> | 1.39           | g/cm <sup>3</sup> |
| P. arena en hoyo (We)                        | 4095.00        | g                 | 3412.00        | g                 |
| Volumen hueco (V)                            | 2938.61        | cm <sup>3</sup>   | 2448.48        | cm <sup>3</sup>   |
| Recipiente N°                                | D              |                   | D              |                   |
| P. total húmedo (Wth)                        | 6602.00        | g                 | 5632.00        | g                 |
| P. recipiente (t)                            | 212.00         | g                 | 212.00         | g                 |
| P. suelo húmedo (Wh)                         | 6390.00        | g                 | 5420.00        | g                 |
| Volumen suelo húmedo (Vh)                    | 2938.61        | cm <sup>3</sup>   | 2448.48        | cm <sup>3</sup>   |
| Densidad suelo húmedo (yh)                   | 2.17           | g/cm <sup>3</sup> | 2.21           | g/cm <sup>3</sup> |
| Recipiente (capsula) N°                      | G              |                   | G              |                   |
| P. total húmedo (Wth)                        | 6602.00        | g                 | 5632.00        | g                 |
| P. total seco (Wts)                          | 6368.00        | g                 | 5385.00        | g                 |
| P. recipiente (t) (capsula)                  | 212.00         | g                 | 161.00         | g                 |
| P. agua (Ww)                                 | 234.00         | g                 | 247.00         | g                 |
| P. suelo seco (Ws)                           | 6156.00        | g                 | 5224.00        | g                 |
| % humedad suelo (%w)                         | 3.80           | %                 | 4.73           | %                 |
| Densidad suelo seco (yd)                     | 2.09           | g/cm <sup>3</sup> | 2.11           | g/cm <sup>3</sup> |
| Densidad máxima proctor (y <sub>dmax</sub> ) | 2.13           | g/cm <sup>3</sup> | 2.12           | g/cm <sup>3</sup> |
| Porcentaje exigido                           | 100.00         | %                 | 100.00         | %                 |
| Porcentaje alcanzado                         | 98.33          | %                 | 99.73          | %                 |

Determinación de Contenido de Humedad MTC E 108 (ASTM D 2216 )

| Recipiente N°                        | 1       | 2       |
|--------------------------------------|---------|---------|
| Peso de capsula (g)                  | 212.00  | 161.00  |
| Peso de capsula + muestra húmeda (g) | 6602.00 | 5632.00 |
| Peso de capsula + muestra seca (g)   | 6368.00 | 5385.00 |
| Peso del agua (g)                    | 234.00  | 247.00  |
| Peso de la muestra seca (g)          | 6156.00 | 5224.00 |
| Contenido de Humedad                 | 3.80%   | 4.73%   |

**OBSERV.:** \_\_\_\_\_



## Resolución Directoral

N° 10-2014-MTC/14  
Lima, 09 de abril del 2014.

### CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Supremo N° 034-2008-MTC se aprobó el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, el cual tiene, entre otros objetivos, definir las pautas para las normas técnicas de diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, caminos y vías urbanas;

Que, dicho reglamento ha previsto en su artículo 20° la relación de manuales de gestión de carreteras, que deben ser aprobados. Asimismo, ha precisado en su artículo 18° que los manuales son documentos de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio, que sirven como instrumentos técnicos a las diferentes fases de gestión de la infraestructura vial;

Que, uno de los manuales de gestión de carreteras, es el Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, el cual, según el artículo 22° del mismo reglamento, contiene las normas, guías y procedimientos de los estudios de suelos, geología, geotecnia y diseño de pavimentos. Dicho manual, asimismo, está conformado por dos (02) secciones: i) Suelos y Pavimentos, y ii) Geología y Geotecnia;

Que, el artículo 19° del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, establece que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en su calidad de órgano rector a nivel nacional, en materia de transporte y tránsito terrestre, elabora, actualiza y aprueba los manuales para la gestión de la infraestructura vial. Asimismo; en el Numeral 4.1, de su artículo 4°, se precisa que este Ministerio, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial, fiscalizar su cumplimiento, e interpretar las normas técnicas contenidas en dicho reglamento;

Que, de otro lado, según el artículo 60° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aprobado por Decreto Supremo N° 021-2007-MTC, la Dirección Normatividad Vial de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, es la unidad orgánica que tiene como una sus funciones, la de formular y actualizar normas de carácter técnico y/o administrativas relacionadas con la gestión de infraestructura vial (estudios, construcción, rehabilitación, mejoramiento, mantenimiento y uso de caminos);

Que, en virtud a ello y en ejercicio de sus competencias, la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, mediante la Resolución Directoral N° 05-2013-MTC/14 de fecha 18 de febrero del 2013, aprobó la Sección: Suelos y Pavimentos del Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Dicha resolución fue publicada en el Diario Oficial "El Peruano" en fecha 06 de marzo del 2013;



**N° 10-2014-MTC/14**  
**Lima, 09 de abril del 2014.**

Que, de acuerdo a lo previsto en el artículo tercero de la Resolución Directoral N° 05-2013-MTC/14, la Sección Suelos y Pavimentos del citado manual entró en vigencia al día siguiente de su publicación en el diario oficial; es decir, el día 07 de marzo del 2013;

Que, con posterioridad a la aprobación de la Sección: Suelos y Pavimentos del Manual de Carreteras- Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, la Dirección de Normatividad Vial de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles ha advertido la existencia de algunos errores materiales, los cuales requieren ser corregidos a fin de evitar confusión o errores de interpretación. En ese sentido, ha realizado una revisión total de la citada sección y, como consecuencia de ello, ha elaborado una versión actualizada de la misma, al mes de abril del 2014;

Que, en atención a ello, la Dirección de Normatividad Vial, ha emitido el Informe N° 014-2014-MTC/14.04, de fecha 09 de abril del 2014, mediante el cual ha planteado a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, la aprobación de una nueva versión (a abril del 2014) de la Sección: Suelos y Pavimentos del Manual de Carreteras- Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Asimismo, en dicho informe ha considerado que, de conformidad con lo previsto en el Numeral 3.2 del artículo 14° del "Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General" aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, resulta innecesaria la prepublicación de dicha versión ya que las modificaciones que prevé solo se contraen a correcciones de errores materiales y aspectos formales;



Que, en virtud de lo expuesto, resulta pertinente dictar el acto administrativo de aprobación correspondiente;



De conformidad con la Ley N° 29370-Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Decreto Supremo N° 021-2007-MTC, y en uso de las facultades conferidas por Resolución Ministerial N° 506-2008-MTC/02;

**SE RESUELVE:**



**ARTÍCULO PRIMERO.-** Aprobar la versión a abril del 2014 de la Sección: Suelos y Pavimentos del Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, el cual obra en Anexo que consta de trescientos un (301) páginas.

De conformidad con el artículo 18° del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, la sección aprobada constituye un documento de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio.

El original de la sección aprobada forma parte integrante de la presente Resolución Directoral.

N° 10-2014-MTC/14  
Lima, 09 de abril del 2014.

**ARTÍCULO SEGUNDO.-** Dejar sin efecto la Resolución Directoral N° 05-2013-MTC/14.

**ARTÍCULO TERCERO.-** Disponer la publicación de la presente Resolución Directoral en el Diario Oficial "El Peruano". Asimismo, disponer la publicación de esta resolución y de su Anexo, en la página web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (<http://www.mintc.gob.pe>).

**ARTÍCULO CUARTO.-** La norma aprobada por el artículo primero de la presente resolución, entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial "El Peruano".

**ARTÍCULO QUINTO.-** Disponer la remisión a la Dirección General de Desarrollo y Ordenamiento Jurídico del Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, en un plazo no mayor de tres (3) días hábiles de la publicación de la resolución directoral en el Diario Oficial "El Peruano", copia autenticada y el archivo electrónico del Anexo respectivo.

Regístrese, comuníquese y publíquese,



  
WALTER N. ZECENARRO MÁTEUS  
DIRECTOR GENERAL  
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles



## Panel Fotográfico



Cuarteo de la muestra calicata n° 6 km 15+000 para realizar el análisis de granulometría por tamizado.



En esta vista se observa realizando el tamizado para el análisis granulométrico



Muestra que pasa tamiz n° 40 para realizar las pruebas de consistencia de la calicata 10 del km 22+300



Se realiza la prueba para límite líquido en la cuchara de Casagrande



Preparación de la muestra para límite plástico.



Fractura de la muestra para realizar la prueba de los índices de consistencia.



Realizando la colocación de la muestra fracturada en las capsulas para poner al horno durante 24 horas a 105°C.



Tamizado de muestra para realizar prueba de compactación relaciones humedad - densidad (Próctor modificado)



Preparación de la muestra según para contenido de humedad óptima y densidad máxima seca.



Muestra pesada para combinar con agua a diferentes porcentajes para mostrar la curva entre densidad seca y contenido de humedad.



Colocación de papel filtro para la prueba de relación de soporte de california (CBR) con muestra de la calicata 09.



Pesado de la muestra más molde para la prueba de relación de soporte de california (CBR) con muestra de la calicata 09.



Sumergido de la muestra más molde para la prueba de relación de soporte de california (CBR) con muestra de la cantera 01.



Calibrado de la muestra más molde para la prueba de relación de soporte de california (CBR) con muestra de la cantera 01.



Realizando la prueba de desgaste por medio de la máquina de los ángeles con muestra de la calicata 09 según MTC E-207 basado en las normas ASTM C-131 y C-535



Transporte con volquetes del material de la cantera 09 para terraplén en la localidad de Santa Rosa, donde se realizó la prueba incrementando bischofita al 4%



Se observa a la maquinaria motoniveladora realizando la conformación del terraplén por capas



Se observa a la maquinaria rodillo liso vibratorio realizando la compactación del terraplén por capas



Prueba in situ método cono de arena con bischofita al 4% según MTC E 117 basado en las normas AASHTO T191 y ASTM D1556



Prueba in situ método cono de arena con bischofita al 4% según MTC E 117 basado en las normas AASHTO T191 y ASTM D1556



**SERVICIO DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°: 71686-7203-CLM-2019**

Expediente : 2324-20436-2019  
 Fecha de emisión : 2019-09-20  
 Página : 1 de 2

1. SOLICITANTE : UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES  
 DIRECCIÓN : Av. Perú Nro. 700, Abancay - Apurímac

2. EQUIPO DE MEDICIÓN : BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO  
 MARCA : PATRICK'S TIPO : ELECTRÓNICA  
 MODELO : NO INDICA CAPACIDAD MÁXIMA : 30 kg  
 N° SERIE : NO INDICA DIVISIÓN DE ESCALA (d) : 0.001 kg  
 PROCEDENCIA : NO INDICA DIV. DE VERIFICACIÓN (e) : 1 g  
 IDENTIFICACIÓN : CI-28915 (\*) CLASE DE EXACTITUD : NO INDICA (\*\*)  
 UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

3. FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN.  
 La calibración se realizó el día 13 de Septiembre del 2019 en las instalaciones de UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

4. MÉTODO.  
 La calibración se efectuó por comparación con los patrones de referencia que tienen trazabilidad al DM -INACAL.  
 Se usó como referencia el Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático Clase III y IIII, PC - 001 del SNM - INDECOPI.

5. PATRONES DE REFERENCIA.

| PATRÓN UTILIZADO  | CAPACIDAD   | MARCA          | N° DE CERTIFICADO | TRAZABILIDAD |
|-------------------|-------------|----------------|-------------------|--------------|
| JUEGO DE PESAS E2 | 1 mg a 1 kg | METTLER TOLEDO | LM-C-186-2019     | INACAL       |
| PESA M1           | 5 kg        | NO INDICA      | M-0413-2019       | METROIL      |
| PESA M1           | 10 kg       | NO INDICA      | M-0414-2019       | METROIL      |
| PESA M1           | 20 kg       | NO INDICA      | PE19-C-0388       | KOSSOMET     |

6. CONDICIONES AMBIENTALES.

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura : 21,1 °C a 20,8 °C  
 Humedad Relativa : 60,5 % a 61,4 %

7. OBSERVACIONES.

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.  
 Para el cálculo de la incertidumbre de medición se utilizó un factor de cobertura k=2 que corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Verificar la indicación de cero y la nivelación de su plataforma antes de cada medición.

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del equipo.

(\*) Código de identificación asignado por Advanced Metrology S.A.C.

(\*\*) El equipo no indica clase de exactitud, pero se le a asignado el error máximo permitido de una balanza no automática de clase III.

*César Toledo Baco*  
 Gerencia Técnica



PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE ADVANCED METROLOGY SAC

Jr. Tnte. Aristides del Carpio N° 1626 Urb. Los Cipreces - Cercado de Lima, Lima - Perú Sucursal: Jr. Recuay 504 - Breña  
 Telf.: (511) 564-5492 / 5645244 / 5640612 / 5645937 / 5642046 Cel.: 990381037 / 958800968 / 976950160 / 963754100 / 994194670 / 981167242  
 E-mail: ventas@ametrology.pe / www.ametrology.com

Certificado N° : 71686-7203-CLM-2019  
Página : 2 de 2

| INSPECCIÓN VISUAL |          |            |          |
|-------------------|----------|------------|----------|
| AJUSTE DE CERO    | TIENE    | ESCALA     | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE  | TIENE    | CURSOS     | NO TIENE |
| PLATAFORMA        | TIENE    | NIVELACIÓN | TIENE    |
| SISTEMA DE TRABA  | NO TIENE |            |          |

### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición N°              | Inicial          |           |           | Final            |           |           |
|--------------------------|------------------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|
|                          | Carga L1 = 15 kg | Temp (°C) | Temp (°C) | Carga L2 = 30 kg | Temp (°C) | Temp (°C) |
|                          | I (kg)           | Δ L (g)   | E (g)     | I (kg)           | Δ L (g)   | E (g)     |
| 1                        | 15.000           | 0,5       | 0,0       | 30.000           | 0,5       | 0,0       |
| 2                        | 15.000           | 0,4       | 0,1       | 30.000           | 0,4       | 0,1       |
| 3                        | 15.000           | 0,4       | 0,1       | 30.000           | 0,3       | 0,2       |
| 4                        | 15.000           | 0,5       | 0,0       | 30.000           | 0,4       | 0,1       |
| 5                        | 15.000           | 0,5       | 0,0       | 30.000           | 0,5       | 0,0       |
| 6                        | 15.000           | 0,4       | 0,1       | 30.000           | 0,4       | 0,1       |
| 7                        | 15.000           | 0,4       | 0,1       | 30.000           | 0,4       | 0,1       |
| 8                        | 15.000           | 0,4       | 0,1       | 30.000           | 0,5       | 0,0       |
| 9                        | 15.000           | 0,4       | 0,1       | 30.000           | 0,4       | 0,1       |
| 10                       | 15.000           | 0,5       | 0,0       | 30.000           | 0,4       | 0,1       |
| Diferencia Máxima        |                  |           | 0,1       | 0,2              |           |           |
| Error máximo permitido ± |                  |           | 3,0 g     | 3,0 g            |           |           |

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| Posición de carga        | Carga (kg) mínima * | Inicial             |           |           | Final   |                                   |       |        |     |
|--------------------------|---------------------|---------------------|-----------|-----------|---------|-----------------------------------|-------|--------|-----|
|                          |                     | Determinación de Eo | Temp (°C) | Temp (°C) | Carga L | Determinación del Error corregido |       |        |     |
|                          |                     | I (kg)              | Δ L (g)   | Eo (g)    | I (kg)  | Δ L (g)                           | E (g) | Ec (g) |     |
| 1                        | 0,010               | 0,010               | 0,3       | 0,2       | 10,000  | 10,001                            | 0,4   | 1,1    | 0,9 |
| 2                        |                     | 0,010               | 0,4       | 0,1       |         | 10,003                            | 0,7   | 2,8    | 2,7 |
| 3                        |                     | 0,010               | 0,5       | 0,0       |         | 10,002                            | 0,5   | 2,0    | 2,0 |
| 4                        |                     | 0,010               | 0,3       | 0,2       |         | 10,002                            | 0,4   | 2,1    | 1,9 |
| 5                        |                     | 0,010               | 0,3       | 0,2       |         | 10,003                            | 0,6   | 2,9    | 2,7 |
| Error máximo permitido ± |                     |                     |           |           | 3,0 g   |                                   |       |        |     |

