



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Aplicación de aditivo químico cloruro de sodio para la conservación de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914, Huancavelica - 2020”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Ñahui Velasque, Bosco Adbel (ORCID: 0000-0002-1476-4656)

Vallejos Ccoicca, Cesar (ORCID: 0000-0001-9584-3243)

**ASESOR:**

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

LIMA - PERÚ

2021

## Dedicatoria

A Dios y a mis padres por darme su bendición y fortaleza en cumplir este anhelo.

Con todo mi amor a mi esposa e hijos pues sin su motivación no lo habría logrado, por impulsarme a seguir día a día mejorando como pareja, padre y persona.

**Bosco A. Ñahui Velasque.**

Al todo poderos que nos dio la vida y libertad mostrándonos el camino de la verdad.

A mis padres por su innegable amor y paciencia en el transcurso de mi vida universitaria, impartíendome valores, compromiso y responsabilidad para obtener este paso más en mi vida

**Cesar Vallejos Ccoicca.**

## **Agradecimiento**

A Dios quien nos otorgó la vida de manera plena y que día a día nos va mostrando lo maravilloso que es estar en ella gozando de salud para alcanzar nuestras metas bajo su bendición.

A nuestros padres, hermanos, hijos y familiares por brindarnos su calidez hogareña en el desarrollo de nuestras capacidades humanas, sin duda nunca dejaron de enseñarnos.

A la Universidad Cesar Vallejo por alojarnos en su alma mater y así alcanzar una de nuestras metas anheladas, nuestra profesión como ingenieros civiles.

Al Dr. Gerardo Enrique Cancho Zuñiga, por habernos adiestrado sobre las pautas que se debe seguir en una investigación científica.

A nuestros docentes universitarios por transmitirnos sus conocimientos básicos en nuestra formación académica y desarrollarnos con responsabilidad social en la demanda que exige la maravillosa carrera de ingeniería civil.

**Los tesisistas.**

## Índice de contenidos

|   |           |
|---|-----------|
| Carátula .....  | i         |
| Dedicatoria .....   | ii        |
| Agradecimiento.....                                       | iii       |
| Índice de contenidos .....                                | iv        |
| Índice de tablas.....                                     | vi        |
| Índice de figuras .....                                   | vii       |
| Resumen .....   | viii      |
| Abstract.....   | ix        |
| <b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>                               | <b>1</b>  |
| <b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>                             | <b>6</b>  |
| 2.1. Antecedentes .....                                   | 6         |
| 2.2. Bases teóricas .....                                 | 15        |
| 2.2.1. Aditivo químico cloruro de sodio .....             | 15        |
| 2.2.2. Conservación de carreteras.....                    | 18        |
| <b>III. METODOLOGÍA.....</b>                              | <b>32</b> |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación.....                  | 32        |
| 3.1.1. Tipo de investigación .....                        | 32        |
| 3.1.2. Diseño de investigación.....                       | 33        |
| 3.2. Variables y operacionalización.....                  | 34        |
| 3.2.1. Variable independiente .....                       | 34        |
| 3.2.2. Variable dependiente.....                          | 34        |
| 3.2.3. Operacionalización de variables .....              | 34        |
| 3.3. Población, muestra y muestreo .....                  | 36        |
| 3.3.1. Población .....                                    | 36        |
| 3.3.2. Muestra.....                                       | 36        |
| 3.3.3. Muestreo .....                                     | 37        |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 37        |
| 3.4.1. Técnica de recolección .....                       | 37        |
| 3.4.2. Instrumento de recolección de datos.....           | 37        |
| 3.5. Procedimientos.....                                  | 38        |
| 3.6. Método de análisis de datos .....                    | 39        |
| 3.7. Aspectos éticos .....                                | 39        |
| <b>IV. RESULTADOS .....</b>                               | <b>41</b> |
| 4.1. Ámbito territorial.....                              | 41        |



|  |    |
|--|----|
| 4.2. Reconocimiento del lugar y selección de los especímenes ..... | 42 |
| 4.3. Preparación y análisis de la muestra en laboratorio.....      | 43 |
| V. DISCUSIÓN.....  | 71 |
| 5.1. Prueba estadística .....                                      | 71 |
| 5.2. Decisión estadística .....                                    | 76 |
| VI. CONCLUSIONES .....   | 79 |
| VII. RECOMENDACIONES .....   | 81 |
| REFERENCIAS .....  | 82 |
| ANEXOS .....   | 85 |

## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Características Típicas de Sal (Cloruro de Sodio).....                  | 18 |
| <b>Tabla 2.</b> Límites de separación de tamaño de suelo.....                           | 20 |
| <b>Tabla 3.</b> Tamaños estándar de tamices.....  | 22 |
| <b>Tabla 4.</b> Especificaciones de la prueba Proctor estándar .....                    | 27 |
| <b>Tabla 5.</b> Índice de Rugosidad Internacional-IRI .....                             | 30 |
| <b>Tabla 6.</b> Operacionalización variable independiente.....                          | 35 |
| <b>Tabla 7.</b> Operacionalización variable dependiente .....                           | 35 |
| <b>Tabla 8.</b> Clasificación del suelo calicata "A" .....                              | 44 |
| <b>Tabla 9.</b> Limite liquido del suelo calicata "A".....                              | 44 |
| <b>Tabla 10.</b> Limite plástico del suelo calicata "A".....                            | 45 |
| <b>Tabla 11.</b> Índice de plasticidad del suelo calicata "A" .....                     | 46 |
| <b>Tabla 12.</b> Densidad seca máxima del suelo calicata "A".....                       | 47 |
| <b>Tabla 13.</b> Optimo contenido de humedad del suelo calicata "A" .....               | 48 |
| <b>Tabla 14.</b> Relación de Soporte California al 100% del suelo calicata "A" .....    | 49 |
| <b>Tabla 15.</b> Relación de Soporte California al 95% del suelo calicata "A" .....     | 50 |
| <b>Tabla 16.</b> Clasificación del suelo calicata "B".....                              | 51 |
| <b>Tabla 17.</b> Limite liquido del suelo calicata "B".....                             | 52 |
| <b>Tabla 18.</b> Limite plástico del suelo calicata "B".....                            | 53 |
| <b>Tabla 19.</b> Índice de plasticidad del suelo calicata "B" .....                     | 54 |
| <b>Tabla 20.</b> Densidad seca máxima del suelo calicata "B".....                       | 55 |
| <b>Tabla 21.</b> Optimo contenido de humedad del suelo calicata "B" .....               | 56 |
| <b>Tabla 22.</b> Relación de Soporte California al 100% del suelo calicata "B" .....    | 57 |
| <b>Tabla 23.</b> Relación de Soporte California al 95% del suelo calicata "B" .....     | 58 |
| <b>Tabla 24.</b> Clasificación del suelo calicata "C" .....                             | 59 |
| <b>Tabla 25.</b> Limite liquido del suelo calicata "B".....                             | 59 |
| <b>Tabla 26.</b> Limite plástico del suelo calicata "C".....                            | 60 |
| <b>Tabla 27.</b> Índice de plasticidad del suelo calicata "C" .....                     | 61 |
| <b>Tabla 28.</b> Densidad seca máxima del suelo calicata "C" .....                      | 62 |
| <b>Tabla 29.</b> Optimo contenido de humedad del suelo calicata "C" .....               | 63 |
| <b>Tabla 30.</b> Relación de Soporte California al 100% del suelo calicata "B" .....    | 64 |
| <b>Tabla 31.</b> Relación de Soporte California al 95% del suelo calicata "C".....      | 65 |
| <b>Tabla 32.</b> DCA para el índice de plasticidad de los suelos .....                  | 71 |
| <b>Tabla 33.</b> ANOVA para el índice de plasticidad .....                              | 71 |
| <b>Tabla 34.</b> Comparación para múltiples medias del índice de plasticidad .....      | 71 |
| <b>Tabla 35.</b> DCA para la densidad seca máxima de los suelos .....                   | 72 |
| <b>Tabla 36.</b> ANOVA para la densidad seca máxima .....                               | 72 |
| <b>Tabla 37.</b> DCA para el contenido óptimo de humedad de los suelos .....            | 73 |
| <b>Tabla 38.</b> ANOVA para el contenido óptimo de humedad.....                         | 73 |
| <b>Tabla 39.</b> Comparación para múltiples medias del contenido óptimo de humedad..... | 73 |
| <b>Tabla 40.</b> DCA para el CBR al 100% de los suelos .....                            | 74 |
| <b>Tabla 41.</b> ANOVA para el CBR al 100%.....   | 74 |
| <b>Tabla 42.</b> DCA para el CBR al 95% de los suelos .....                             | 75 |
| <b>Tabla 43.</b> ANOVA para el CBR al 95%.....  | 75 |
| <b>Tabla 44.</b> Comparación para múltiples medias del CBR al 100% .....                | 75 |
| <b>Tabla 45.</b> Matriz de consistencia .....   | 1  |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Criterio para estabilización de suelos. ....   | 16 |
| <b>Figura 2.</b> Trascuro de colección del tipo de tratamiento. ....  | 16 |
| <b>Figura 3.</b> Curva granulométrica. ....   | 21 |
| <b>Figura 4.</b> Curva de granulométrica de clasificación SUCSS. ....   | 22 |
| <b>Figura 5.</b> Límites de Atterberg. ....   | 23 |
| <b>Figura 6.</b> Límites de Atterberg. ....   | 26 |
| <b>Figura 7.</b> Reconocimiento del terreno y selección de especímenes. ....                                    | 31 |
| <b>Figura 8.</b> Diseño de investigación. ....  | 34 |
| <b>Figura 9.</b> Reconocimiento del terreno y selección de especímenes. ....                                    | 38 |
| <b>Figura 10.</b> Preparación y análisis de la muestra en laboratorio. ....                                     | 38 |
| <b>Figura 11.</b> Mapa de ubicación de la carretera departamental HV-116. ....                                  | 41 |
| <b>Figura 12.</b> Mapa de localización de la carretera departamental HV-116. ....                               | 42 |
| <b>Figura 13.</b> Contenido del límite líquido de los especímenes de la calicata A. ....                        | 45 |
| <b>Figura 14.</b> Contenido del límite plástico de los especímenes de la calicata A. ....                       | 46 |
| <b>Figura 15.</b> Índice de plasticidad de los especímenes de la calicata A. ....                               | 47 |
| <b>Figura 16.</b> Densidad seca máxima de los especímenes de la calicata A. ....                                | 48 |
| <b>Figura 17.</b> Contenido óptimo de humedad de los especímenes de la calicata A. ....                         | 49 |
| <b>Figura 18.</b> Relación de Soporte California al 100% de los especímenes de la calicata A. ....              | 50 |
| <b>Figura 19.</b> Relación de Soporte California al 95% de los especímenes de la calicata A. ....               | 51 |
| <b>Figura 20.</b> Contenido del límite líquido de los especímenes de la calicata B. ....                        | 52 |
| <b>Figura 21.</b> Contenido del límite plástico de los especímenes de la calicata B. ....                       | 53 |
| <b>Figura 22.</b> Índice de plasticidad de los especímenes de la calicata B. ....                               | 54 |
| <b>Figura 23.</b> Densidad seca máxima de los especímenes de la calicata B. ....                                | 55 |
| <b>Figura 24.</b> Contenido óptimo de humedad de los especímenes de la calicata B. ....                         | 56 |
| <b>Figura 25.</b> Relación de Soporte California al 100% de los especímenes de la calicata B. ....              | 57 |
| <b>Figura 26.</b> Relación de Soporte California al 95% de los especímenes de la calicata B. ....               | 58 |
| <b>Figura 27.</b> Contenido del límite líquido de los especímenes de la calicata C. ....                        | 60 |
| <b>Figura 28.</b> Contenido del límite plástico de los especímenes de la calicata C. ....                       | 61 |
| <b>Figura 29.</b> Índice de plasticidad de los especímenes de la calicata C. ....                               | 62 |
| <b>Figura 30.</b> Densidad seca máxima de los especímenes de la calicata C. ....                                | 63 |
| <b>Figura 31.</b> Contenido óptimo de humedad de los especímenes de la calicata C. ....                         | 64 |
| <b>Figura 32.</b> Relación de Soporte California al 100% de los especímenes de la calicata C. ....              | 65 |
| <b>Figura 33.</b> Relación de Soporte California al 95% de los especímenes de la calicata C. ....               | 66 |
| <b>Figura 34.</b> Resultados del índice de plasticidad de los especímenes de las calicatas A, B y C. ....       | 66 |
| <b>Figura 35.</b> Resultados de la densidad seca máxima de los especímenes de las calicatas A, B y C. ....      | 67 |
| <b>Figura 36.</b> Resultados del contenido óptimo de humedad de los especímenes de las calicatas A, B y C. .... | 68 |
| <b>Figura 37.</b> Resultados del CBR al 100% los especímenes de las calicatas A, B y C. ....                    | 69 |
| <b>Figura 38.</b> Resultados del CBR al 95% los especímenes de las calicatas A, B y C. ....                     | 70 |

## Resumen

La presente investigación rotulada aplicación de aditivo químico cloruro de sodio para la conservación de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914, Huancavelica – 2020, tiene por finalidad determinar la influencia de la aplicación del aditivo químico cloruro de sodio en la conservación de la carretera departamental HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374 Huancavelica, 2020. En el cual se aplicó el método científico, tipo de investigación aplicada, con nivel explicativo. Considerando como población a la carretera departamental HV-116 ubicada en la región Huancavelica y como muestra a los tramos km 59.914 – km 60.914. En el cual se corrobora la hipótesis que la aplicación del aditivo químico cloruro de sodio influyó significativamente en la conservación de la carretera departamental HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374 Huancavelica, 2020 con un nivel de significancia a 0.05% o nivel de confianza al 95%. Llegando a las conclusiones que aplicar aditivo químico cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% y 6% resulta favorable para las características físicas y propiedades mecánicas del suelo y por ende en la conservación de la carretera.