\* valor entre 0 y 10 g

### ENSAYO DE PESAJE

| Carga (kg) | Inicial    |           |           |           | Final      |           |           |           | Máximo e.m.p. (g) |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
|            | Carga (kg) | Temp (°C) | Temp (°C) | Temp (°C) | Carga (kg) | Temp (°C) | Temp (°C) | Temp (°C) |                   |
|            | I (kg)     | Δ L (g)   | E (g)     | Eo (g)    | I (kg)     | Δ L (g)   | E (g)     | Ec (g)    |                   |
| 0,010      | 0,010      | 0,5       | 0,0       | 0,0       | 0,020      | 0,4       | 0,1       | 0,1       | 1,0               |
| 0,020      | 0,020      | 0,4       | 0,1       | 0,1       | 0,020      | 0,4       | 0,1       | 0,1       | 1,0               |
| 3,000      | 3,001      | 0,6       | 0,9       | 0,9       | 3,000      | 0,6       | -0,1      | -0,1      | 3,0               |
| 6,000      | 6,001      | 0,5       | 1,0       | 1,0       | 6,000      | 0,6       | -0,1      | -0,1      | 3,0               |
| 7,500      | 7,502      | 0,5       | 2,0       | 2,0       | 7,500      | 0,5       | 0,0       | 0,0       | 3,0               |
| 10,000     | 10,002     | 0,3       | 2,2       | 2,2       | 10,001     | 0,4       | 1,1       | 1,1       | 3,0               |
| 12,000     | 12,002     | 0,2       | 2,3       | 2,3       | 12,002     | 0,2       | 2,3       | 2,3       | 3,0               |
| 15,000     | 15,002     | 0,3       | 2,2       | 2,2       | 15,002     | 0,2       | 2,3       | 2,3       | 3,0               |
| 18,000     | 18,000     | 0,3       | 0,2       | 0,2       | 18,000     | 0,2       | 0,3       | 0,3       | 3,0               |
| 24,000     | 24,000     | 0,3       | 0,2       | 0,2       | 24,000     | 0,3       | 0,2       | 0,2       | 3,0               |
| 30,000     | 30,000     | 0,3       | 0,2       | 0,2       | 30,000     | 0,2       | 0,3       | 0,3       | 3,0               |

(\*) valor error máximo permitido

Incertidumbre Expandida  $U = 0,82 g + 0,0005053 \times I^*$   
Lectura Corregida:  $I(L)_{corregida} = I(L) - 0,000074439 \times I(L)$

I : Indicación del instrumento      E<sub>o</sub> : Error en cero  
ΔL : Carga añadida                    E<sub>c</sub> : Error corregido  
E : Error del instrumento            I\* : Indicación del instrumento en gramos



PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE ADVANCED METROLOGY SAC

Jr. Tnte. Aristides del Carpio N° 1626 Urb. Los Cipreces - Cercado de Lima, Lima - Perú      Sucursal: Jr. Recuay 504 - Breña  
Telf.: (511) 564-5492 / 5645244 / 5640612 / 5645937 / 5642046      Cel.: 990381037 / 958800968 / 976950160 / 963754100 / 994194670 / 981167242  
E-mail: ventas@ametrology.pe / www.ametrology.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°: 71702-23023-CLF-2019**

Expediente : 2324-20436-2019  
Fecha de emisión : 2019 - 09 - 20  
Página : 1 de 2

1. SOLICITANTE : UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES  
DIRECCIÓN : Av. Perú Nro. 700, Abancay - Apurímac

2. EQUIPO DE MEDICIÓN : MARCO DE CARGA CBR  
MARCA : ELE INTERNATIONAL  
MODELO : 78-0260  
N° DE SERIE : 78-0260-02448  
TIPO DE INDICACIÓN : ANALÓGICO  
PROCEDENCIA : U.S.A.  
ALCANCE : 4.5 kN  
IDENTIFICACIÓN : CI-28931 (\*)  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN.  
La verificación se realizó el día 14 de Septiembre del 2019 en las instalaciones de UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

4. MÉTODO  
La verificación se realizó por comparación directa con patrones calibrados, acorde con las normas UNE-EN ISO 7500-1:2018, ASTM E4.

5. PATRÓN DE MEDICIÓN.

| INSTRUMENTO     | MARCA   | MODELO    | N° DE CERTIFICADO   | TRAZABILIDAD       |
|-----------------|---------|-----------|---------------------|--------------------|
| CELDA DE CARGA  | TECSALE | BTY       | 71495-7185-CLM-2019 | ADVANCED METROLOGY |
| BARÓMETRO       | LUTRON  | MHB-36250 | LFP-438-2018        | INACAL             |
| TERMOHIGRÓMETRO | LUTRON  | MHB-36250 | LH-185-2018         | INACAL             |

6. CONDICIONES AMBIENTALES.  
La verificación se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:  
Temperatura : 21.0 °C a 20.8 °C  
Humedad Relativa : 56.6% a 57.1%  
Presión atmosférica : 769.5 mbar a 769.2 mbar

7. OBSERVACIONES.  

- Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
- Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRACIÓN".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del equipo de medición.
- (\*) Código de identificación asignado por ADVANCED METROLOGY S.A.C.

  
César Toledo Baca  
Gerencia Técnica



PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE ADVANCED METROLOGY SAC

Certificado N° : 71702-23023-CLF-2019  
Página : 2 de 2

### RESULTADOS OBTENIDOS

| INDICACIÓN DEL PATRON<br>(kg) | INDICACIÓN DEL PATRON<br>(kN) | INDICACIÓN DEL RELOJ<br>COMPARADOR<br>(mm) |
|-------------------------------|-------------------------------|--|
| 0                             | 0                             | 0  |
| 11                            | 0,1078                        | 0,0406                                     |
| 51                            | 0,5001                        | 0,2140                                     |
| 101                           | 0,9904                        | 0,4482                                     |
| 148                           | 1,4514                        | 0,6700                                     |
| 202                           | 1,9809                        | 0,9262                                     |
| 257                           | 2,5203                        | 1,1900                                     |
| 306                           | 3,0208                        | 1,4300                                     |
| 355                           | 3,4814                        | 1,6700                                     |
| 408                           | 4,0011                        | 1,9260                                     |
| 450                           | 4,4130                        | 2,1496                                     |

*Tecnología Calidad*



PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE ADVANCED METROLOGY SAC

Jr. Tnte. Aristides del Carpio N° 1626 Urb. Los Cipreces - Cercado de Lima, Lima - Perú Sucursal: Jr. Recuay 504 - Breña  
Tel.: (511) 564-5492 / 5645244 / 5640612 / 5645937 / 5642046 Cel.: 990381037 / 958800968 / 976950160 / 963754100 / 994194670 / 981167242  
E-mail: ventas@ametrology.pe / www.ametrology.com

## Datos Seguridad Bischofita



Nro. De Ref.: 2019-0031

Arequipa, enero 23 de 2019.

Señores: G & M – INCES SRL

Atención: Sr. Wilber Guillén Marca.

Ubicación: Distrito de Chapimarca – Aymaraes – Apurímac - Perú

Saludos.

Por el presente le hago llegar cotización solicitada, como sigue:

| Ord. | Descripción   | Área m <sup>2</sup> | P.U. | Total USD \$. |
|------|---|---------------------|------|---------------|
| 1    | Suministro y aplicación de bischofita para capa de 15 cm.<br>Asumiendo que es un suleo que se aplica por primera vez. Area a aplicar 26 km, ancho de rodadura 4.5 m. ubicado en el Distrito de Chapimarca-Aymaraes-Apurímac-Peru. | 117,000             | 1,25 | 146,250.00    |

### CONDICIONES DEL PROVEEDOR:

1. Durante la aplicación se contará con un Técnico Especialista, una cisterna operada de 5,000 Gal.
2. Plazo de entrega del suministro y aplicación, se hará efectiva a 15 días hábiles después de recibir la Orden de Compra.
3. La forma de pago 45% con la Orden de Compra como adelanto y el saldo a 20 días hábiles luego de prestado el servicio.
4. La vía deberá estar escarificada, nivelada y humectada antes de la aplicación con la solución de bischofita, deberá contar con una moto niveladora y un rodillo de 10TN, para la compactación.
5. Garantía del producto un año.
6. El alojamiento y alimentación corren a cuenta del cliente, cuando se está en obra.
7. La unidad monetaria es en Dólares Americanos y no incluye IGV.

Agradecidos por la atención a la presente, quedamos a la espera de poder concretar negocios con usted.

Atentamente,



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Nombre del Producto** Bischofita  
Código documento 081/02-CH  
Fecha de emisión Julio 2012

### 1. Identificación del producto y del proveedor

**Nombre del producto** RoadMag®  
Bischofita

#### Usos identificados

Estabilizador químico y agente de control de polvo  
Anticongelante y des-congelante de caminos y carreteras  
Control de erosión eólica en tranques, taludes y depósitos industriales

**Proveedor** Sales de Magnesio Limitada (SALMAG LTDA.)  
**Casa Matriz** Sector La Negra S/N, Lotes 1 y 2, Casilla H, Antofagasta  
**Sucursal** El Trovador 4285, Las Condes, Santiago  
**Teléfono** +56 - 2 - 425 22 15  
**Fax** +56 - 2 - 425 24 34  
**Teléfonos de emergencia** +56 - 55 - 341 500  
+56 - 55 - 264 479  
**Sitio Internet** [www.salmag.com](http://www.salmag.com)

### 2. Información sobre la sustancia o mezcla

Este producto es una sustancia.

| Nombre                            | No CAS    | No EC     | No NU        |
|-----------------------------------|-----------|-----------|--------------|
| Cloruro de magnesio hexahidratado | 7791-18-6 | 232-094-6 | No aplicable |

### 3. Identificación de los riesgos

Clasificación de acuerdo a NCh. 382 Of.2004.

No peligroso de acuerdo a NCh. 382 Of.2004

Identificación N. Ch. 2190 Of.2003

No aplica.

Identificación N. Ch. 1411/4 Of.78



Grados de Seguridad

Grado de salud: 1 - Leve  
Grado de inflamabilidad: 0 - Ninguno  
Grado de reactividad: 0 - Ninguno  
Grados especiales: Ninguno

#### Riesgos para la salud de las personas

Puede causar irritación a la piel, ojos y vía respiratoria.

#### Riesgos para el medio ambiente

No descritos

#### Peligros de naturaleza física o química

No descritos

#### Peligros específicos

No descritos

### 4. Medidas de primeros auxilios

Descripción de los primeros auxilios

#### Información general

En caso que los efectos adversos persistan, consulte un médico.  
No administrar nada por vía oral a una persona inconsciente o con calambres.



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

|                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| <b>Nombre del Producto</b> | <b>Bischofita</b> |
| Código documento           | 081/02-CH         |
| Fecha de emisión           | Julio 2012        |

### En caso de inhalación

Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición cómoda para respirar.

Si presenta dificultad respiratoria: llamar a un centro de información toxicológica o a un médico.

### En caso de contacto con la piel

Lavar con agua y jabón abundantes. En caso de irritación cutánea: Consultar a un médico.

### En caso de contacto ocular

Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar los lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Continuar enjuagando. Si la irritación ocular persiste: Consultar a un médico.

### En caso de ingestión

No inducir el vómito, a menos que sea indicado por personal médico. Enjuague la boca y beba abundante agua.

### Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Los siguientes síntomas se pueden presentar

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| En caso de inhalación:           | Puede irritar el tracto respiratorio. La inhalación de productos de descomposición térmica puede generar graves daños al sistema respiratorio.                                      |
| En caso de contacto con la piel: | Puede causar enrojecimiento o irritación  |
| En caso de contacto ocular:      | Puede causar irritación ocular  |
| En caso de ingestión:            | Ingestión de grandes cantidades provoca molestia estomacal. Niveles elevados de magnesio en sangre pueden provocar debilidad muscular, confusión y una disminución en los reflejos. |

### Notas para el médico tratante

Tratamiento sintomático.

## 5. Medidas para combate del fuego

No inflamable.

### Medios de extinción

Medios de extinción apropiados: Polvo químico seco, CO<sub>2</sub>, espuma o cualquier agente clase "ABC".

Medios de extinción no apropiados: Ninguno, pero se debe prestar atención a la compatibilidad con productos adyacentes.

### Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Utilice equipo de respiración autónomo, antiparras y ropa protectora.

### Productos de descomposición térmica

Puede liberar gases/vapores tóxicos/corrosivos por descomposición térmica

Productos de descomposición térmica: Sobre 110° C compuestos de magnesio y ácido clorhídrico. Sobre 300° C cloro(g)

## 6. Medidas para controlar derrames o fugas

### Medidas de emergencia y precauciones personales

Provea ventilación adecuada. Utilice elementos de protección personal.

### Precauciones para el medio ambiente

No permitir que alcance aguas superficiales o desagües. Tomar todas las precauciones necesarias para que los residuos sean recolectados y contenidos.

### Métodos de limpieza

Recoger mecánicamente y colocar en un envase adecuado para su recuperación o eliminación. Lavar con agua para eliminar residuos si ha derramado sobre la calzada de un camino pavimentado.

Material no apropiado para la recolección: No descritos.

### Métodos de eliminación de desechos

Refiérase a sección 13.

## 7. Manipulación y almacenamiento

### Manipulación

Proveer ventilación adecuada. Evitar la generación de polvo. Evitar el contacto con la piel y ojos. Mantener alejado de materiales incompatibles (sección 10).

No comer, beber o fumar al utilizar el producto.

Leer las instrucciones provistas antes de su uso.



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

|                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| <b>Nombre del Producto</b> | <b>Bischofita</b> |
| Código documento           | 081/02-CH         |
| Fecha de emisión           | Julio 2012        |

### Almacenamiento

En lugares con baja humedad ambiental el producto puede almacenarse a granel por periodos prolongados. En zonas de mayor humedad (centro y sur de Chile) debe almacenarse ensacado debido a la gran capacidad de absorción de agua del producto.

## 8. Controles de exposición/protección individual

### Parámetros de control

#### Controles de la exposición

DS. 594: Límite de exposición ocupacional no especificado.

#### Medidas de Ingeniería

Extracción local forzada en áreas críticas para mantener niveles de polvo de acuerdo a la reglamentación nacional.

#### Equipo de protección personal

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Protección respiratoria        | En caso de ventilación insuficiente, utilice protección respiratoria apropiada |
| Protección de las manos        | Guantes de látex o neopreno para manipulación rutinaria.                       |
| Protección de la vista         | Gafas protectoras  |
| Protección de la piel y cuerpo | Vestimenta de protección.  |

#### Medidas de higiene

Lavar manos al término de cada turno y jornada laboral.

#### Medidas de protección ambiental

No permitir que alcance aguas superficiales o desagües.

## 9. Propiedades físicas y químicas

### Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

|  |  |
|--|--|
| Estado físico                          | Sólido   |
| Forma                                  | Agregado de cristales translúcidos                                 |
| Color                                  | Blanco o blanco amarillento, incoloro                              |
| Olor                                   | Inodoro  |
| Umbral olfativo                        | No aplicable   |
| pH                                     | 4,7 (solución acuosa sobresaturada)                                |
| Punto de fusión                        | 116-118 ° C  |
| Punto de ebullición                    | No aplicable, descomposición                                       |
| Temperatura de descomposición (°C)     | No disponible  |
| Temperatura de auto-ignición           | No aplicable   |
| Punto de inflamación                   | No aplicable   |
| Inflamabilidad                         | No inflamable.   |
| Límites sup./inf. inflamabilidad       | No aplicable   |
| Tasa de evaporación                    | No hay datos disponibles.  |
| Presión de vapor                       | No aplicable   |
| Densidad de vapor                      | No hay datos disponibles.  |
| Densidad aparente                      | 0,85-0,9 T/m <sup>3</sup> (promedio)                               |
| Solubilidad                            | Soluble en agua y alcohol. Solubilidad en agua 95 g/100 mL (25 °C) |
| Coefficiente de reparto n-octanol/agua | No aplicable   |
| Viscosidad                             | No aplicable   |
| Propiedades explosivas                 | No explosivo   |
| Propiedades comburentes                | No comburente  |

#### Información adicional

Ninguna

## 10. Estabilidad y reactividad

### Reactividad

Estable bajo condiciones normales de almacenamiento y temperatura.

### Estabilidad química

Estable bajo condiciones normales de almacenamiento y temperatura.



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

|                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| <b>Nombre del Producto</b> | <b>Bischofita</b> |
| Código documento           | 081/02-CH         |
| Fecha de emisión           | Julio 2012        |

### Condiciones que se deben evitar

Contacto con materiales incompatibles. Producto higroscópico, evitar la exposición a humedad ambiental durante el almacenamiento.

### Materiales incompatibles

Oxidantes fuertes y ácido furánico 2-peroxicarboxílico.

### Productos de descomposición peligrosos (descomposición/combustión)

Productos de descomposición térmica: Sobre 110° C compuestos de magnesio y ácido clorhídrico. Sobre 300°C cloro(g)

### Posibilidad de reacciones peligrosas/Polimerización

Ninguna identificada

## 11. Información toxicológica

### Información sobre los efectos toxicológicos

#### Toxicidad Aguda

|                          |       |                 |          |                  |
|--------------------------|-------|-----------------|----------|------------------|
| Toxicidad aguda oral     | DL50: | > 5000 mg/kg pc | Especie: | Método:          |
| Toxicidad aguda dérmica  | DL50: | > 2000 mg/kg pc | Rata     | Guía OECD No 423 |
| Toxicidad aguda inhalat. | CL50: | No disponible   | Rata     | Guía OECD No 402 |

#### Irritación/Corrosión

|                                     |              |          |
|-------------------------------------|--------------|----------|
| Corrosión/irritación cutánea        | Resultado:   | Especie: |
| Método EU B46                       | No irritante | In vitro |
| Lesiones o irritación ocular graves |              |          |
| Guía OECD No 405/UE B.5             | No irritante | Conejo   |

#### Sensibilización respiratoria o cutánea

|                              |                                |          |
|------------------------------|--------------------------------|----------|
| Sensibilización cutánea      | Resultado:                     | Especie: |
| Guía OECD 406                | No sensibilizante              | Cobayo   |
| Sensibilización respiratoria | No hay información disponible. |          |

#### Genotoxicidad

|                                       |                             |            |
|---------------------------------------|-----------------------------|------------|
| Genotoxicidad <i>in-vitro</i>         | Método:                     | Resultado: |
| Mutaciones en células de mamíferos    | Equivalente a guía OECD 476 | negativo   |
| Aberr. cromosómicas en cel. mamíferos | Guía OECD 473               | negativo   |

#### Carcinogenicidad

No se observaron lesiones neoplásicas relacionadas al tratamiento en estudio de carcinogenicidad.

No identificado como agente carcinogénico por la IARC, OSHA o NTP.

#### Toxicidad para la reproducción

Efectos adversos sobre la función sexual y fertilidad.

|                |           |                |       |
|----------------|-----------|----------------|-------|
| Guía OECD 422. | NOAEL(C): | > 1000 mg/kg/d | Rata. |
|----------------|-----------|----------------|-------|

Efectos adversos en el desarrollo.

|                |           |               |       |
|----------------|-----------|---------------|-------|
| Guía OECD 422. | NOAEL(C): | > 800 mg/kg/d | Rata. |
|----------------|-----------|---------------|-------|

No se observaron efectos sobre la fertilidad o el desarrollo a las dosis más alta utilizada en ensayo a dosis repetida combinado con detección de efectos sobre la reproducción y el desarrollo.

#### Toxicidad específica en determinados órganos – exposición única

Experiencia práctica/evidencia humana

No se han observado efectos relevantes luego de una dosis de cloruro de magnesio.

#### Toxicidad específica en determinados órganos – exposición repetida

Guía OECD 422.

|           |                |                    |         |
|-----------|----------------|--------------------|---------|
| NOAEL(C): | > 1000 mg/kg/d | Órganos afectados: | Ninguno |
|-----------|----------------|--------------------|---------|

#### Peligro de aspiración

La propiedades fisicoquímicas e información toxicológica disponible no indican un peligro de aspiración.

## 12. Información ecológica

### Toxicidad

Toxicidad en organismos acuáticos

|           |  |                                |
|-----------|--|--------------------------------|
| 96-h LC50 | 541 mg Mg/L (2119 mg MgCl <sub>2</sub> /L) | <i>Pimephales promelas</i>     |
| 48-h EC50 | 140 mg Mg/L (548 mg MgCl <sub>2</sub> /L)  | <i>Daphnia magna</i>           |
| 72-h EC50 | > 100 mg/L                                 | <i>Desmodesmus subspicatus</i> |



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

|                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| <b>Nombre del Producto</b> | <b>Bischofita</b> |
| Código documento           | 081/02-CH         |
| Fecha de emisión           | Julio 2012        |

### Persistencia y degradabilidad

En soluciones acuosas, el producto se disocia en los iones respectivos, magnesio y cloruro. Estos iones no sufren degradación biótica o abiótica.

### Potencial de bioacumulación

Bajo potencial de bioacumulación

### Movilidad en el suelo

Por su alta solubilidad, se espera que el cloruro de magnesio tenga una baja adsorción en el suelo. Los iones pueden ser retenidos por mecanismos de interacción iónica. El magnesio es un nutriente secundario que puede ser absorbido por vegetales.

### Otros efectos

La liberación de un gran volumen de este producto produce un aumento de la salinidad de los suelos.

## 13. Consideraciones sobre disposición final

Disponer de acuerdo a las normas legales vigentes en el país (DS 148/2003).

Envases pueden ser reutilizados. En caso de ser desechados, ello se deberá realizar de acuerdo con la regulación local No permita que alcance aguas superficiales o desagües.

### Métodos para el tratamiento de residuos

Cualquier método apropiado para su tratamiento.

## 14. Información sobre transporte

### Transporte terrestre (Decreto 298)

No clasificado como carga peligrosa

### Transporte marítimo (IMDG)

No clasificado como carga peligrosa

### Transporte aéreo (ICAO-TI / IATA-DGR)

No clasificado como carga peligrosa

## 15. Información reglamentaria

### Chile

Marca en etiqueta

N. Ch. 2190 Of.2003: No aplicable

### EU

Clasificación de acuerdo a Reglamento (CE) 1272/2008 (EU GHS):

No clasificado

## 16. Otra información

Esta hoja de seguridad cumple con la norma oficial chilena NCh 2245.Of2003.

Los datos consignados en esta hoja informativa provienen de fuentes confiables y corresponden al estado actual del conocimiento de SALMAG LTDA del producto, sin constituir por ello una garantía de nuestra parte. Están destinados a describir nuestros productos en cuanto a aspectos de seguridad que se requiere conocer para su manejo y/o transporte y no se deben entender como garantía de propiedades determinadas. Las condiciones de uso seguro del producto son obligación del usuario. Esta hoja de seguridad es un documento que no lleva firma.

**Fuente de información toxicológica y ecotoxicológica:** Base de datos ECHA CHEM, Agencia Europea de Sustancias Químicas

**Fecha de emisión** Julio 2012 **Reemplaza** Agosto 2002

### Indicación de cambios:

Todas las secciones han sido revisadas.

# PH Agua



Gobierno Regional de Apurímac  
 Dirección Regional de Salud Apurímac  
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"  
 Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental  
 LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL  
**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO**



INFORME DE ENSAYO N° 391 - FQ - 2021

NOMBRE DEL SOLICITANTE: JESUS RIVEROS DAVALOS

**DATOS DE LA MUESTRA:**

MUESTRA: Agua  
 Forma d/presentación: Envase Plástico  
 Cantidad recibida: 1 Lt.  
 Coordenadas UTM: ----  
 Muestreador: JESUS RIVEROS DAVALOS  
 Nombre de la Fuente: PUNTO MEDIO  
 Origen de la muestra: AGUA SUPERFICIAL  
 Punto de muestreo: RIO HUACCHA  
 Localidad: SANTIAGO  
 EE.SS.: ----  
 Nombre del Sistema: ----  
 Micro Red: ----  
 Red: ----  
 Distrito: CHAPIMARCA  
 Provincia: AYMARAES  
 Departamento: APURIMAC

Num. de Ensayo Físicoquímico 0484

|                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| FECHA DE MUESTREO: | HORA DE MUESTREO: |
| 30/08/21           | 16:00:00          |

|                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| FECHA DE RECEPCION | HORA DE RECEPCION |
| 31/08/21           | 10:50:00          |

|                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| FECHA DE INICIO DE ANALISIS | HORA DE INICIO DE ANALISIS |
| 01/09/21                    | 9:00:00                    |

Recibo N°: E001-906 / E001-907

Codigo de Muestra 566

| PARÁMETROS             | Unidad de medida                   | RESULTADOS | MÉTODO   | LDM                                      |
|------------------------|------------------------------------|------------|--|--|
| Temperatura (*)        | °C                                 | 21.60      | SMEWW Method 2550 B Temperature 22 nd Edition, 2012 Laboratory and Field Methods                             | 0.01°C                                   |
| Conductividad (*)      | µS/cm                              | ----       | SMEWW Method 2510 B 22 nd Edition 2012 Conductivity Laboratory Method  | 1 µS/cm                                  |
| Turbiedad (*)          | NTU                                | ----       | SMEWW Method 2130 B 22 nd Edition 2012 Nefelométrico Method  | 0,05 NTU                                 |
| pH 20 °C (*)           |                                    | 7.72       | SMEWW Method 4500 H+ B 22 nd Edition 2012 pH Value Electrometric Method                                      | 0 a 14<br>Tº = 0-80°C                    |
| Color                  | UCV escala Pt/Co                   | ----       | SMEWW Method 2120 C 22 nd Edition 2012 Color. Spectrophotometric - Single - Wavelength Method                | 1 UCV                                    |
| Solidos Tot. Disueltos | mg/L                               | ----       | SMEWW Method 2540 D 22 nd Edition 2012 Total Suspended Solids Dried at 103-105°C Method                      | 1 mg/L                                   |
| Alcalinidad Total      | mg/L CaCO3                         | ----       | SMEWW Method 2320 B 22 nd Edition 2012 Alkalinity. Titration Method  | 1 mg CaCO3/L                             |
| Dureza Total           | mg/L CaCO3                         | ----       | SMEWW Method 2340 C 22 nd Edition 2012 Hardness. EDTA. Titrimetric Method                                    | 1 mg CaCO3/L                             |
| Calcio                 | mg/L Ca <sup>++</sup>              | ----       | SMEWW Method 3500-Ca B 22 nd Edition 2012. Calcium. EDTA. Titrimetric Method                                 | 1 mg Ca <sup>++</sup> /L                 |
| Magnesio               | mg/L Mg <sup>++</sup>              | ----       | SMEWW Method 3500-Mg E 22 nd Edition 2012. Magnesium. Calculation Method.                                    | 1 mg Mg <sup>++</sup> /L                 |
| Cloruros               | mg/L Cl <sup>-</sup>               | < 1.00     | SMEWW Method 4500-Cl-B 22 nd Edition 2012 Argentometric Method   | 1,0 mg Cl <sup>-</sup> /L                |
| Sulfatos               | mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 14.60      | SMEWW Method 4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -E 22 nd Edition 2012 Turbidimetric Method                   | 1,0 mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L  |
| Nitratos               | mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | ----       | SMEWW Method 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -B 22 nd Edition 2012. Ultraviolet Spectrophotometric Method. | 0.02 mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L  |
| Nitritos               | mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | ----       | SMEWW Method 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -B 22 nd Edition 2012. Colorimetric Method.                   | 0.006 mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L |
| Flúor                  | mg/L F <sup>-</sup>                | ----       | SMEWW Method 4500-F <sup>-</sup> -D 22 nd Edition 2012. SPADNS Method.                                       | 0.05 mg F <sup>-</sup> /L                |
| Cianuro                | mg/L CN <sup>-</sup>               | ----       | SMEWW Method 4500-CN <sup>-</sup> -E 22 nd Edition 2012. Colorimetric Method.                                | 0.005 mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L |

(\*) Parámetros NO tomados en Campo.

Abancay, 1 de septiembre de 2021

**Metodos Utilizados:**

Métodos Normalizados para el análisis de agua Potable y Residuales APHA, AWW, WPCF. 22nd Edición. 2012

GOBIERNO REGIONAL DE APURIMAC  
 Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental  
 Quím. Luis Solís Sandoval  
 Responsable de Laboratorio Físicoquímico  
 A.R.N.º 763

Av. Daniel Alcides Carrión S/N Abancay - Apurímac - Perú Teléfono (083) 321117 - 323690  
 www.diresaapurimac.gob.pe - Facebook: DIRESA Apurímac



Gobierno Regional de Apurímac  
 Dirección Regional de Salud Apurímac  
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"  
 Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental  
 LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL  
 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO



INFORME DE ENSAYO N° 392 - FQ - 2021

NOMBRE DEL SOLICITANTE: JESUS RIVEROS DAVALOS

DATOS DE LA MUESTRA:

MUESTRA: Agua  
 Forma d/presentación: Envase Plástico  
 Cantidad recibida: 1 Lt.  
 Coordenadas UTM: ----  
 Muestreador: JESUS RIVEROS DAVALOS  
 Nombre de la Fuente: EXTREMO DERECHO  
 Origen de la muestra: AGUA SUPERFICIAL  
 Punto de muestreo: RIO CHALHUANCA  
 Localidad: SANTA ROSA  
 EE.SS.: ----  
 Nombre del Sistema: ----  
 Micro Red: ----  
 Red: ----  
 Distrito: CHAPIMARCA  
 Provincia: AYMARAEAS  
 Departamento: APURIMAC

| FECHA DE MUESTREO: | HORA DE MUESTREO: |
|--------------------|-------------------|
| 30/08/21           | 17:00:00          |

| FECHA DE RECEPCION | HORA DE RECEPCION |
|--------------------|-------------------|
| 31/08/21           | 10:50:00          |

| FECHA DE INICIO DE ANALISIS | HORA DE INICIO DE ANALISIS |
|-----------------------------|----------------------------|
| 01/09/21                    | 9:00:00                    |

|            |                     |
|------------|---------------------|
| Recibo N°: | E001-906 / E001-907 |
|------------|---------------------|