**Palabra clave:** cloruro de sodio, conservación de carretera, propiedades físicas y mecánicas.

## **Abstract**

The present investigation labeled application of the chemical additive sodium chloride for the conservation of the departmental highway HV116, section km 59.914 - km 60.914, Huancavelica - 2020, aims to determine the influence of the application of the chemical additive sodium chloride on the conservation of the HV-116 departmental highway section Km 59,974 - Km 60,374 Huancavelica, 2020. In which the scientific method was applied, type of applied research, with explanatory level. Considering as population the departmental highway HV-116 located in the Huancavelica region and includes the sections km 59,914 - km 60,914. In which the hypothesis was corroborated that the application of the chemical additive sodium chloride significantly influenced the conservation of the departmental highway HV-116 section Km 59,974 - Km 60,374 Huancavelica, 2020 with a significance level of 0.05% or confidence level at the 95%. Reaching the conclusions that applying sodium chloride chemical additive in amounts of 2%, 4% and 6% is favorable for the physical characteristics and mechanical properties of the soil and therefore in the conservation of the road.

**Keywords:** sodium chloride, road preservation, physical and mechanical properties.

## I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación rotulada aplicación de aditivo químico cloruro de sodio para la conservación de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914, Huancavelica – 2020, refiere al estudio de la conservación de carreteras no pavimentadas.

La conservación de las vías terrestres viene dada por un proceso de operaciones que deberían garantizar el mantenimiento óptimo de una carretera, para un debido volumen de tránsito, con las peculiaridades simétricas armónico al tipo de vía de intercomunicación, con adecuados sistemas de drenaje para conservar la superficie de rodadura, no obstante, este último no siempre suele conservarse debido a ciertos factores humanos y naturales como por ejemplo, la sobre carga de tránsito en las vías, el pésimo mantenimiento de las carreteras, materiales que no cumplen con las normas técnicas nacionales e internacionales, así como también, por las fallas que se pudieran generarse en el suelo que aloja a la carretera como, suelos inestables, suelos arcillosos, etcétera. Son algunos de los problemas que se generan en una vía, siendo la inestabilidad de suelos expansivos la más frecuente.

Capistran (2021), menciona en la revista que el crecimiento de la prosperidad y la economía de los países muchas veces se ven afectadas por irresponsabilidad del hombre haciendo que todo progreso se pierda en poco tiempo, en este caso, diseñar pavimentos sin respetar los límites de carguío, construir caminos con adecuado manejo de las cuencas hidrográficas e invertir en apertura de nuevas vías terrestres, terminan siendo perjudiciales para los beneficiarios al no garantizar su mantenimiento con los recursos necesarios. El año pasado la pandemia causo gran impacto en la economía y sobre todo en la operación de las vías terrestres a nivel global, en México la conservación de las carreteras fue punto clave para la reactivación económica mediante inversiones que permitieron reducir el mal estado de la carretera federal de 35% a 22% al día de hoy, precisando que se realizan gestiones administrativas y financieras para mantener conservadas las vías en los próximos años por representar un activo a nivel mundial, con adecuada conservación y de no ser así el transporte de productos y personas se ve afectado principalmente en sobrecostos e inseguridad. Además, se indicó que conservar las carreteras genera ahorros en la atención de una red de carretera y al estar operativa es base para un crecimiento económico, no obstante, la escasa inversión para conservación de vías es un problema frecuente en cualquier país.

Manjarrez (2021), menciona que la falta sistemática y efectiva de carreteras es un impedimento para el desarrollo económico y reducción de la pobreza; en África predomina el transporte por vías terrestres en promedio del 75% de carga y pasajeros es transportado por carretera (African Union, 2017), no obstante, el 50% de estas se encuentra en estado defectuoso a causa de no contar con financiamiento para su conservación y precaria gestión administrativa (Zietlow, 2007).

A nivel global la densidad de carreteras en Asia del este y el Pacífico es más de 30 km por 100 km<sup>2</sup>, en Europa y Asia central es más de 90 km por 100 km<sup>2</sup>, en América latina y el Caribe viene a ser más de 10 km por 100 km<sup>2</sup>, en Medio Oriente y África del Norte es casi 50 km por 100 km<sup>2</sup>, en América del Norte es casi 40 km por 100 km<sup>2</sup>, en Asia del Sur es en más de 20 km por 100 km<sup>2</sup> y en África subsahariana es menos de 5 km por 100 km<sup>2</sup>; en África la inversión en vías terrestres de transporte es inferior al 2% del producto interno bruto (PIB), cerca de 9000 dólares por kilómetro son destinados para mantenimientos, en comparación al 1% en países del primer mundo y en el orden de 2% o 3% para países emergentes. (Manjarrez, 2021, pág. 11)

La Comisión Económica para América Latina (CEPAL), mediante la división de recursos naturales e infraestructura, realizó un estudio mencionando que América Latina tiene una ineficiente inversión en su infraestructura, entre el 2000 y 2015, para un grupo de seis países vinculado al producto bruto interno PIB es de 2.2% en donde inversiones públicas y privadas fueron del 51% y 49% del porcentaje antes señalado, mientras que las inversiones en infraestructura vial tanto en mantenimiento como reparaciones debió ser de 5.1% a 7.4%, en base a la proyección de auge económico para las regiones descritas. Entre los países de la región que invirtieron más en infraestructura vial, tanto en mantenimiento como reparaciones, tenemos a Bolivia que invirtió más del 3% de su PIB, seguido por Colombia que invirtió casi 2.5% de su PIB, Perú quien invirtió en promedio 2% de su PIB, Nicaragua que invirtió menos del 2% de su PIB, Chile que invirtió menos del 1.5% de su PIB entre otros. (Chauvet & Baptiste, 2018)

El Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), (2012) sustentó que en el Perú la infraestructura vial se clasifica en red vial nacional red vial departamental y red vial rural; en cuanto a la nacional conecta al país longitudinalmente y transversalmente, de ello, el 46% se encuentra sin pavimentar y el 29% del total se encuentran en mal estado, en la red vial departamental el 92% se encuentra a nivel de afirmado o trocha y el 36% del total se encuentra en estado malo a muy malo, y por último en la red vial

rural el 98% de vías se encuentra a nivel de trocha o sin afirmar y de ello el 57% se encuentra en pésimo estado.