Codigo de Muestra 567

|                              |      |
|------------------------------|------|
| Num. de Ensayo Físicoquímico | 0485 |
|------------------------------|------|

| PARÁMETROS             | Unidad de medida                   | RESULTADOS | MÉTODO  | LDM                                      |
|------------------------|------------------------------------|------------|---|--|
| Temperatura (*)        | °C                                 | 21.60      | SMEWW Method 2550 B Temperature 22 nd Edition, 2012 Laboratory and Field Methods                            | 0.01°C                                   |
| Conductividad (*)      | µS/cm                              | ----       | SMEWW Method 2510 B 22 nd Edition 2012 Conductivity Laboratory Method                                       | 1 µS/cm                                  |
| Turbiedad (*)          | NTU                                | ----       | SMEWW Method 2130 B 22 nd Edition 2012 Nefelométrico Method   | 0,05 NTU                                 |
| pH 20 °C (*)           |                                    | 8.09       | SMEWW Method 4500 H+ B 22 nd Edition 2012 pH Value Electrometric Method                                     | 0 a 14<br>T <sub>e</sub> = 0-80°C        |
| Color                  | UCV escala Pt/Co                   | ----       | SMEWW Method 2120 C 22 nd Edition 2012 Color. Spectrophotometric - Single - Wavelength Method               | 1 UCV                                    |
| Solidos Tot. Disueltos | mg/L                               | ----       | SMEWW Method 2540 D 22 nd Edition 2012 Total Suspended Solids Dried at 103-105°C Method                     | 1 mg/L                                   |
| Alcalinidad Total      | mg/L CaCO <sub>3</sub>             | ----       | SMEWW Method 2320 B 22 nd Edition 2012 Alkalinity. Titration Method   | 1 mg CaCO <sub>3</sub> /L                |
| Dureza Total           | mg/L CaCO <sub>3</sub>             | ----       | SMEWW Method 2340 C 22 nd Edition 2012 Hardness. EDTA. Titrimetric Method                                   | 1 mg CaCO <sub>3</sub> /L                |
| Calcio                 | mg/L Ca <sup>++</sup>              | ----       | SMEWW Method 3500-Ca B 22 nd Edition 2012. Calcium. EDTA. Titrimetric Method                                | 1 mg Ca <sup>++</sup> /L                 |
| Magnesio               | mg/L Mg <sup>++</sup>              | ----       | SMEWW Method 3500-Mg E 22 nd Edition 2012. Magnesium. Calculation Method.                                   | 1 mg Mg <sup>++</sup> /L                 |
| Cloruros               | mg/L Cl <sup>-</sup>               | 2.00       | SMEWW Method 4500-Cl-B 22 nd Edition 2012 Argentometric Method  | 1,0 mg Cl <sup>-</sup> /L                |
| Sulfatos               | mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 139.90     | SMEWW Method 4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E 22 nd Edition 2012 Turbidimetric Method                   | 1,0 mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L  |
| Nitratos               | mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | ----       | SMEWW Method 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> B 22 nd Edition 2012. Ultraviolet Spectrophotometric Method. | 0.02 mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L  |
| Nitritos               | mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | ----       | SMEWW Method 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B 22 nd Edition 2012. Colorimetric Method.                   | 0.006 mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L |
| Flúor                  | mg/L F <sup>-</sup>                | ----       | SMEWW Method 4500-F <sup>-</sup> D 22 nd Edition 2012. SPADNS Method.                                       | 0.05 mg F <sup>-</sup> /L                |
| Cianuro                | mg/L CN <sup>-</sup>               | ----       | SMEWW Method 4500-CN <sup>-</sup> E 22 nd Edition 2012. Colorimetric Method.                                | 0.005 mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L |

(\*) Parámetros NO tomados en Campo.

Abancay, 1 de septiembre de 2021

Metodos Utilizados:

Métodos Normalizados para el análisis de agua Potable y Residuales  
 APHA, AWW, WPCF. 22nd Edición. 2012

Gobierno Regional de Apurímac  
 Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental  
 Quim. Olga Lucía Solís Sandoval  
 Responsable de Laboratorio Físicoquímico



Av. Daniel Alcides Carrión S/N Abancay - Apurímac - Perú. Teléfono (083) 321117 - 323690  
 www.diresaapurimac.gob.pe - Facebook: DIRESA Apurímac

## PH del Suelo



Abancay, 10 de septiembre del 2021

### **CARTA N° 228-2021-SJCHC-CONCHIPA/ABANCAY**

**A** : WILBER GUILLEN MARCA  
JESUS RIVEROS DAVALOS

**DE** : Ing. Saúl José Chipa Cahuana  
Gerente General de CONCHIPA E.I.R.L.

**ASUNTO** : ENTREGA DE INFORMES

Mediante el presente, me dirijo a usted con la finalidad de saludarlo cordialmente y al mismo tiempo remitirle informes que solicita del proyecto: "EFECTIVIDAD DEL CLORURO DE MAGNECIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA EN LA CARRETERA VECINAL SANTA ROSA -SANTIAGO -ANCOBAMBA, DISTRITO DE CHAPIMARCA, PROVINCIA DE AYMARAES-2019", como se detalla en los informes emitidos por la empresa:

- Informe Técnico N° 273 – 2021 – CCA. Ensayos Químicos en Suelos (11 folios)

Se adjunta:

- Informe Técnico N°273 – 2021 – CCA. (02 juegos).

Sin otro particular le agradezco la atención que se sirva brindar a la presente, reiterando las muestras de mi especial consideración y estima personal.

**Atentamente,**

**CONCHIPA**  
EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA  
  
-----  
*Ing. Saúl José Chipa Cahuana*  
GERENTE GENERAL

Laboratorio/Oficina – Jr. Arica N° 720 - Abancay – Apurímac  
conchipa.eirl@gmail.com - Cel. Claro: 986829921/ Cel. Bitel: 927415828

**CONCHIPA E.I.R.L.**

RUC 20601715431  
JR. ARICA 720 - ABANCAY



## ENSAYOS QUIMICOS EN SUELOS

INFORME TÉCNICO

N° 273-2021 - CCA

PROYECTO:

" EFECTIVIDAD DEL CLORURO DE MAGNECIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA EN LA CARRETERA VECINAL SANTA ROSA -SANTIAGO -ANCOBAMBA, DISTRITO DE CHAPIMARCA, PROVINCIA DE AYMARAE-2019"



**SOLICITANTE** : WILBER GUILLEN MARCA  
JESUS RIVEROS DAVALOS

**RESPONSABLE** : SAUL J. CHIPA CAHUANA  
INGENIERO CIVIL  
CIP 193001

**UBICACIÓN** : Lugar : KM 9+600  
Distrito : CHAPIMARCA  
Provincia : AYMARAE  
Departamento : APURIMAC



SETIEMBRE DEL 2021



Saul José Chipa Cahuana  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 193001

1 Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."  
Oficina - Jr. Arica N°720 - Abancay - Abancay  
[conchipa.eirl@gmail.com](mailto:conchipa.eirl@gmail.com) / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

Contenido

|  |   |
|--|---|
| 1. Memoria descriptiva.....                  | 3 |
| 1.1 Proyecto .....                           | 3 |
| 1.2 Ubicación del área ensayada .....        | 3 |
| 2. Normas aplicadas al presente estudio..... | 4 |
| 2.1 Normativa .....                          | 4 |
| 3. Ensayos de Laboratorio.....               | 5 |
| 3.1 Resultados de ensayos.....               | 6 |
| 4. Anexo (corolario de ensayos) .....        | 7 |



*SJC*  
**Saul José Chipa Cahuana**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 193001

2 Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."  
Oficina – Jr. Arica N°720 – Abancay – Abancay  
[conchipa.eirl@gmail.com](mailto:conchipa.eirl@gmail.com) / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

**1. Memoria descriptiva****1.1 Proyecto**

El presente informe técnico consiste en la determinación de las propiedades químicas del suelo para usar como material de base en el proyecto: **"EFECTIVIDAD DEL CLORURO DE MAGNECIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA EN LA CARRETERA VECINAL SANTA ROSA -SANTIAGO -ANCOBAMBA, DISTRITO DE CHAPIMARCA, PROVINCIA DE AYMARAEES-2019**, así como también realizar los ensayos de laboratorio, de tal manera determinar el contenido de sales en el material petreo.

**1.2 Ubicación del área ensayada**

Región : Apurímac  
Provincia : Aymaraes  
Distrito : Chapimarca

La Provincia de Aymaraes es una provincia del sur del Perú, situada en la parte central y septentrional del Departamento de Apurímac, bajo la administración del Gobierno Regional de Apurímac, Perú. Limita por el Norte con la provincia de Andahuaylas y la provincia de Abancay, por el Este con la provincia de Grau y la provincia de Antabamba, por el Sur con el departamento de Ayacucho y por el Oeste también con la provincia de Andahuaylas.

La configuración geográfica de la provincia Aymaraes es muy variada, presenta un territorio rudo y agreste, su relieve está constituido por cadenas de montañas, con cerros y picos elevados, profundas quebradas, laderas, pendientes, pequeños valles, rocas macizas y llanuras de alturas. En conclusión, su relieve geográfico y topográfico es muy accidentado lo que condiciona la existencia de diversos pisos ecológicos, permitiendo esto diferentes microclimas.

Tabla 1 provincia Aymaraes - características físicas

| DISTRITOS            | SUPERFICIE Km2  | ALTITUD (m.s.n.m.) |
|----------------------|-----------------|--------------------|
| Chalhuanca           | 322.34          | 2888               |
| Capaya               | 77.75           | 3290               |
| Caraybamba           | 234.91          | 3310               |
| Chapimarca           | 213.09          | 3414               |
| Colcabamba           | 95.75           | 3360               |
| Cotaruse             | 1,749.83        | 3248               |
| Huayllo              | 72.89           | 3139               |
| Justo Apu Sahuaraura | 97.64           | 3150               |
| Lucre                | 110.48          | 2800               |
| Pocohuanca           | 82.55           | 3180               |
| San Juan de Chacña   | 86.13           | 2854               |
| Sañayca              | 448.91          | 3370               |
| Soraya               | 43.56           | 2870               |
| Tapairihua           | 163.73          | 2820               |
| Tintay               | 136.58          | 2772               |
| Toraya               | 173.05          | 3146               |
| Yanaca               | 103.88          | 3340               |
| <b>TOTAL</b>         | <b>4,213.07</b> |                    |



Saul José Chipa Cahuana  
INGENIERO CIVIL  
C.I.R. 193001

3

Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."

Oficina – Jr. Arica N°720 – Abancay – Abancay

[conchipa.eirl@gmail.com](mailto:conchipa.eirl@gmail.com) / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

El Distrito de **Chapimarca** es uno de los diecisiete distritos de la Provincia de Aymaraes ubicada en el departamento de Apurímac, bajo la administración del Gobierno regional de Apurímac, en el sur del Perú.

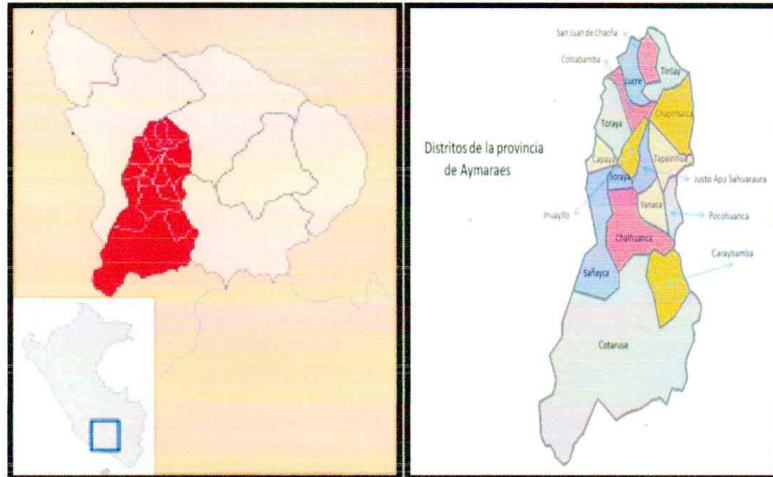


Figura 1 Mapa de ubicación de la provincia de Aymaraes

## 2. Normas aplicadas al presente estudio

Para la ejecución del presente informe técnico se ha desarrollado en concordancia a los lineamientos y recomendaciones que están contenidos en el MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES PARA CARRETERAS EM-2016, APROBADO MEDIANTE DS N° 034-2008-MTC que incluyen las normas de la ASTM (American Society for Testing Materials), la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

### 2.1 Normativa

- Determinación de cloruros y sulfatos solubles en agregados NTP 400.042 y NTP 339.177
- Determinación de materia orgánica en suelos por oxidación y vía húmeda MTC E 134
- Determinación de pH en suelos MTC E 129
- Método de ensayo normalizado para la determinación del valor pH en suelos y agua subterránea NTP 339.176 (2002)



*SAJ*  
Saul José Chipa Cahuana  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 193001

4 Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."  
Oficina – Jr. Arica N°720 – Abancay – Abancay  
[conchipa.eirl@gmail.com](mailto:conchipa.eirl@gmail.com) / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

**3. Ensayos de Laboratorio****Contenido de sulfatos solubles:**

Establecer un procedimiento para la determinación del contenido del ion sulfato soluble en suelos y aguas subterráneas.

El sulfato es la principal forma inorgánica de azufre en la mayoría de los suelos, aunque pueden estar presentes las formas elementales y en sulfuro bajo condiciones predominantemente anaerobias. Otras formas oxidadas como tiosulfatos, tetratiónato o sulfito también pueden estar presentes en el suelo, pero sólo como intermediarios durante la oxidación o reducción del sulfuro. Los sulfatos pueden estar presentes en formas solubles, adsorbidos en la superficie del suelo o como sales insolubles (yeso o asociados con carbonato de calcio).

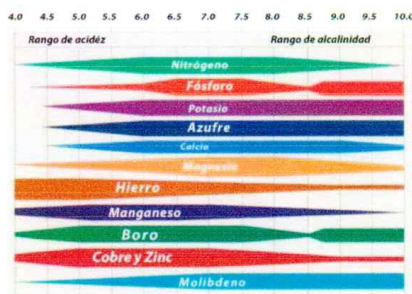
**Contenido de materia orgánica.**

La materia orgánica del suelo es una mezcla heterogénea de residuos orgánicos que están introducidos en el suelo, a si mismo presenta grandes variaciones tanto cualitativa y cuantitativa de acuerdo con su naturaleza las vías y la velocidad de descomposición y su incorporación al suelo, los compuestos orgánico presentan diferentes grados de resistencia u oxidación tanto a las reacciones bioquímicas del suelo como a los reactivos oxidantes peróxido de hidrogeno  $H_2O_2$ , o dicromato de potasio  $K_2Cr_2O_7$   
Para analizar la materia orgánica en los suelos se pueden utilizar métodos volumétricos y colorímetro. Entre los métodos mas sencillos para su determinación están los se basan en el consumo de un oxidante que actúa sobre el carbono.

**pH en suelos**

Establecer el procedimiento para determinar el valor pH y denotar el grado de acidez o alcalinidad en muestras de suelo suspendidos en agua

El pH es un parámetro que permite conocer que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, dicho que la solución del suelo. La escala de medición del pH está entre los valores de 0.0 a 14.0. El pH también es un indicador de múltiples propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo que influyen fuertemente sobre la disponibilidad de los nutrientes. El pH, como se mencionó anteriormente, es un indicador de la disponibilidad de los nutrientes en la solución del suelo. La presencia de iones de aluminio ( $Al^{3+}$ ,  $Al(OH_2^+)$ ), hidrogeno ( $H^+$ ) e hidroxilo ( $OH^-$ ) son determinantes en la solubilidad de los nutrientes en el suelo como son fosfatos, sulfatos, molibdatos, hierro, manganeso, cobre.



Saúl José Chipa Cahuana  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 193001

5

Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."