En nuestro medio las vías de comunicación en su gran mayoría se encuentran a nivel de afirmado, esto hace que su deterioro sea más acelerado en comparación a las vías pavimentadas. Para su conservación el estado en sus tres niveles de gobierno gestiona y ejecuta su mantenimiento periódico y rutinario. El año pasado frente al confinamiento que acatamos por la pandemia originada por covid-19, la población peruana paso a una de las súbitas depresiones económicas que ha experimentado en su historia y para reactivar la economía el gobierno central mediante del decreto de urgencia N°070-2020 invirtió en actividades de mantenimiento periódico y rutinario de las vías nacionales, departamentales y vecinales. No obstante, ello no garantizara que la conservación de estas vías perdure al transcurrir los años.

La capacidad de gestión financiera y atención a la infraestructura vial es precaria por ello se debería garantizar la conservación de las vías no pavimentadas o afirmadas, no solo con inversión a nivel de mantenimiento periódico o rutinario si no también se debería de optar por alternativas que permitan alargar su conservación al pasar los años, garantizando la calidad y seguridad del servicio.

Conservar vías a nivel de afirmado es un gran reto pues al terminar su construcción, mantenimiento o reparación estas entran en contacto ambiental lo que produce que las partículas granulares que conforman el afirmado de las carretas no pavimentadas pierdan gradualmente su contenido óptimo de humedad y sumado a ello el tráfico vehicular y peatonal en el transporte de carga y pasajeros hace que afirmado se deteriore generándose fallas en la carpeta de rodadura como baches, ahuellamiento, ondulaciones entre otros.

Año tras año se ha notado que las vías no pavimentadas de la región Huancavelica se encuentran defectuosas, en deplorable estado y el gobierno de turno carece de capacidad de gestión para poder mantener conservadas las vías, afectando el tránsito en el transporte de carga y pasajeros de los pobladores causando mayores tiempos de viaje e incrementando el costo de transporte por ende afectando los estándares de calidad de existencia de los pobladores.

El presente estudio busca una alternativa para alargar el tiempo de conservación de las vías no pavimentadas empleando el aditivo químico cloruro de sodio. Roldan (2010), menciona que el tiempo de evaporación de los suelos tratados con cloruro de sodio (NaCl) es significativamente mayor con respecto a suelos sin tratamiento.



Además, Sagastegui (2016), menciona que utilizar aditivo Bischofita resulta efectivo positivamente para estabilizar suelos áridos por ende disminuye la formación de baches y pérdida de material, además de no presentar liberación de polvo y corrugaciones.

Por lo tanto, es necesario evaluar alternativas de solución que permitan la mejora de las condiciones de la carretera departamental HV-116 ubicada en la región Huancavelica, tomando como referencia los tramos km 59.914 – km 60.914.

Por lo indicado en los párrafos anteriores los tesisistas se plantearon como problema general ¿De qué manera influye la aplicación del aditivo químico cloruro de sodio en la conservación de la carretera departamental HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374, Huancavelica, 2020? Seguidamente para ayudar a responder el problema planteó los problemas específicos; ¿De qué manera influye la aplicación del aditivo químico cloruro en porcentajes de 2%, 4% y 6% en la conservación de la carretera HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374, Huancavelica, 2020? y ¿en qué modo influye la aplicación del aditivo químico cloruro de sodio en las propiedades físicas y mecánicas de la carretera HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374 Huancavelica, 2020?

La justificación teórica de la presente investigación viene dada por proporcionar sapiencia de la aplicación del cloruro de sodio en la conservación de la carretera departamental HV-116, el cual seguida sistemáticamente los procedimientos de la investigación científica logrando aplicar los textos de terceros y normas vigentes para producir un conocimiento que aporte a la sociedad. Además, será práctica porque plasmará alcances del procedimiento de ejecución en la conservación de carreteras heredando un documento de aplicación a la comunidad académica y a la población beneficiada. Seguidamente se atribuye como metodológica por emplear técnicas e instrumentos validados en la recolección de datos en el procedimiento de ejecución de la citada investigación, el cual servirá como base para futuras investigaciones.

Piernas (2007), en el documento web Vocabulario de la economía menciona que, las vías de comunicación constituyen un capital y son de suma importancia porque crean progreso, activan la circulación eficaz en la producción y el consumo de la riqueza, además, los gobiernos tienen la obligación de efectuar las vías terrestres de comunicación para que la acción administrativa articule a todos los puntos de su territorio.

Las carreteras conservadas generan suministro en las necesidades primordiales como salud y educación (My & van de Walle, 2007), disminuye los costos de transporte

incrementando la productividad dando acceso a los mercados (Khandker & Koolwal, 2010), reduce la pobreza generando empleo y oportunidades de negocio (Jacobs & Greaves), además de diversificar los recursos. (Manjarrez, 2021, pág. 11)

Conocer el efecto de la aplicación del aditivo químico cloruro de sodio en la carretera departamental HV-116 tramo km 59.914 – km 60.914 se planteó como una alternativa de solución y que beneficiaría socialmente a las poblaciones dentro y aledañas a la jurisdicción de la carretera ya que contarían con óptimas condiciones de transporte terrestre aminorando los costos de transporte de sus productos y pasajeros.

Es así que para encontrar solución al problema de estudio surgió el objetivo general para, determinar la influencia de la aplicación del aditivo químico cloruro de sodio en la conservación de la carretera departamental HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374 Huancavelica, 2020, y para ayudar a resolver el mencionado problema líneas arriba se planteó los objetivos específicos; determinar la influencia de la aplicación del aditivo químico cloruro en los porcentajes de 2%, 4% y 6% en la conservación de la carretera departamental HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374, Huancavelica, 2020 y determinar la influencia de la aplicación del aditivo químico cloruro de sodio en las propiedades físicas y mecánicas de la carretera departamental HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374 Huancavelica, 2020.

Para lo cual se planteó proposiciones de la ejecución de la investigación sobre la aplicación del cloruro de sodio en la conservación de la carretera departamental HV-116 tramo km 59.914 – km 60.914 a priori para conocer la validez en base al problema descrito y formulado. Planteando la hipótesis general como la aplicación del aditivo químico cloruro de sodio influirá significativamente en la conservación de la carretera departamental HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374 Huancavelica, 2020 y como hipótesis específicas la aplicación del aditivo químico cloruro en porcentajes de 2%, 4% y 6% influye significativamente en la conservación de la carretera HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374, Huancavelica, 2020 y la aplicación del aditivo químico cloruro de sodio influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de la carretera HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374 Huancavelica, 2020.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Después de indagar de manera virtual en diferentes bases de datos se adquirió variedad de trabajos de investigación y artículos científicos, de las cuales se seleccionó las investigaciones más aproximadas a las variables de este proyecto de investigación.