Oficina - Jr. Arica N°720 - Abancay - Abancay

conchipa.eirl@gmail.com / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

**3.1 Resultados de ensayos**

Los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas y mecánicas de los materiales de las canteras se efectuarán de acuerdo al Manual de Ensayo de Laboratorios del MTC (vigente).

Los ensayos de los materiales fueron realizados del conjunto de los materiales de la cantera, por personal calificado, instalaciones convenientes para la ejecución correcta de los ensayos siguiendo Normas de Ensayos del MTC y/o normas internacionales como ASTM o AASHTO, equipos debidamente calibrados asegurando la calidad de los resultados de los ensayos.

Los sulfatos, cloruros y el alto contenido de materia orgánica pueden ser perjudiciales para el concreto endurecido, deteriorándolo con el transcurso de los años, comprometiendo la resistencia del concreto y consecuentemente a la infraestructura y la seguridad de los usuarios, por tal razón se ha realizado los ensayos químicos para determinar de la cantidad de estas partículas y/o sustancias perjudiciales, teniéndose los siguientes resultados:

| DESCRIPCION                       | CANTERA KM 9+600 | LIMITE  |
|-----------------------------------|------------------|---------|
| Contenido de sulfatos SO4 (%)     | 0.137            | 1.2 max |
| Contenido de cloruros CL (%)      | 0.005            | 0.1 max |
| Contenido de materia orgánica (%) | 0.56             |         |
| Valor de pH                       | 5.77             | 0-14    |

Del cuadro anterior se concluye que el suelo se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de las normas EG - 2013.



*SJC*  
Saul José Chippa Cahuana  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 193001

**4. Anexo (corolario de ensayos)**

**DETERMINACION CUANTITATIVA DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN AGREGADOS**

NTP 339.177 - NTP 339.178

EFFECTIVIDAD DEL CLORURO DE MAGNECIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACION DE LA CAPA DE RODADURA EN LA  
Proyecto: CARRETERA VECINAL SANTA ROSA - SANTIAGO - ANCOBAMBA, DISTRITO DE CHAPIMARCA, PROVINCIA DE AYMARAEES-  
2019

Ubicación: Sector: --- Provincia: AYMARAEES Fecha: SETIEMBRE, 2021  
Distrito: CHAPIMARCA Region: APURIMAC  
Hecho por: Muestreo: INTERESADO Material: SUELO  
Cantera: KM 9 + 600

Solicitante: SR. WILBER GUILLEN MARCA Y JESUS RIVEROS DAVALOS

**CONTENIDO DE ION SULFATO EN SUELOS**

| ITEM | DESCRIPCION                            | UND    | IDENTIFICACION DE MUESTRA |          |
|------|--|--------|---------------------------|----------|
| 1.-  | Volumen de agua destilada              | ml     | 10                        |          |
| 2.-  | Peso de suelo seco                     | g      | 10                        |          |
| 3.-  | Numero de crisol                       | ---    | 1                         | 2        |
| 4.-  | Peso del crisol                        | g      | 23.000                    | 23.000   |
| 5.-  | Peso del crisol + residuos de sulfato  | g      | 23.500                    | 23.500   |
| 6.-  | Peso de residuo de sulfatos            | g      | 0.500                     | 0.500    |
| 7.-  | Volumen de solucion tomada             | ml     | 150                       | 150      |
| 8.-  | Peso de la muestra en volumen de soluc | g      | 150.000                   | 150.000  |
| 9.-  | Concentracion de Ion sulfato           | p.p.m. | 1371.667                  | 1371.667 |
| 10.- | Contenido de sulfatos                  | %      | 0.137                     | 0.137    |
| 11.- | Promedio del contenido de sulfatos     | %      | 0.137                     |          |

**CONTENIDO DE ION CLORURO EN SUELOS**

| ITEM | DESCRIPCION                                | UND    | IDENTIFICACION DE MUESTRA |         |
|------|--|--------|---------------------------|---------|
| 1.-  | Volumen de agua destilada                  | ml     | 10                        |         |
| 2.-  | Peso de suelo seco                         | g      | 10                        |         |
| 3.-  | Volumen de solucion tomada                 | ml     | 100                       | 100     |
| 4.-  | Titulacion de la solucion de nitrato de pl | T      | 1.040                     | 1.040   |
| 5.-  | Consumo de solucion de nitrato de plata    | ml     | 5.00                      | 5.00    |
| 6.-  | Peso de muestra en volumen de solucion     | g      | 100.000                   | 100.000 |
| 7.-  | pH de ensayo                               | ---    | 5.75                      | 5.80    |
| 8.-  | Contenido de Cloruros                      | p.p.m. | 49.920                    | 49.920  |
| 9.-  | Contenido de Cloruros                      | %      | 0.005                     | 0.005   |
| 10.- | Promedio de contenido de cloruros          | %      | 0.005                     |         |

NOTA : La concentración de iones está muy ligada con la resistividad, mientras más concentración de sales más conductor el suelo, y por lo tanto menor su resistencia.



Saul Jose Chipa Cahuana  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 193001

**DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA EN SUELOS POR OXIDACION Y VIA HUMEDA**  
**MTC E 134**

Proyecto: EFECTIVIDAD DEL CLORURO DE MAGNECIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA EN LA CARRETERA VECINAL SANTA ROSA - SANTIAGO - ANCOBAMBA, DISTRITO DE CHAPIMARCA, PROVINCIA DE AYMARAEES - 2019

Ubicación: Sector: --- Provincia: AYMARAEES Fecha: SETIEMBRE, 2021  
Distrito: CHAPIMARCA Region: APURIMACHecho por: Muestreo: INTERESADO Material: SUELO  
Cantara: KM 9+600

Solicitante: SR. WILBER GUILLEN MARCA Y JESUS RIVEROS DAVALOS

**CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA**

| ITEM | DESCRIPCION                                | UND | IDENTIFICACION DE MUESTRA |         |
|------|--|-----|---------------------------|---------|
| 1.-  | Volumen de agua destilada                  | ml  | 1000                      |         |
| 2.-  | Peso de suelo seco                         | g   | 50                        |         |
| 3.-  | Numero de crisol                           | --- | 1                         | 2       |
| 4.-  | Peso del crisol                            | g   | 23.000                    | 23.000  |
| 5.-  | Muestra titulada                           | ml  | 241.300                   | 241.300 |
| 6.-  | Muestra titulada /Blanco titulado          | ml  | 0.960                     | 0.960   |
| 7.-  | Blanco titulado                            | ml  | 251.30                    | 251.30  |
| 8.-  | Carbon facilmente oxidable                 | %   | 0.251%                    | 0.251%  |
| 9.-  | Carbon total                               | %   | 0.33%                     | 0.33%   |
| 10.- | Materia facilmente oxidada                 | %   | 0.43%                     | 0.43%   |
| 11.- | Contenido de materia organica              | %   | 0.56%                     | 0.56%   |
| 12.- | Promedio del contenido de materia organica | %   | 0.56%                     |         |

Saul Jose Chipa Cahuana  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 193001

8

Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."

Oficina - Jr. Arica N°720 - Abancay - Abancay

[conchipa.eirl@gmail.com](mailto:conchipa.eirl@gmail.com) / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

**pH EN LOS SUELOS**

MTC E 129

Proyecto: EFECTIVIDAD DEL CLORURO DE MAGNECIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA  
EN LA CARRETERA VECINAL SANTA ROSA - SANTIAGO - ANCOBAMBA, DISTRITO DE CHAPIMARCA, PROVINCIA DE

Ubicación: Sector: --- Provincia: AYMARAES Fecha: SETIEMBRE, 2021

Distrito: CHAPIMARCA

Region: APURIMAC

Hecho por: Muestreo: INTERESADO

Material: SUELO

Cantera: KM 9+600

Solicitante: SR. WILBER GUILLEN MARCA Y JESUS RIVEROS DAVALOS

**VALOR DE pH**

| ITEM | DESCRIPCION               | UND | IDENTIFICACION DE MUESTRA |        |
|------|---------------------------|-----|---------------------------|--------|
| 1.-  | Volumen de agua destilada | ml  | 30                        |        |
| 2.-  | Peso de suelo seco        | g   | 30                        |        |
| 3.-  | Numero de beaker          | --- | 1                         | 2      |
| 4.-  | Peso de Beaker            | g   | 23.000                    | 23.000 |
| 5.-  | Valor de Ph               | --- | 5.750                     | 5.800  |
| 6.-  | Pormedio de Ph            | --- | 5.775                     |        |

Saul Jose Chupa Cahua  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 193001

9

Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."

Oficina - Jr. Arica N°720 - Abancay - Abancay

[conchiba.eirl@gmail.com](mailto:conchiba.eirl@gmail.com) / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

Panel fotográfico



Figura 1 Determinación de PH en la muestra de suelo



Figura 2 Ensayo químico, filtrado de la muestra de suelo con agua destilada



Figura 3 Muestra filtrada en tubo de ensayo para la determinación de cloruro



Figura 4 Muestra filtrada en tubo de ensayo para la determinación de sulfato



*Saúl José Chipa Cahuana*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 193001



Figura 5 Ensayo químico, determinación de cloruro presente en la muestra de suelo.



Figura 6 Ensayo químico, determinación de sulfato presente en la muestra de suelo.



Figura 6 Comparación de resultado en el ensayo de cloruro y sulfato presente en la muestra de suelo.



  
*Saúl José Chipa Cahuana*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 193001



## Arso Group

### Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2021/07/20  
Solicitante **CONTROL DE CALIDAD ALMATHO E.I.R.L.**  
Dirección PROGRESO NRO. 167 SAN GREGORIO - LIMA - ATE

#### Instrumento de medición **BALANZA**

Identificación 220-024-2020  
Intervalo de indicación 0 g a 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 8349380656  
Procedencia USA

Ubicación LABORATORIO DE ARSOU GROUP S.A.C.  
Lugar de calibración ASOC. DE VIV. LAS FLORES DE SAN DIEGO MZ C LOTE 01 - SAN MARTIN DE PORRES

Fecha de calibración 2021/07/20

#### 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 Metrológica 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 Arevalo Carnica  
METROLOGIA

#### ARSOU GROUP S.A.C.

Mza. E Lote 2 Urb. La virreyna, San Martin de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com.pe  
www.arsougroup.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 220-024-2021

Página 2 de 3

## Arso Group

Laboratorio de Metrología Auxiliares

| Trazabilidad                            | Patrón Utilizado           | Certificado de Calibración |
|---|----------------------------|----------------------------|
| Patrones de referencia de CADENT S.A.C. | Juego de Pesas de 1g a 2kg | 0828-LM-2019               |
| Patrones de referencia de CADENT S.A.C. | Pesa de 5 kg               | 0826-LM-2019               |
| Patrones de referencia de CADENT S.A.C. | Pesa de 10 kg              | 0827-LM-2019               |
| Patrones de referencia de CADENT S.A.C. | Pesa de 25 kg              | 0170-CLM-2019              |

### Condiciones ambientales durante la calibración

|                       |                    |                  |
|-----------------------|--------------------|------------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 19,5 °C   | Final: 20,1 °C   |
| Humedad Relativa      | Inicial: 64 %hr    | Final: 65 %hr    |
| Presión Atmosférica   | Inicial: 1015 mbar | Final: 1015 mbar |

### Resultados

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición<br>N° | Carga L1= 250 g |        |       | Carga L1= 500 g |        |       |
|----------------|-----------------|--------|-------|-----------------|--------|-------|
|                | I (g)           | ΔL (g) | E (g) | I (g)           | ΔL (g) | E (g) |
| 1              | 1500.0          | 0      | 0     | 30000           | 0      | 0     |
| 2              | 1500.0          | 0      | 0     | 30000           | 0      | 0     |
| 3              | 1500.0          | 0      | 0     | 30000           | 0      | 0     |
| 4              | 1500.0          | 0      | 0     | 30000           | 0      | 0     |
| 5              | 1500.0          | 0      | 0     | 30000           | 0      | 0     |
| 6              | 1500.0          | 0      | 0     | 30000           | 0      | 0     |
| 7              | 1500.0          | 0      | 0     | 30000           | 0      | 0     |
| 8              | 1500.0          | 0      | 0     | 30000           | 0      | 0     |
| 9              | 1500.0          | 0      | 0     | 30000           | 0      | 0     |
| 10             | 1500.0          | 0      | 0     | 30000           | 0      | 0     |

| Carga (g) | Diferencia Máxima Encontrada (g) | Error Máximo Permitido (g) |
|-----------|----------------------------------|----------------------------|
| 1500      | 0                                | 1                          |
| 30000     | 0                                | 3                          |



ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA

### ARSOU GROUP S.A.C.

Mza. E Lote 2 Urb. La virreyna, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com.pe  
www.arsougroup.com



**Arso Group**

Laboratorio de Metrología

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

| Posición de la Carga | Determinación de E <sub>0</sub> |        |        |                    | Determinación de E <sub>0</sub> |        |        |       |                    |
|----------------------|---------------------------------|--------|--------|--------------------|---------------------------------|--------|--------|-------|--------------------|
|                      | Carga Mín <sup>(1)</sup> (g)    | I (kg) | ΔL (g) | E <sub>0</sub> (g) | Carga L (g)                     | I (kg) | ΔL (g) | E (g) | E <sub>c</sub> (g) |
| 1                    | 1                               | 1      | 0      | 0                  | 500                             | 500    | 0      | 0     | 0                  |
| 2                    |                                 | 1      | 0      | 0                  |                                 | 500    | 0      | 0     | 0                  |
| 3                    |                                 | 1      | 0      | 0                  |                                 | 500    | 0      | 0     | 0                  |
| 4                    |                                 | 1      | 0      | 0                  |                                 | 500    | 0      | 0     | 0                  |
| 5                    |                                 | 1      | 0      | 0                  |                                 | 500    | 0      | 0     | 0                  |

<sup>(1)</sup> Valor entre 0 y 10 e

**ENSAYO DE PESAJE**

| Carga L (g) | Crecientes |        |       |                    | Decrecientes |        |       |                    | EMP <sup>(2)</sup> (±g) |
|-------------|------------|--------|-------|--------------------|--------------|--------|-------|--------------------|-------------------------|
|             | I (g)      | ΔL (g) | E (g) | E <sub>c</sub> (g) | I (g)        | ΔL (g) | E (g) | E <sub>c</sub> (g) |                         |
| 1           | 1.0        | 0      | 0     | 0                  | 1.0          | 0      | 0     | 0                  | 1                       |
| 10          | 10.0       | 0      | 0     | 0                  | 10.0         | 0      | 0     | 0                  | 1                       |
| 50          | 50.0       | 0      | 0     | 0                  | 50.0         | 0      | 0     | 0                  | 1                       |
| 100         | 100.0      | 0      | 0     | 0                  | 100.0        | 0      | 0     | 0                  | 1                       |
| 500         | 500.0      | 0      | 0     | 0                  | 500.0        | 0      | 0     | 0                  | 1                       |
| 1000        | 1000.0     | 0      | 0     | 0                  | 1000.0       | 0      | 0     | 0                  | 1                       |
| 5000        | 5000.0     | 0      | 0     | 0                  | 5000.0       | 0      | 0     | 0                  | 1                       |
| 10000       | 10000.0    | 0      | 0     | 0                  | 10000.0      | 0      | 0     | 0                  | 1                       |
| 15000       | 15000.0    | 0      | 0     | 0                  | 15000.0      | 0      | 0     | 0                  | 3                       |
| 20000       | 20000.0    | 0      | 0     | 0                  | 20000.0      | 0      | 0     | 0                  | 3                       |
| 30000       | 30000.0    | 0      | 0     | 0                  | 30000.0      | 0      | 0     | 0                  | 3                       |