#### **A nivel internacional**

Al Hattamleh, Aldeeky, Rabab'ah, y Taamneh (2020), plasmaron su artículo de investigación *“El efecto de la solución de sal del Mar Muerto en las propiedades de ingeniería del suelo arcilloso de subrasante expansivo”*, indexada en la Revista Árabe de Geociencias. Con el **objetivo** de evaluar el efecto de la solución de sal del mar Muerto, como aditivo, en las propiedades y características de la subrasante de los suelos expansivos. Utilizando como **materiales y métodos** a una muestra de suelo expandido de la cuenca de Al-Azraq a 110km noreste de Amman, Jordania. Para lo cual emplearon 0, 3, 6, 9 y 12% de solución por masa de suelo seco a suelo expansivo de grano fino. **Concluyendo** que utilizar aditivo DSS optimiza las propiedades de hinchamiento del suelo expansivo, por consiguiente, la densidad seca máxima aumento y los ciclos de mojado y secado disminuyo hasta en 6% del aditivo sal del mar Muerto, por otra parte utilizar el aditivo de sal del mar Muerto en 9 o al 12% hace que la densidad seca máxima disminuya y aumente los ciclos de mojados y secados, así mismo, emplear 4.45% a 6% de aditivo de sal del mar Muerto hace que el oleaje libre disminuya de 10.4% a 0%. Por ultimo emplear el 6% de aditivo de sal del mar Muerto produce vacíos dentro de la estructura del suelo expandido como resultado de la floculación y del aumento de tamaño de las partículas.

Durotoye, Akinmusuru, Ogbiye, y Bamigboye (2016), efectuaron su artículo de investigación científica *“Efecto de la sal común sobre las propiedades de ingeniería del suelo expansivo”* indexada en la Revista Internacional de Ingeniería y Tecnología. Tuvieron el **propósito** de evaluar las bondades de la sal común en las propiedades ingenieriles de suelos expansivos aplicados con diferentes porcentajes en la subrasante del pavimento de carreteras generando una mezcla que pueda mitigar la hinchazón experimentado por el pavimento de las carreteras. **Como materiales y métodos** utilizaron muestras representantes recopiladas de suelos expansivos de la localidad de Ifo en el estado de Ogun y sal común. Aterrizando en las **conclusiones** que, el suelo expansivo tratado con sal común reduce su índice geotécnico (límite

líquido, índice de plasticidad y contracción lineal, índice de oleaje libre) por ende aumenta sus características de resistencia (relación de rodamiento de California, densidad máxima en seco y resistencia a la compresión no confinada); con la adición de 1.5% de cloruro de sodio, en relación al peso del material expansivo, el porcentaje reducido de las características geotécnicas fueron, de límite líquido fue 60.42% (131 a 51,85%), de límite plástico 42,86% (50,00 a 28,57%), de índice de plasticidad 71,26% (81,00 a 23,28%), de contracción lineal 66,64% (15,11 a 5,04%), de hinchamiento 83,43% (115,0 a 19,05) y de contenido óptimo de humedad 28,57% (28,00 a 20,00%), así mismo, la hinchazón en suelos expansivos se redujo significativamente de (81% a 23.28%). En cuanto a sus propiedades mecánicas con adición de 1.5% de cloruro de sodio el porcentaje incremento en densidad seca máxima 11,38% (1,67 a 1,86 g/m<sup>3</sup>), en CBR sin remojar 31,78% (29,20 a 38,48%), en CBR empapado 257,67% (4,3 a 15,38 %) y sobre resistencia a la compresión no confinada 26,98% (67,86 a 86,17 kN/m<sup>2</sup>).

Emarah y Seleem (2018), en su artículo científico rotulado “*Tratamiento de suelos hinchantes con cal y agua de mar para la construcción de carreteras*”, indexada en la Revista de Ingeniería de Alejandría de la Universidad de Alejandría y alojada por Elsevier. Enmarcaron su **propósito** de conocer el efecto de agua de mar en el mezclado de suelo tratado con cal y el efecto en las propiedades ingenieriles, hinchamiento y consolidación de mencionados suelos. Como **metodología** realizó la colecta de muestra de suelo de la carretera en los parques eólicos de la región Zafarana, república Árabe de Egipto en la costa mar Rojo a 120km al sur de Suez, con una extensión de aproximadamente 1km del mar Rojo extendiéndose 3.5km al interior de la zona de estudio. Llegando a las **conclusiones** del remplazo de agua potable por agua de mar en la mezcla para tratar suelos expansivos no afecta negativamente el proceso de compactación, es así que la mayor carga soportada del suelo se manifestó al usar agua de mar con cal reduciendo su hinchamiento y creando una nueva capa de alta resistencia al corte y por ende a la compresión del suelo. En cuanto a sus características físicas del suelo tratado con cal y agua potable resulto en reducción del índice de plasticidad en 59%, mientras que del tratamiento con cal y agua de mar resulto 67%, la reducción del hinchamiento al usar agua potable con cal fue de 214.4% y al emplear agua de mar en el tratamiento resulto una reducción de 273.4%, la reducción de compresión fue de 67% empleando agua potable en el batido y 76.7% al emplear agua de mar en el batido, el coeficiente de consolidación aumento en 438% al emplear agua potable y en 857% al emplear agua

de mar. En cuanto al aspecto económico observaron que emplear agua de mar con cal para el tratamiento de suelos en caminos, base, sub base o cimentaciones de estructuras resulta más económico que reemplazarlos por materiales de préstamo abaratando costos de transporte con disminución de la ejecución debido a que los materiales se encuentran aledaños a la zona de estudio.

Zumrawi, Mahjoub, y Alnour (2016), ejecutaron su artículo científico “Efecto de algunas sales de cloruro sobre las propiedades de hinchamiento del suelo expansivo” indexada en la revista de ingeniería de la Universidad de Khartoum. Establecieron el **objetivo** de conocer las propiedades de índice y las características de hinchamiento al incorporar sales de cloruro de aluminio, cloruro férrico y amónico ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) en suelos expansivos. En cuanto a los **materiales y métodos** empleados utilizaron suelos naturales empleando tres sales de cloruro, y tomaron como muestra suelos expansivos de Almanshia en Jartum. En su investigación **concluyeron** que, los suelos fueron clasificados como arcilla plástica alta (CH) de alta expansividad, con propiedades ingenieriles del 45% de índice de plasticidad, con 150% de índice de oleaje libre, potencial de oleaje de 5.5% y con una presión de hinchamiento de  $124\text{kn/m}^2$ . Al utilizar 15% de cada sal de cloruro ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) en el suelo expandido, disminuye el límite líquido y el índice de plasticidad en más del 78% del valor inicial calculado. La máxima disminución del hinchamiento en más del 90% se obtuvo al aplicar 10% de sal de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  al suelo, en comparación a la sal de  $\text{AlCl}_3$ , que fue mínimo. De los tres compuestos de sales ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) aplicados al suelo expansivo, el cloruro de amonio resultó más favorable con respecto a la plasticidad y al hinchamiento, a causa de su facilidad de disolverse en agua.

Guamán (2016), en su investigación rotulada “*Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)*”, para la obtención del título de ingeniero civil en la Universidad Técnica de Ambato. **Proyectó** evaluar la táctica de un suelo estabilizado con cal y cloruro de sodio en laboratorio. Utilizando **método** científico del tipo descriptivo, experimental y nivel explicativo, delimito su población en los suelos arcillosos y su muestra la selecciono del barrio Santo Domingo de la parroquia Puyo en el cantón Pastaza, en la provincia de Pastaza. Del cual llego a las **conclusiones** que emplear cloruro de sodio se obtiene una mejor trabajabilidad y compactación rápida en los ensayos de compresión en comparación con el empleo de cal, en cuanto a sus propiedades físicas al emplear el 12.5% de los compuestos químicos en relación al peso resulto

lo siguiente, el límite líquido fue de 37.4% y 36.7%, el índice de plasticidad fue de 8.83 y 6.54, para la cal y el cloruro de sodio respectivamente. En cuanto a sus bondades mecánicas obtuvo que estabilizar el suelo con 2.5% mejora la resistencia en comparación con la estabilización del suelo con 2.5% y 7.5% de cal, además al emplear la estabilización con cloruro de sodio demanda de menor cantidad de agua para llegar a la humedad óptima, es así que, la densidad del suelo estabilizado con cloruro de sodio aumenta según se incrementa el porcentaje de este mientras ocurre lo contrario con la estabilización con cal del suelo y por último la obtención del CBR con contenido del 7.5% y 12.5% estabilizado con cal resulta 20.8% y 26% siendo mayor al permitido por la normativa ecuatoriana, mientras que el empleo del mismo porcentaje con cloruro de sodio no cumple con dicha normativa.

Prakhar y Rajesh (2015), en su artículo de investigación "*Efecto de la sal común (NaCl) sobre las propiedades de ingeniería del suelo de algodón negro*", indexada en la revista internacional de ciencia, tecnología e ingeniería. Poseyeron el **propósito** de estipular los resultados de la sal común en propiedades de ingenieriles, del suelo de algodón negro, como las características del CBR, permeabilidad, y UCS. Para ello emplearon la metodología de batir la sal común con la tierra de algodón negro en proporciones de 0, 2, 4, 6 y 8% en peso del suelo seco. Como muestra tomaron el suelo de algodón negro del campus de Jabalpur Engineering College, cuya clasificación fue arcilla de compresibilidad intermedia de CI ( $G_s = 2,30$  con 92% de finos) con comportamiento expansivo. Aterrizando en las conclusiones que mezclar sal común (NaCl) en el suelo de algodón negro modifico los parámetros de compactación del proctor, resultando un aumento en la densidad seca máxima del espécimen, reduciendo los hinchamientos del suelo del 41% al 19%, por otra parte el CBR empapado aumento con la adición de sal común (NaCl) al suelo de algodón negro de 1.43% a 3.10% y por último en la compresión del suelo de algodón negro accionando sal común (NaCl) aumento la resistencia a compresión no confinada de 73.54 kn/m<sup>2</sup> a 119.64 kn/m<sup>2</sup>.

Roldán (2010), en su investigación "*Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases*", para la obtención del título de ingeniero civil en la Universidad de San Carlos de Guatemala. **Enmarco el propósito** de elaborar una técnica aceptable y módica en la pérdida de humedad de las bases y sub-bases de los suelos con la finalidad de estabilizar dicho suelo para no variar las propiedades físicas y mecánicas de estos. Empleando el **método** científico. Recalando en las

**conclusiones** que, no se deberá utilizar cloruro de sodio (NaCl) cuando las condiciones de capilaridad son altas con niveles freáticos de poca profundidad o con infiltración lateral, el cloruro de sodio (NaCl) se dosificará en proporción a la cantidad de material a emplear mas no en función de la cantidad de agua, ya que esto podría afectar el resultado esperado, debido a que el tiempo de evaporación de los suelos tratados con cloruro de sodio (NaCl) es significativamente mayor con respecto a suelos sin tratamiento. Además, en cuanto a las características físicas y mecánicas manifestó que, la densidad máxima seca aumenta y la humedad optima disminuye con respecto aumenta el porcentaje de cloruro de sodio (NaCl), así mismo, es necesario emplear cantidades menores al 2% de cloruro de sodio (NaCl) para mantener la resistencia a compresión, cuando haya presencia de arenas limosas y arenas calizas, en cuanto al CBR observo que este disminuye en la aplicación de cloruro de sodio (NaCl) para arena limosa y aumenta en arena caliza para probetas compactadas a 65 golpes.

#### **A nivel nacional**

Iparraguirre y Rodríguez (2020), en su tesis rotulada “*Efecto del Cloruro de Sodio en el CBR de un suelo arcilloso en el caserío de Huangamarca, distrito de Otuzco*”, para obtener el título profesional de ingeniero civil en la Universidad Cesar Vallejo. Tuvo el **objetivo** de evaluar la influencia del cloruro de sodio en el CBR del suelo arcilloso del caserío Huangamarca. Con la **metodología** de investigación del tipo explícita, aplicada, enfoque cuantitativo y de temporalidad transversal, como población determinaron el suelo arcilloso del caserío Huangamarca con muestreo no probabilístico seleccionando dos prospecciones a criterio de los autores. **Concluyeron** que aplicar el aditivo cloruro de sodio eleva el CBR, en la calicata A de 6.22% a 16.26% y en la calicata B de 5.17% a 11.27% con respecto al CBR de la muestra patrón del suelo, estabilizando la vía de comunicación en la mejora de sus resistencia, funcionamiento, durabilidad y transitabilidad. El suelo de la calicata A fue clasificado como arcilla limosa y grava con arena (ML-CL), según SUCS, y como suelo limoso promedio a malo (A-4) según AASHTO, lo cual fue semejante con la calicata B que fue de arcilla ligera tipo grava (CL), según SUCS, y como suelo arcilloso promedio a malo (A-6), según AASTHO. Del ensayo proctor modificado dedujeron que para el suelo de la calicata A, alcanza una densidad seca máxima de 1.97 gr/cm<sup>3</sup> para la muestra patrón y con adiciones de 15, 20 y 25% de cloruro de sodio corresponde a 2.074, 1.98 y 1.96 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente, decreciendo en estas dos últimas dosificaciones, por otra parte, para la calicata B la densidad seca máxima para la

muestra patron alcanzo 1.817 gr/cm<sup>3</sup> y con adicion de 15, 20 y 25% de cloruro de sodio alcanzo 1.98, 1.92 y 1.86 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente, decreciendo en estos dos ultimas adiciones. Determinaron que es factible emplear el 20% de cloruro de sodio en la estabilizacion de los suelos para las calicatas A y B ya que obtubo los mejores resultados.