**Legenda**

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero

E<sub>c</sub>: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

**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 Metrología 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

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Mza. E Lote 2 Urb. La virreyña, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com.pe  
www.arsougroup.com

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0201 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>1. Expediente</b>            | <b>02458-2021</b>  |
| <b>2. Solicitante</b>           | <b>CONCHIPA EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADO</b> |
| <b>3. Dirección</b>             | Pro. Arica Nro. Sn - Abancay - Abancay - Apurímac              |
| <b>4. Equipo de medición</b>    | <b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>                                     |
| <b>Capacidad Máxima</b>         | <b>620 g</b>   |
| <b>División de escala (d)</b>   | <b>0.01 g</b>  |
| <b>Div. de verificación (e)</b> | <b>0.01 g</b>  |
| <b>Clase de exactitud</b>       | <b>III</b>   |
| <b>Marca</b>                    | <b>OHAUS</b>   |
| <b>Modelo</b>                   | <b>NV622ZH</b>   |
| <b>Número de Serie</b>          | <b>8342157605</b>  |
| <b>Capacidad mínima</b>         | <b>0.2 g</b>   |
| <b>Procedencia</b>              | <b>CHINA</b>   |
| <b>Identificación</b>           | <b>NO INDICA</b>   |
| <b>5. Fecha de Calibración</b>  | <b>2021-09-08</b>  |

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición 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 la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-09-08

Jefe del Laboratorio de Metrología



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CA - LM - 0201 - 2021**

Página 2 de 4

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

**7. Lugar de calibración**

En el laboratorio de Masa de CALIBRATEC S.A.C.  
Avenida Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

|                  | Inicial | Final   |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura      | 20.6 °C | 20.8 °C |
| Humedad Relativa | 56%     | 56%     |

**9. Patrones de referencia**

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

| Trazabilidad | Patrón utilizado                                      | Certificado de calibración |
|--------------|---|----------------------------|
| METROIL      | JUEGO DE PESAS 1 g a 1 kg<br>(Clase de Exactitud: F1) | M-0689-2021                |

**10. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

|                  |       |                  |       |        |          |
|------------------|-------|------------------|-------|--------|----------|
| AJUSTE DE CERO   | TIENE | PLATAFORMA       | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE | TIENE | SISTEMA DE TRABA | TIENE | CURSOR | NO TIENE |
|                  |       | NIVELACIÓN       | TIENE |        |          |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición<br>N°           | Carga L1 = 300 g |                 |        | Carga L2 = 600 g         |                 |        |    |
|--------------------------|------------------|-----------------|--------|--------------------------|-----------------|--------|----|
|                          | I (g)            | $\Delta L$ (mg) | E (mg) | I (g)                    | $\Delta L$ (mg) | E (mg) |    |
| 1                        | 300.00           | 5               | 0      | 599.99                   | 3               | -8     |    |
| 2                        | 300.01           | 8               | 7      | 600.00                   | 6               | -1     |    |
| 3                        | 300.00           | 6               | -1     | 600.00                   | 5               | 0      |    |
| 4                        | 300.00           | 7               | -2     | 600.00                   | 6               | -1     |    |
| 5                        | 299.99           | 3               | -8     | 600.00                   | 6               | -1     |    |
| 6                        | 300.00           | 5               | 0      | 600.00                   | 5               | 0      |    |
| 7                        | 300.00           | 7               | -2     | 600.00                   | 4               | 1      |    |
| 8                        | 300.00           | 5               | 0      | 600.00                   | 6               | -1     |    |
| 9                        | 300.00           | 4               | 1      | 600.00                   | 4               | 1      |    |
| 10                       | 300.01           | 9               | 6      | 600.01                   | 8               | 7      |    |
| Diferencia Máxima        |                  |                 | 15     | Diferencia Máxima        |                 |        | 15 |
| Error Máximo Permissible |                  |                 | 30     | Error Máximo Permissible |                 |        | 30 |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

| Temperatura | Inicial | Final   |
|-------------|---------|---------|
|             | 20.4 °C | 20.5 °C |

| Posición de la Carga     | Determinación del Error en Cero Eo |       |                 |         | Determinación del Error Corregido Ec |        |                 |        |         |
|--------------------------|------------------------------------|-------|-----------------|---------|--------------------------------------|--------|-----------------|--------|---------|
|                          | Carga Mínima*                      | I (g) | $\Delta L$ (mg) | Eo (mg) | Carga L (g)                          | I (g)  | $\Delta L$ (mg) | E (mg) | Ec (mg) |
| 1                        | 0.10                               | 0.10  | 5               | 0       | 200.00                               | 200.00 | 5               | 0      | 0       |
| 2                        |                                    | 0.10  | 6               | -1      |                                      | 200.00 | 4               | 1      | 2       |
| 3                        |                                    | 0.10  | 6               | -1      |                                      | 200.00 | 6               | -1     | 0       |
| 4                        |                                    | 0.10  | 5               | 0       |                                      | 200.00 | 5               | 0      | 0       |
| 5                        |                                    | 0.11  | 7               | 8       |                                      | 200.01 | 8               | 7      | -1      |
| Error máximo permissible |                                    |       |                 |         |                                      |        |                 |        | 30      |

\* Valor entre 0 y 10e



Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0201 - 2021

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

|             |         |         |
|-------------|---------|---------|
| Temperatura | Inicial | Final   |
|             | 20.4 °C | 20.4 °C |

| Carga<br>L (g) | CRECIENTES |         |        | DECRECIENTES |        |         |        | e.m.p **<br>(± mg) |         |
|----------------|------------|---------|--------|--------------|--------|---------|--------|--------------------|---------|
|                | I (g)      | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg)      | I (g)  | ΔL (mg) | E (mg) |                    | Ec (mg) |
| 0.10           | 0.10       | 6       | -1     |              |        |         |        |                    |         |
| 0.20           | 0.20       | 5       | 0      | 1            | 0.20   | 5       | 0      | 1                  | 10      |
| 60.00          | 60.00      | 6       | -1     | 0            | 60.00  | 5       | 0      | 1                  | 20      |
| 120.00         | 120.00     | 7       | -2     | -1           | 120.00 | 4       | 1      | 2                  | 20      |
| 150.00         | 150.00     | 6       | -1     | 0            | 150.00 | 5       | 0      | 1                  | 20      |
| 200.00         | 200.00     | 5       | 0      | 1            | 200.00 | 6       | -1     | 0                  | 30      |
| 250.00         | 250.00     | 6       | -1     | 0            | 250.00 | 5       | 0      | 1                  | 30      |
| 300.00         | 300.00     | 6       | -1     | 0            | 300.00 | 5       | 0      | 1                  | 30      |
| 400.00         | 400.00     | 4       | 1      | 2            | 400.00 | 6       | -1     | 0                  | 30      |
| 500.00         | 499.99     | 2       | -7     | -6           | 500.00 | 6       | -1     | 0                  | 30      |
| 600.00         | 600.01     | 8       | 7      | 8            | 600.01 | 7       | 8      | 9                  | 30      |

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(-0.000037 \text{ g}^2 + 0.00000000002 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.0000030 \text{ R}$$

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC S.A.C.

# Volumen de Tráfico Promedio Diario

## VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO

Carretera "Eficiencia del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes - 2019"  
 Tramo C.P. Santa Rosa - Santiago - Ancobamba  
 Cod Estación E-1  
 Estación E1  
 Ubicación Entrada localidad de Santa Rosa  
 Sentido Domingo 10 de Marzo Al Sábado 16 de Marzo del 2019  
 Día

| HORA         | STATION  |           | CAMIONETAS |          | BUS           |          | CAMION   |           |           | SEMITRAYLER |          |          | TRAYLERS |          |          | TOTAL    | PORC. %  |            |              |
|--------------|----------|-----------|------------|----------|---------------|----------|----------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------------|
|              | AUTO     | WAGON     | PICK UP    | PANEL    | RURAL (Combi) | MICRO    | 2E       | 3E        | 4E        | 2S1/2S2     | 2S3      | 3S1/3S2  | 3S3      | 2T2      | 2T3      |          |          | 3T2        | 3T3          |
| LUNES        | 3        | 0         | 5          | 0        | 2             | 0        | 0        | 1         | 0         | 0           | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 18         | 13.3         |
| MARTES       | 3        | 1         | 5          | 0        | 2             | 0        | 0        | 7         | 0         | 0           | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 18         | 13.3         |
| MIERCOLES    | 0        | 2         | 4          | 2        | 4             | 0        | 0        | 4         | 0         | 0           | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 22         | 16.3         |
| JUEVES       | 0        | 4         | 4          | 1        | 1             | 0        | 0        | 9         | 0         | 0           | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 20         | 14.8         |
| VIERNES      | 0        | 1         | 8          | 0        | 3             | 0        | 0        | 6         | 2         | 0           | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 20         | 14.8         |
| SABADO       | 0        | 2         | 8          | 0        | 2             | 0        | 0        | 7         | 0         | 0           | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 19         | 14.1         |
| DOMINGO      | 0        | 0         | 7          | 0        | 2             | 0        | 0        | 7         | 2         | 0           | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 18         | 13.3         |
| <b>TOTAL</b> | <b>6</b> | <b>10</b> | <b>41</b>  | <b>3</b> | <b>16</b>     | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>49</b> | <b>10</b> | <b>0</b>    | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>135</b> | <b>100.0</b> |
| IMD          | 1        | 1         | 6          | 0        | 2             | 0        | 0        | 7         | 1         | 0           | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 18         |              |
| %            | 4.4      | 7.4       | 30.4       | 2.2      | 11.9          | 0.0      | 0.0      | 36.3      | 7.4       | 0.0         | 0.0      | 0.0      | 0.0      | 0.0      | 0.0      | 0.0      | 0.0      | 100.0      |              |

### TRAFICO VEHICULAR AMBOS SENTIDOS POR DIAS - TRAMO 1

| Tipo de Vehiculos | Lunes     | Martes    | Miércoles | Jueves    | Viernes   | Sábado    | Domingo   | Total Semanal | IMDs $\Sigma$ VIT | FC         | IMDs x FC |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|-------------------|------------|-----------|
| Autos             | 3         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 3         | 6             | 1                 | 1.00000000 | 1         |
| Station Wagon     | 1         | 2         | 4         | 1         | 2         | 0         | 0         | 10            | 1                 | 1.00000000 | 1         |
| Camioneta Pick Up | 5         | 4         | 4         | 8         | 8         | 7         | 5         | 41            | 6                 | 1.00000000 | 6         |
| Panel             | 0         | 2         | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         | 3             | 0                 | 1.00000000 | 0         |
| Rural (Combi)     | 2         | 4         | 1         | 3         | 2         | 2         | 2         | 16            | 2                 | 1.00000000 | 2         |
| Micro             | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0             | 0                 | 1.00000000 | 0         |
| Omnibus 2E y 3E   | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0             | 0                 | 1.00000000 | 0         |
| Camión 2E         | 7         | 6         | 9         | 6         | 7         | 7         | 7         | 49            | 7                 | 0.94884300 | 7         |
| Camión 3E         | 0         | 4         | 1         | 2         | 0         | 2         | 1         | 10            | 1                 | 0.94884300 | 1         |
| Camión 4E         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0             | 0                 | 0.94884300 | 0         |
| Semi traylor      | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0             | 0                 | 0.94884300 | 0         |
| Traylor           | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0             | 0                 | 0.94884300 | 0         |
| <b>TOTAL IMD</b>  | <b>18</b> | <b>22</b> | <b>20</b> | <b>20</b> | <b>19</b> | <b>18</b> | <b>18</b> | <b>135</b>    | <b>19</b>         |            | <b>18</b> |

### TRAFICO VEHICULAR IMD Corregido (Vehida)

| Tipo de Vehiculos | IMDa      | Distrib. %    |
|-------------------|-----------|---------------|
| Autos             | 1         | 5.6%          |
| Station Wagon     | 1         | 5.6%          |
| Camioneta Pick Up | 6         | 33.3%         |
| Panel             | 0         | 0.0%          |
| Rural (Combi)     | 2         | 11.1%         |
| Micro             | 0         | 0.0%          |
| Omnibus 2E y 3E   | 0         | 0.0%          |
| Camión 2E         | 7         | 38.9%         |
| Camión 3E         | 1         | 5.6%          |
| Camión 4E         | 0         | 0.0%          |
| Semi traylor      | 0         | 0.0%          |
| Traylor           | 0         | 0.0%          |
| <b>TOTAL IMD</b>  | <b>18</b> | <b>100.0%</b> |

### FACTOR DE CORRECCION ESTACIONAL

Resumen de Metodología

IMD =  $\frac{VS}{7}$

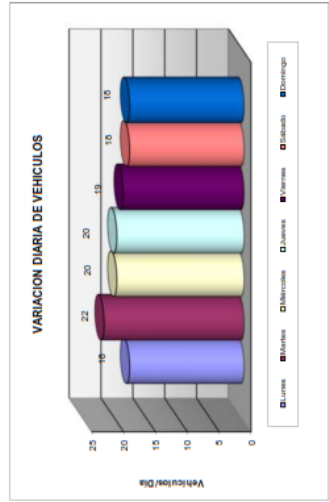
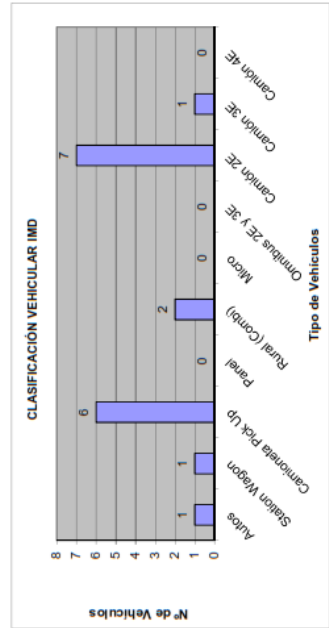
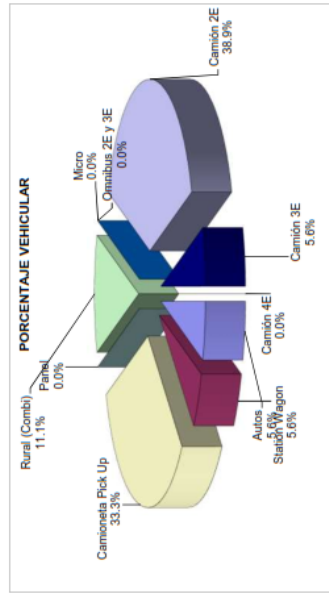
VS = Volumen Promedio Semanal

FC Veh. Ligeros = **1.00000**

FC Veh. Pesados = **0.94884**

IMD = 18 Vehículos por día

6.570 V. x año



## Diseño Espesor de Pavimento

Fca  
CBR Promedio

1 veh. Ligero  
14.6625

### METODO DISEÑO NAASRA

| DATOS       |                 |
|-------------|-----------------|
| <b>CBR</b>  | <b>14.6625</b>  |
| <b>Nrep</b> | <b>31067.69</b> |

$N_{rep} \text{ de EE}_{8.2 \text{ tn}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times F_{ca} \times 365]$

Donde :  $EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{vpi} \times F_{pi}$

**Fca** : Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado (según cuadro 6.2)

**365**: Número de días del año

$$e = \left[ 219 - 211 \times \log CBR + 58 \times (\log CBR)^2 \right] \times \log \left( \frac{N_{rep}}{120} \right)$$

asumido

|                |          |                     |              |           |              |
|----------------|----------|---------------------|--------------|-----------|--------------|
| <b>ESPESOR</b> | <b>=</b> | <b>51.812 2.413</b> | <b>125.0</b> | <b>mm</b> | <b>15 cm</b> |
|----------------|----------|---------------------|--------------|-----------|--------------|

Log CBR= 1.166208025

|              |                        |
|--------------|------------------------|
| Eedia-Carril | 85.11696               |
| IMDpi        | 18                     |
| Fd           | 1                      |
| Fc           | 1                      |
| Fvpi         | 3.477 2 ejes C2 L=12.3 |
| Fpi          | 1.36 5cm               |

**EE<sub>día-carril</sub>** = IMD<sub>pi</sub> × F<sub>d</sub> × F<sub>c</sub> × F<sub>vpi</sub> × F<sub>pi</sub>

Donde :

**IMD<sub>pi</sub>** = corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i)

**F<sub>d</sub>** = Factor Direccional ,según Cuadro 6.1

**F<sub>c</sub>** = Factor Carril de diseño, según Cuadro 6.1

**F<sub>vpi</sub>** =Factor vehículo pesado del tipo seleccionado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado(bus o camión),y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el numero del total del tipo de vehículo seleccionado.

**F<sub>pi</sub>**= Factor de presión de neumáticos,según cuadro 6.13

**Cuadro 6.1**  
Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

| Número de calzadas   | Número de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor Direccional (Fd) | Factor Carril (Fc) | Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño |
|--|--------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|--|
| 1 calzada<br><small>(para IMDs total de la calzada)</small>                              | 1 sentido          | 1                              | 1.00                    | 1.00               | 1.00   |
|  | 1 sentido          | 2                              | 1.00                    | 0.80               | 0.80   |
|  | 1 sentido          | 3                              | 1.00                    | 0.60               | 0.60   |
|  | 1 sentido          | 4                              | 1.00                    | 0.50               | 0.50   |
|  | 2 sentidos         | 1                              | 0.50                    | 1.00               | 0.50   |
|  | 2 sentidos         | 2                              | 0.50                    | 0.80               | 0.40   |
| 2 calzadas con separador central<br><small>(para IMDs total de las dos calzadas)</small> | 2 sentidos         | 1                              | 0.50                    | 1.00               | 0.50   |
|  | 2 sentidos         | 2                              | 0.50                    | 0.80               | 0.40   |
|  | 2 sentidos         | 3                              | 0.50                    | 0.60               | 0.30   |
|  | 2 sentidos         | 4                              | 0.50                    | 0.50               | 0.25   |

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO93

| Período de Análisis (años) | Factor de Crecimiento | Tasa anual de crecimiento (%) |       |       |       |       |       |       |       |      |   |
|----------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|---|
|                            |                       | 0                             | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8    | 9 |
| 1                          | 1.00                  | 1.00                          | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00 |   |
| 2                          | 2.00                  | 2.00                          | 2.00  | 2.04  | 2.05  | 2.06  | 2.07  | 2.08  | 2.10  |      |   |
| 3                          | 3.00                  | 3.06                          | 3.08  | 3.12  | 3.15  | 3.18  | 3.21  | 3.25  | 3.31  |      |   |
| 4                          | 4.00                  | 4.12                          | 4.16  | 4.25  | 4.31  | 4.37  | 4.44  | 4.51  | 4.64  |      |   |
| 5                          | 5.00                  | 5.20                          | 5.19  | 5.42  | 5.53  | 5.64  | 5.75  | 5.87  | 6.11  |      |   |
| 6                          | 6.00                  | 6.31                          | 6.27  | 6.63  | 6.80  | 6.98  | 7.15  | 7.34  | 7.72  |      |   |
| 7                          | 7.00                  | 7.43                          | 7.36  | 7.80  | 8.14  | 8.30  | 8.65  | 8.92  | 9.49  |      |   |
| 8                          | 8.00                  | 8.58                          | 8.49  | 9.01  | 9.55  | 9.80  | 10.26 | 10.64 | 11.44 |      |   |
| 9                          | 9.00                  | 9.76                          | 9.56  | 10.18 | 10.84 | 11.10 | 11.68 | 12.09 | 13.08 |      |   |
| 10                         | 10.00                 | 10.95                         | 10.66 | 11.01 | 12.58 | 13.18 | 13.82 | 14.49 | 15.94 |      |   |
| 11                         | 11.00                 | 12.17                         | 11.81 | 12.49 | 14.21 | 14.97 | 15.76 | 16.60 | 18.35 |      |   |
| 12                         | 12.00                 | 13.41                         | 12.98 | 13.63 | 15.50 | 16.37 | 17.28 | 18.18 | 20.38 |      |   |
| 13                         | 13.00                 | 14.68                         | 14.19 | 14.93 | 17.71 | 18.68 | 19.74 | 21.00 | 24.52 |      |   |
| 14                         | 14.00                 | 15.97                         | 15.38 | 16.29 | 19.76 | 20.81 | 22.05 | 24.21 | 27.97 |      |   |
| 15                         | 15.00                 | 17.29                         | 16.60 | 17.62 | 21.58 | 22.96 | 24.35 | 27.16 | 31.73 |      |   |
| 16                         | 16.00                 | 18.64                         | 17.76 | 18.62 | 23.60 | 25.07 | 27.09 | 30.32 | 35.95 |      |   |
| 17                         | 17.00                 | 20.01                         | 18.76 | 19.70 | 25.84 | 28.21 | 30.64 | 33.76 | 40.55 |      |   |
| 18                         | 18.00                 | 21.41                         | 19.71 | 20.85 | 28.32 | 30.51 | 34.00 | 37.45 | 45.60 |      |   |
| 19                         | 19.00                 | 22.84                         | 20.72 | 22.07 | 30.54 | 33.76 | 37.38 | 41.45 | 51.16 |      |   |
| 20                         | 20.00                 | 24.30                         | 21.67 | 23.38 | 33.00 | 36.73 | 41.60 | 45.76 | 57.28 |      |   |

# Presupuesto Comparativo

S10

Página

1

## Presupuesto

Presupuesto 0302060 Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes - 2019  
 Cliente UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES Costo al 12/10/2021  
 Lugar APURIMAC - AYMARAEAS - CHAPIMARCA

| Item | Descripción  | Und. | Metrado    | Precio S/. | Parcial S/.         |
|------|--|------|------------|------------|---------------------|
| 1    | <b>PAVIMENTOS TRADICIONAL</b>                                    |      |            |            | <b>1,368,511.96</b> |
| 1.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE R=2100 m2/día              | m2   | 104,325.60 | 2.12       | 221,170.27          |
| 1.02 | EXTRACCION Y APILAMIENTO (AGREGADOS) R=460 m3/día                | m3   | 18,778.61  | 6.18       | 116,051.81          |
| 1.03 | CARGUIO Y TRANSPORTE MATERIAL DE CANTERA                         | m3   | 18,778.61  | 15.51      | 291,256.24          |
| 1.04 | AFIRMADO, EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTACION                         | m3   | 15,648.84  | 47.29      | 740,033.64          |
| 2    | <b>PAVIMENTOS CON CLORURO DE MAGNESIO</b>                        |      |            |            | <b>1,997,608.00</b> |
| 2.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE R=2100 m2/día              | m2   | 104,325.60 | 2.12       | 221,170.27          |
| 2.02 | EXTRACCION Y APILAMIENTO (AGREGADOS) R=460 m3/día                | m3   | 18,778.61  | 6.18       | 116,051.81          |
| 2.03 | CARGUIO Y TRANSPORTE MATERIAL DE CANTERA                         | m3   | 18,778.61  | 15.51      | 291,256.24          |
| 2.04 | AFIRMADO, EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTACION CON CLORURO DE MAGNESIO | m3   | 15,684.84  | 87.29      | 1,369,129.68        |

S10

## Precios y cantidades de recursos requeridos

Obra 0302060 Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes - 2019

Fecha 01/10/2021

Lugar 030404 APURIMAC - AYMARAEAS - CHAPIMARCA

| Código              | Recurso  | Unidad | Cantidad    | Precio S/. | Parcial S/.         |
|---------------------|--|--------|-------------|------------|---------------------|
| <b>MANO DE OBRA</b> |  |        |             |            |                     |
| 0147010003          | OFICIAL  | hh     | 4,116.4300  | 18.84      | 77,553.49           |
| 0147010004          | PEON   | hh     | 11,784.4600 | 17.01      | 200,453.73          |
|                     |  |        |             |            | <b>278,007.22</b>   |
| <b>MATERIALES</b>   |  |        |             |            |                     |
| 0205300040          | MATERIAL AFIRMADO  | m3     | 37,600.4200 | 30.00      | 1,128,012.48        |
| 0239060027          | CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO                          | t      | 1,254.7900  | 500.00     | 627,393.60          |
| 0253000002          | PETROLEO DIESEL # 2  | gal    | 7,293.5700  | 16.00      | 116,697.08          |
|                     |  |        |             |            | <b>1,872,103.16</b> |
| <b>EQUIPOS</b>      |  |        |             |            |                     |
| 0337010001          | HERRAMIENTAS MANUALES                                      | %MO    |             |            | 8,333.34            |
| 0348040003          | CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl               | hm     | 1,316.1500  | 70.00      | 92,130.29           |
| 0349030007          | RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton | hm     | 1,316.1500  | 150.00     | 197,422.05          |
| 0349040010          | CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3                    | hm     | 833.7700    | 190.00     | 158,416.34          |
| 0349040034          | TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP                            | hm     | 653.5000    | 240.00     | 156,838.94          |
| 0349090000          | MOTONIVELADORA DE 125 HP                                   | hm     | 1,316.1500  | 230.00     | 302,713.81          |
| 0349170002          | CAMION VOLQUETE 15 m3                                      | hm     | 3,338.8400  | 90.00      | 300,495.31          |
|                     |  |        |             |            | <b>1,216,350.08</b> |

### Análisis de precios unitarios

|                |         |   |                              |
|----------------|---------|---|------------------------------|
| Presupuesto    | 0302060 | Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Ayacucho - 2019 |                              |
| Subpresupuesto | 001     | Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Ayacucho - 2019 | Fecha presupuesto 12/10/2021 |

| Partida     | 1.01   | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE R=2100 m2/día |                |                                  |             |              |       |
|-------------|--|---|----------------|----------------------------------|-------------|--------------|-------|
| Rendimiento | m 2/DIA  | MO. 2,100.0000                                      | EQ. 2,100.0000 | Costo unitario directo por : m 2 |             |              | 2.12  |
| Código      | Descripción Recurso  | Unidad  | Cuadrilla      | Cantidad                         | Precio \$/. | Parcial \$/. |       |
|             | <b>Mano de Obra</b>  |   |                |                                  |             |              |       |
| 0147010003  | OFICIAL  | hh  | 2.0000         | 0.0076                           | 18.84       | 0.14         |       |
| 0147010004  | PEON   | hh  | 4.0000         | 0.0152                           | 17.01       | 0.26         |       |
|             |  |   |                |                                  |             | <b>0.40</b>  |       |
|             | <b>Equipos</b>   |   |                |                                  |             |              |       |
| 0337010001  | HERRAMIENTAS MANUALES                                      | %MO   |                | 3.0000                           | 0.40        | 0.01         |       |
| 0348040003  | CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl               | hm  | 1.0000         | 0.0038                           | 70.00       | 0.27         |       |
| 0349030007  | RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton | hm  | 1.0000         | 0.0038                           | 150.00      | 0.57         |       |
| 0349090000  | MOTONIVELADORA DE 125 HP                                   | hm  | 1.0000         | 0.0038                           | 230.00      | 0.87         |       |
|             |  |   |                |                                  |             | <b>1.72</b>  |       |
| Partida     | 1.02   | EXTRACCION Y APILAMIENTO (AGREGADOS) R=480 m3/día   |                |                                  |             |              |       |
| Rendimiento | m 3/DIA  | MO. 480.0000  | EQ. 480.0000   | Costo unitario directo por : m 3 |             |              | 6.18  |
| Código      | Descripción Recurso  | Unidad  | Cuadrilla      | Cantidad                         | Precio \$/. | Parcial \$/. |       |
|             | <b>Mano de Obra</b>  |   |                |                                  |             |              |       |
| 0147010003  | OFICIAL  | hh  | 1.0000         | 0.0174                           | 18.84       | 0.33         |       |
| 0147010004  | PEON   | hh  | 2.0000         | 0.0348                           | 17.01       | 0.59         |       |
|             |  |   |                |                                  |             | <b>0.92</b>  |       |
|             | <b>Materiales</b>  |   |                |                                  |             |              |       |
| 0253000002  | PETROLEO DIESEL # 2  | gal   |                | 0.0657                           | 16.00       | 1.05         |       |
|             |  |   |                |                                  |             | <b>1.05</b>  |       |
|             | <b>Equipos</b>   |   |                |                                  |             |              |       |
| 0337010001  | HERRAMIENTAS MANUALES                                      | %MO   |                | 3.0000                           | 0.92        | 0.03         |       |
| 0349040034  | TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP                            | hm  | 1.0000         | 0.0174                           | 240.00      | 4.18         |       |
|             |  |   |                |                                  |             | <b>4.21</b>  |       |
| Partida     | 1.03   | CARGUO Y TRANSPORTE MATERIAL DE CANTERA             |                |                                  |             |              |       |
| Rendimiento | m 3/DIA  | MO. 380.0000  | EQ. 380.0000   | Costo unitario directo por : m 3 |             |              | 15.51 |
| Código      | Descripción Recurso  | Unidad  | Cuadrilla      | Cantidad                         | Precio \$/. | Parcial \$/. |       |
|             | <b>Mano de Obra</b>  |   |                |                                  |             |              |       |
| 0147010003  | OFICIAL  | hh  | 1.0000         | 0.0222                           | 18.84       | 0.42         |       |
| 0147010004  | PEON   | hh  | 5.0000         | 0.1111                           | 17.01       | 1.89         |       |
|             |  |   |                |                                  |             | <b>2.31</b>  |       |
|             | <b>Materiales</b>  |   |                |                                  |             |              |       |
| 0253000002  | PETROLEO DIESEL # 2  | gal   |                | 0.0570                           | 16.00       | 0.91         |       |
|             |  |   |                |                                  |             | <b>0.91</b>  |       |
|             | <b>Equipos</b>   |   |                |                                  |             |              |       |
| 0337010001  | HERRAMIENTAS MANUALES                                      | %MO   |                | 3.0000                           | 2.31        | 0.07         |       |
| 0349040010  | CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3                    | hm  | 1.0000         | 0.0222                           | 190.00      | 4.22         |       |
| 0349170002  | CAMION VOLQUETE 15 m 3                                     | hm  | 4.0000         | 0.0889                           | 90.00       | 8.00         |       |
|             |  |   |                |                                  |             | <b>12.29</b> |       |