Quiroz (2020), en su investigacion referida como *“Estabilización de suelos con cloruro de sodio, en el camino de bajo volumen de tránsito desde el caserío Los Tubos hasta el caserío Pozo Cuarenta, Distrito de Mórrope, Provincia de Lambayeque, Departamento Lambayeque”*, para optar el titulo profesional de ingeniero civil en la Universiada Nacional Pedro Ruiz Gallo. Con la **finalidad** de conocer el efecto del cloruro de sodio como estabilizador de caminos de bajo volumen de transito en los sectores de Los Tubos – Pozo Cuarenta. Con la **metodologia** de la investiacion del tipo experimental y enfoque cuantitativo, tomando como poblacion el camino de bajo volumen de transito comprendido entre los caserios Los Tubos y Pozo Cuarenta (1+400 km), como muestra selecciono prospecciones cada 350 metros recogidas al largo del camaino. Sus **conclusiones** fueron; de las cinco prospecciones realizadas resulto que se trato con un suelo SC (arena arcillosa) según SUCS y A-2-4, A-2-6 según AASHTO; adicionaron cloruro de sodio en porcentajes de 1, 1.5 y 2%, del cual resulto una degradacion en promedio de 0.70%, 0.43% y 0.45% en el limite liquido, limite plastico e indice de plasticidad respectivamente, por cada incremento de cloruro de sodio, ademas, el CBR incrementa en un 0.35% comparado con la muestra natural del suelo. Se inspecciono que las cantidades de sales totales presentes fueron 5497 ppm para el suelo natural, ecnotrandose dentro de los limites permisibles del en promedio ACI 318-83, mientras que al adicionar 1% de cloruro de sodio incremento a 12118.02ppm, siendo el único que se encuentra dentro de los parámetros del ACI 318-83; al adicionar el 1.5% incremento a 19841.27pmm y al adicionar el 2% de NaCl incremento a 23536.56 ppm.

Melgarejo y Roldan (2019), en sus tesis denominada *“Influencia de la adición del cloruro de sodio como estabilizante de los sedimentos extraídos del Proyecto Especial CHINECAS, con fines de pavimentación, Nuevo Chimbote 2019”*, para obtener el título profesional de ingeniero civil en la Universidad Cesar Vallejo. Con el **objetivo** de conocer el efecto del cloruro de sodio en cantidades del 2 y 4% como estabilizante, respecto a la densidad seca máxima y el CBR de los sedimentos del proyecto especial CHINECAS. Empleando la **metodología** de investigación de tipo



cuantitativa con diseño cuasi experimental, seleccionando la población en los sedimentos del proyecto especial CHINECAS y muestra con 12 especímenes en base a la norma MTC E – 132 (Manual de ensayo de materiales, C.B.R. de suelos). Llegando a las **conclusiones** que las propiedades físicas de los sedimentos se conforman con 53.6% de cuarzo, índice de plasticidad de 13.69%, con límite líquido al 37.88% y límite plástico al 24.20%, clasificado así por la norma AASHTO como un material A-6 y por SUCS como CL, suelo de grano fino e arcilla inorgánica de baja plasticidad, sin embargo, al ser conformados con 2% y 4% con cloruro de sodio produjo un índice de plasticidad al 13.08% y 12.92%, un límite líquido al 36.01% y 34.45%, un límite plástico al 22.93% y 21.54%, con densidad seca máxima de 1.786 gr/cm<sup>3</sup> y 1.806 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente para cada uno. El índice de resistencia del suelo fue de 5.2% respecto al 95% de densidad seca máxima para la adición con 2% de cloruro de sodio y 7.2% con respecto al 95% de densidad seca máxima para la adición con 4% de cloruro de sodio.

Castillo (2018), en tu tesis rotulada “*Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018*”, para la obtención del título de ingeniero civil en la Universidad Privada del Norte. **Su finalidad** fue obtener la influencia de emplear aditivos químicos estabilizando los suelos cohesivos usando como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018. Aplicando la **metodología** del tipo investigación experimental, consideró como población al suelo contiguo de la carretera de 10 Km de longitud lineal que une los sectores Calamarca y Huaso. En su investigación realizó un muestreo no probabilístico por criterio técnico y juicio del investigador. Realizando una elección de acuerdo al criterio profesional, basándose en el Manual de Carreteras. Sección Suelos y Pavimentos (MTC, 2013). **Concluyendo** que, usar aditivo PROES garantiza la mejora en las propiedades mecánicas del suelo ya que la capacidad de soporte aumenta significativamente al emplear 0.27 l/m<sup>3</sup> de aditivo PROES, en condición líquida, con 45 kg/m<sup>3</sup> de cemento Portland, reflejándose en tres puntos de la carretera, el CBR del km 2+500 incremento de 6.90% a 109.80%, el CBR del km 5+500 incremento de 7.57% a 116.40% por último el CBR del Km 8+500 incremento de 7,54% a 114.28%. Además, el suelo tratado obtuvo una clasificación SUCS de arcilla de baja plasticidad (CL) y limo de baja plasticidad (ML) y mediante la clasificación AASTHO del tipo A-7-6, A-6 y A-4, cuya densidad máxima seca varía entre 1.365 gr/cm<sup>3</sup> a 1.720 gr/cm<sup>3</sup> con contenido

de humedad óptima de 14% a 20% en comparación con la aplicación de aditivo PROES fue de 1.523 gr/cm<sup>3</sup> a 1.881 gr/cm<sup>3</sup> con humedad efectiva de 16% a 22.9%.

Cochachin (2018), en su tesis titulada “*Estabilización y durabilidad de sub base usando la cantera de Challhua con adición de cloruro de sodio en 2, 4 y 6% - Huaraz – 2017*”, para obtener el título profesional de ingeniero civil en la Universidad San Pedro. Con la **intención** de señalar la estabilización y perdurabilidad de la sub base aplicando agregado de la cantera de Challhua incorporando 2, 4 y 6% de cloruro de sodio. Como **metodología** aprovechó la ciencia aplicada, explicativa y rumbo cuantitativo experimental, seleccionando como población y muestra a tres prospecciones representativas de los agregados de la cantera Challhua. **Concluyendo** que se trata con un material del tipo arena limosa SM correspondiente al sub grupo A-2-4 conformado por grava, arena y finos en cantidades de 14.44%, 65.63% y 19.94% respectivamente. La dosificación del 2% de cloruro de sodio en los especímenes de la cantera Challhua resultó ser el más favorable, mejorando la densidad seca máxima hasta en 1.211 gr/cm<sup>3</sup> con una humedad óptima de 14.1%, por ende el CBR efectuó un 99.9%, 3.1% superior que el patrón estudiado.