### Análisis de precios unitarios

|                |         |   |                   |            |
|----------------|---------|---|-------------------|------------|
| Presupuesto    | 0302060 | Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes - 2019 | Fecha presupuesto | 12/10/2021 |
| Subpresupuesto | 001     | Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes - 2019 |                   |            |

| Partida 1.04 AFIRMADO, EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTACION            |  |                 |                |                                 |             |              |       |
|--|--|-----------------|----------------|---------------------------------|-------------|--------------|-------|
| Rendimiento  | m3/DIA   | M.O. 480.0000   | EO. 480.0000   | Costo unitario directo por : m3 |             |              | 47.29 |
| Código   | Descripción Recurso  | Unidad          | Cuadrilla      | Cantidad                        | Precio \$/. | Parcial \$/. |       |
| <b>Mano de Obra</b>  |  |                 |                |                                 |             |              |       |
| 0147010003   | OFICIAL  | hh              | 2.0000         | 0.0333                          | 18.84       | 0.63         |       |
| 0147010004   | PEON   | hh              | 6.0000         | 0.1000                          | 17.01       | 1.70         |       |
|  |  |                 |                |                                 |             |              | 2.33  |
| <b>Materiales</b>  |  |                 |                |                                 |             |              |       |
| 0205300040   | MATERIAL AFIRMADO  | m3              |                | 1.2000                          | 30.00       | 36.00        |       |
| 0253000002   | PETROLEO DIESSEL # 2                                       | gal             |                | 0.0857                          | 16.00       | 1.37         |       |
|  |  |                 |                |                                 |             |              | 37.37 |
| <b>Equipos</b>   |  |                 |                |                                 |             |              |       |
| 0337010001   | HERRAMIENTAS MANUALES                                      | %M O            |                | 3.0000                          | 2.33        | 0.07         |       |
| 0348040003   | CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl               | hm              | 1.0000         | 0.0167                          | 70.00       | 1.17         |       |
| 0349030007   | RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton | hm              | 1.0000         | 0.0167                          | 150.00      | 2.51         |       |
| 0349090000   | MOTONVELADORA DE 125 HP                                    | hm              | 1.0000         | 0.0167                          | 230.00      | 3.84         |       |
|  |  |                 |                |                                 |             |              | 7.59  |
| Partida 2.01 PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE R=2100 m2/día |  |                 |                |                                 |             |              |       |
| Rendimiento  | m2/DIA   | M.O. 2,100.0000 | EO. 2,100.0000 | Costo unitario directo por : m2 |             |              | 2.12  |
| Código   | Descripción Recurso  | Unidad          | Cuadrilla      | Cantidad                        | Precio \$/. | Parcial \$/. |       |
| <b>Mano de Obra</b>  |  |                 |                |                                 |             |              |       |
| 0147010003   | OFICIAL  | hh              | 2.0000         | 0.0076                          | 18.84       | 0.14         |       |
| 0147010004   | PEON   | hh              | 4.0000         | 0.0192                          | 17.01       | 0.26         |       |
|  |  |                 |                |                                 |             |              | 0.40  |
| <b>Equipos</b>   |  |                 |                |                                 |             |              |       |
| 0337010001   | HERRAMIENTAS MANUALES                                      | %M O            |                | 3.0000                          | 0.40        | 0.01         |       |
| 0348040003   | CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl               | hm              | 1.0000         | 0.0038                          | 70.00       | 0.27         |       |
| 0349030007   | RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton | hm              | 1.0000         | 0.0038                          | 150.00      | 0.57         |       |
| 0349090000   | MOTONVELADORA DE 125 HP                                    | hm              | 1.0000         | 0.0038                          | 230.00      | 0.87         |       |
|  |  |                 |                |                                 |             |              | 1.72  |
| Partida 2.02 EXTRACCION Y APILAMIENTO (AGREGADOS) R=460 m3/día   |  |                 |                |                                 |             |              |       |
| Rendimiento  | m3/DIA   | M.O. 460.0000   | EO. 460.0000   | Costo unitario directo por : m3 |             |              | 6.18  |
| Código   | Descripción Recurso  | Unidad          | Cuadrilla      | Cantidad                        | Precio \$/. | Parcial \$/. |       |
| <b>Mano de Obra</b>  |  |                 |                |                                 |             |              |       |
| 0147010003   | OFICIAL  | hh              | 1.0000         | 0.0174                          | 18.84       | 0.33         |       |
| 0147010004   | PEON   | hh              | 2.0000         | 0.0348                          | 17.01       | 0.59         |       |
|  |  |                 |                |                                 |             |              | 0.92  |
| <b>Materiales</b>  |  |                 |                |                                 |             |              |       |
| 0253000002   | PETROLEO DIESSEL # 2                                       | gal             |                | 0.0657                          | 16.00       | 1.05         |       |
|  |  |                 |                |                                 |             |              | 1.05  |
| <b>Equipos</b>   |  |                 |                |                                 |             |              |       |
| 0337010001   | HERRAMIENTAS MANUALES                                      | %M O            |                | 3.0000                          | 0.92        | 0.03         |       |
| 0349040034   | TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP                            | hm              | 1.0000         | 0.0174                          | 240.00      | 4.18         |       |
|  |  |                 |                |                                 |             |              | 4.21  |

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0302060** Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Ayмараes - 2019  
 Subpresupuesto **001** Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Ayмараes - 2019 Fecha presupuesto **12/10/2021**

| Partida <b>2.03</b> CARGUIO Y TRANSPORTE MATERIAL DE CANTERA                         |   |              |              |                                 |            |             |              |
|--|---|--------------|--------------|---------------------------------|------------|-------------|--------------|
| Rendimiento  | m3/DIA  | MO. 360.0000 | EQ. 360.0000 | Costo unitario directo por : m3 |            |             | 15.51        |
| Código   | Descripción Recurso   | Unidad       | Cuadrilla    | Cantidad                        | Precio S/. | Parcial S/. |              |
| <b>Mano de Obra</b>  |   |              |              |                                 |            |             |              |
| 0147010003   | OFICIAL   | hh           | 1.0000       | 0.0222                          | 18.84      | 0.42        |              |
| 0147010004   | PEON  | hh           | 5.0000       | 0.1111                          | 17.01      | 1.89        |              |
|  |   |              |              |                                 |            |             | <b>2.31</b>  |
| <b>Materiales</b>  |   |              |              |                                 |            |             |              |
| 0253000002   | PETROLEO DIESEL # 2   | gal          |              | 0.0570                          | 16.00      | 0.91        |              |
|  |   |              |              |                                 |            |             | <b>0.91</b>  |
| <b>Equipos</b>   |   |              |              |                                 |            |             |              |
| 0337010001   | HERRAMIENTAS MANUALES                                       | %MO          |              | 3.0000                          | 2.31       | 0.07        |              |
| 0349040010   | CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3                     | hm           | 1.0000       | 0.0222                          | 190.00     | 4.22        |              |
| 0349170002   | CAMION VOLQUETE 15 m3                                       | hm           | 4.0000       | 0.0889                          | 90.00      | 8.00        |              |
|  |   |              |              |                                 |            |             | <b>12.29</b> |
| Partida <b>2.04</b> AFIRMADO, EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTACION CON CLORURO DE MAGNESIO |   |              |              |                                 |            |             |              |
| Rendimiento  | m3/DIA  | MO. 480.0000 | EQ. 480.0000 | Costo unitario directo por : m3 |            |             | 87.29        |
| Código   | Descripción Recurso   | Unidad       | Cuadrilla    | Cantidad                        | Precio S/. | Parcial S/. |              |
| <b>Mano de Obra</b>  |   |              |              |                                 |            |             |              |
| 0147010003   | OFICIAL   | hh           | 2.0000       | 0.0333                          | 18.84      | 0.63        |              |
| 0147010004   | PEON  | hh           | 6.0000       | 0.1000                          | 17.01      | 1.70        |              |
|  |   |              |              |                                 |            |             | <b>2.33</b>  |
| <b>Materiales</b>  |   |              |              |                                 |            |             |              |
| 0205300040   | MATERIAL AFIRMADO   | m3           |              | 1.2000                          | 30.00      | 36.00       |              |
| 0239060027   | CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO                           | t            |              | 0.0800                          | 500.00     | 40.00       |              |
| 0253000002   | PETROLEO DIESEL # 2   | gal          |              | 0.0857                          | 16.00      | 1.37        |              |
|  |   |              |              |                                 |            |             | <b>77.37</b> |
| <b>Equipos</b>   |   |              |              |                                 |            |             |              |
| 0337010001   | HERRAMIENTAS MANUALES                                       | %MO          |              | 3.0000                          | 2.33       | 0.07        |              |
| 0348040003   | CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl                | hm           | 1.0000       | 0.0167                          | 70.00      | 1.17        |              |
| 0349030007   | RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 ton | hm           | 1.0000       | 0.0167                          | 150.00     | 2.51        |              |
| 0349090000   | MOTONIVELADORA DE 125 HP                                    | hm           | 1.0000       | 0.0167                          | 230.00     | 3.84        |              |
|  |   |              |              |                                 |            |             | <b>7.59</b>  |



**Referencia: Constancia de uso y aplicación del producto BISCHOFITA, en altura.**

Para: Bach. Jesús Riveros Dávalos y Wilber Guillen Marca

RUC: 10310338759

De: Mg. William Huayhua castro

Gerente Operativo - IVARCON SAC

Lugar y Fecha: Arequipa, 04 de octubre de 2021.

Hacemos constar la siguiente experiencia:

**"SUMINISTRO ASESORAMIENTO EN LA DOSIFICACIÓN Y APLICACIÓN DE 364 TON. DE BISCHOFITA EN LA U.M. PUCAMARCA - TACNA"**

De acuerdo a la orden de Compra entre la Minera Pucamarca e IVARCON SAC, Orden de Compra N° 4500229777 de fecha 8 Julio del 2020.

El objetivo de la Orden de Compra es el Servicio de Suministro, Aplicación y Dosificación de 364 Ton. de Bischofita , en U.M. Pucamarca – Tacna, a más de 4 500 msnm., se preparó la Salmuera de Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita). Para aplicarse sobre la vía afirmada de 30 Km. Aproximadamente.

Luego de cuarentena, exámenes y capacitaciones del personal; se inicia la operación el día 19 de julio del 2020, con los trabajos preliminares de implementación de un foso de 5 x 4 x 1 (L ,A, h) y de una rampa de 4 x 4 x 0.4, con la ayuda de una retroexcavadora para la preparación de la solución y la habilitación de dos motobombas de 4 y 2 Pulg. el servicio se ejecutó tal lo acordado, desarrollándose con normalidad, cumpliéndose con el objetivo de aplicar Cloruro de magnesio hexahidratado (Bischofita) en solución, con densidad según guía del fabricante y se finalizó el día 12 de agosto del 2020.

Asimismo, se usa el producto en minera Bambas y Hubday que son los más cercanos al lugar de su proyecto.

Es cuanto suscribimos a solicitud del interesado, para fines que estime conveniente.

Cordialmente,

IVARCON S.A.C.  
William A. Huayhua Castro  
DNI: 29848034

## FICHA COMERCIAL Y USO DE LA BISCHOFITA

### CONCEPTOS BASICOS DE LA BISCHOFITA.

El cloruro de magnesio hexahidratado o bischofita, es una sal con fórmula  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ .

Bischofita, es un estabilizador de suelos y agente controlador de polvo para caminos no pavimentados. Dentro de sus propiedades, permite atraer y retener la humedad ambiental aminorando la pérdida de partículas finas del suelo y controlando la emisión de polvo, la Bischofita es un producto natural, incoloro e inodoro, no es contaminante ni peligroso.



### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA BISCHOFITA.

- **Adherente:** Liga las partículas finas estabilizando la carpeta de rodadura.
- **Absorbente:** Absorbe la humedad del aire cuando la humedad relativa es superior al 32%.
- **Anticongelante:** Baja temperatura de congelamiento ( $-32,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ): evita la formación de hielo sobre los caminos.
- **Soluble:** Facilita su aplicación diluido en el agua de compactación.
- **Presentación y transporte:** Es a granel (como granos de arroz) y transportable en camiones metaleros o encapsulados de 30 TN.

### SU APLICACIÓN EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS.

Importantes recursos se gastan periódicamente en la mantención convencional de caminos no pavimentados. La estabilización de carpetas de rodado utilizando este producto, tiene por un largo periodo de tiempo la cohesión superficial, previniendo la formación de calamina, baches, grietas e irregularidades y sobre todo eliminando la emisión de polvo. De esta forma disminuye el costo de operación de los usuarios, se reduce en forma considerable el costo de mantenimiento del camino y se evitan accidentes provocados por la mala visibilidad. Su calidad es solo comparable con el pavimento.



### PROBLEMAS PUNTUALES EN LOS CAMINOS NO PAVIMENTADOS.

Deficiente nivel de servicio.

Baches, calamina, polvo.

Bajo nivel de seguridad vial.

Alta frecuencia de mantenimiento.

Contaminación ambiental por polvo en suspensión.

Impacto negativo sobre la salud de las personas y trabajadores.

Alto costo de mantenimiento y deterioro acelerado de los vehículos.

Deterioro de los productos transportados.

Daños sobre los bienes adyacentes al camino como cultivos, casas, etc.

Limitada integración social: inadecuado acceso a salud, educación y turismo.

### **COSTOS DE ESTABILIZACIÓN CARPETAS CON BISCHOFITA.**

Se aplica diluido en agua de manera de reemplazar en hasta un 100% el agua de compactación al estabilizar carpetas granulares (mezcla homogénea en todo el espesor de la base granular hasta 15 cm. para aplicación nueva).

La estabilización de carpetas de rodado con Bischofita, posee costo de construcción levemente mayor respecto a la estabilización convencional (compactación estándar utilizando agua), pero es muy superior en calidad y duración. Normalmente estos caminos con mantenimiento convencional muestran un deterioro considerable a las pocas semanas de operación, presentando baches, calaminados y emitiendo una gran cantidad de polvo. Incluso con un mantenimiento periódico a los caminos estabilizados de esta forma no se logra un nivel de calidad de rodado y supresión de polvo como el que otorga una carpeta estabilizada con Bischofita. El costo constructivo para un camino estabilizado con Bischofita es levemente superior al convencional, situándose en aprox. USD \$1.30 y 2.50 por m<sup>2</sup>, en promedio como controlador y estabilizador respectivamente (sólo aditivo aplicado, para obtener el total del costo adicionar el costo convencional de mantenimiento). En climas con bajas temperaturas tiene un normal comportamiento en todos los casos el tratamiento no emite polvo y en general no requiere conservación durante el primer año de servicio, habiéndose verificado en la práctica duraciones superiores a 1 año sin tratamiento (estado óptimo). Los pavimentos asfálticos ofrecen costos de construcción mucho más altos que una carpeta estabilizada con Bischofita, por lo cual la Bischofita constituye una excelente alternativa para aquellos caminos que por su nivel de tránsito no justifican algún tipo de pavimento. Las aplicaciones de mantenimiento posteriores en las vías, resulta costando entre un 15 y 20% menos que una nueva aplicación.



### **BENEFICIOS DE SU USO.**

Su uso es amigable con el medio ambiente, por eso es de aplicación en mantenimiento de vías rurales para el sector público, la minería, el agro, instalaciones industriales y proyectos urbanísticos. Con la aplicación, estaremos disminuyendo el calaminado y la emisión de polvo, reduciendo la frecuencia de mantenimiento del mismo; además la velocidad media de circulación aumenta considerablemente por la estabilización de la vía.

**Ahorro de Costos:** Reduce la cantidad de agua requerida, la pérdida de material granular y los costos de conservación vial y de operación de los vehículos. Una vez aplicado el producto no necesita regar con agua.

**Control de Polvo:** 100% efectividad.

**Fácil de Aplicar:** Sólo se reemplaza el agua de compactación en mantenimiento convencional por una solución de Bischofita.

**Rápido:** Uso inmediato del camino al término de la aplicación.

**Calidad de Servicio:** Comparable solamente a una vía con tratamiento asfáltico.

**Durabilidad:** Si se construye y aplica en forma adecuada se garantiza un año, sin mantenimientos mayores.

**Resistencia:** Resiste la rodadura de camiones de gran tonelaje en minería.

### **CONSIDERACIONES PREVIAS PARA LA APLICACIÓN COMO CONTROLADOR DE POLVO.**

La vía deberá estar escarificada, nivelada, humectada y compactada antes de la aplicación del producto.

### **CONSIDERACIONES PREVIAS PARA LA APLICACIÓN COMO ESTABILIZADOR DE VÍA Y CONTROLADOR DE POLVO.**

La vía deberá estar escarificada, nivelada, **humectada con solución Bischofita** y compactada; para el sellado final de vía con el producto Bischofita.