Palomino (2016), en su investigación rotulada “*Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca 2016*”, para la obtención del título profesional de ingeniero civil en la Universidad Privada del Norte. Tuvo como **objetivo** estudiar el efecto del cloruro de sodio en cantidades del 4, 8 y 12% en el índice California Bearing Ratio (CBR) empelado en un suelo arcilloso. Utilizo la **metodología** de investigación del tipo experimental, tomando como población a muestras de suelo arcilloso conformado con cloruro de sodio, como muestra a tres especímenes de suelo sin adición de aditivo como muestra patrón y tres especímenes para cada porcentaje añadido con aditivo de cloruro de sodio. **Concluyendo** que su hipótesis planteada fue corroborada al emplear el aditivo cloruro de sodio en proporciones de 4, 8 y 12%, mejorando el CBR hasta en 10% comparado con la muestra patrón, es así que el CBR para 0.1” discrepa en 9.48% y para 0.2” discrepa en 9.69% de la muestra patrón para ambos. Además, determino el efecto del aditivo en el suelo arcilloso, para un CBR de 0.1” la muestra patrón obtuvo un 4.43% mientras que adicionando cloruro de sodio al 4% resulto un CBR de 4.50%, al 8% resulto un CBR de 4.70% y al 12% resulto un CBR de 4.85”; para un CBR de 0.1” la muestra patrón obtuvo un 4.85% mientras que adicionando cloruro de sodio al 4% resulto un CBR de 5.01%, al 8% resulto un CBR 5.21% y al

12% resulto un CBR de 4.32%. El índice de plasticidad disminuyo según aumentaba el porcentaje de adición de cloruro de sodio, con respecto a la muestra patrón resulto el 11%, aplicando el 4, 8 y 12% de aditivo disminuyo el índice de plasticidad hasta en 9%, 8% y 6.22% respectivamente. Por ultimo determinó la favorable densidad seca máxima adicionando 12% de cloruro de sodio el cual mejoró de 1.900 gr/cm<sup>3</sup> a 2,055 gr/cm<sup>3</sup>, el contenido óptimo de humedad para la muestra patrón obtuvo un 10.23% mientras que al adicionar cloruro de sodio degradado con la adición de 8 y 12% resultando un contenido de humedad del 10.30 y 10.15% respectivamente, caso contrario con la adición de 4% que aumento el contenido de humedad optimo a 10.39%.

Sagastegui (2016), en su tesis titulada *“Eficiencia de la conservacion vial, empleando aditivos quimicos en superficies de rodadura en carretera no pavimentada : Ascope – Contumaza”*, para obtener el grado de Maestro en transportes y conservación vial en la Universidad Privada Antenor Orrego. Su **propósito** fue evaluar el efecto de la conservación vial empleando aditivos en carreteras no pavimentadas Ascope – Contumaza. Empleo la **metodología** de investigación del tipo aplicada con resultados de laboratorio de capas de rodadura estabilizadas con Bischofita en zonas áridas y semi-áridas del tramo Contumaza – Ascope. **Concluyendo** que utilizar aditivo Bischofita resulta efectivo positivamente para estabilizar suelos áridos por ende disminuye la formación de baches y perdida de material, además de no presentar liberación de polvo y corrugaciones.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Aditivo químico cloruro de sodio**

#### **2.2.1.1. Mejoramiento de superficies con aditivos químicos**

Viene a ser el mejoramiento de las características físicas mediante procesos mecánicos o aplicación de productos químicos naturales o artificiales

Comúnmente conocido como estabilización de suelos, proceso mediante el cual las bondades ingenieriles del suelo son modificadas para mejorarlos a un módico costo y un riguroso control de calidad, de las cuales se desprenden dos categorías: estabilización química y estabilización mecánica. (Das, 2015, pág. 266)

Por efectos de investigación se hará mayor énfasis a los suelos estabilizados con aditivos químicos, específicamente al aditivo cloruro de sodio.

#### **2.2.1.2. Métodos de estabilización con aditivos**

La estabilización con aditivos químicos se emplea para mejorar el suelo volviéndolo más trabajable, reduce la capacidad plástica, su expansión además de acelerar su construcción, mejorar su resistencia, deformación y durabilidad. (Das, 2015, pág. 267)

El MTC (2014), menciona que la aplicación de estos aditivos debe garantizar que su ejecución de la vía sea simple y módica. Algunos criterios para emplear la estabilización son:

- Cuando el CBR de la subrasante sea mayor al 6%, de no cumplir se considera como subrasante inadecuada, cuando haya presencia de agua en el área local será razón de emplear estabilización empleando estabilización mecánica, química, con geosintéticos, predraplones, capas de arena, etc.
- En presencia de subrasante arcillosos o limoso que al humedecerse contamine la capa granular del afirmado.
- Cuando el nivel freático se encuentre como mínimo a una distancia de 0.60, 0.80, 1.00 y 1.20 m en subrasantes extraordinarias, buenas, insuficiente e inadecuada, respectivamente.
- En caminos sobre los 4000 m.s.n.m. cuando el congelamiento este asociado al nivel freático, si el nivel freático no llega a 1.20 de la subrasante no afectará, en cambio se llega a 0.60m el suelo será susceptible a congelamiento, los suelos limosos son los más afectados por este fenómeno.

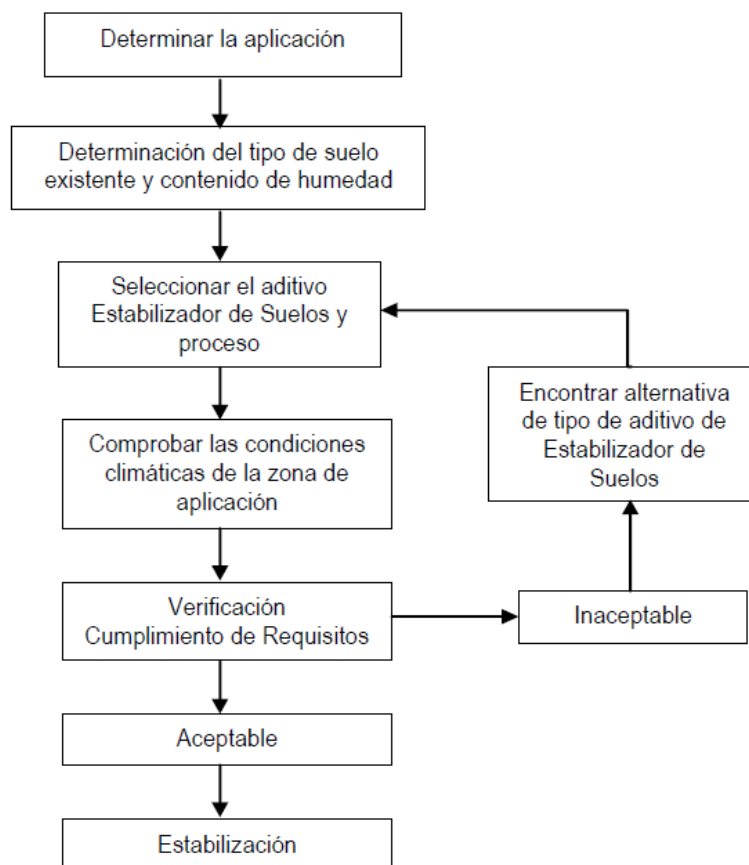
- Para aplicar la estabilización a suelos se debe conocer las características de estos siendo los más predominantes los suelos limosos, arcillosos o arenas limosas.

|   |  |
|---|--|
| Criterios tomados en cuenta para estabilizar los suelos | Tipo de suelo a estabilizar                              |
|   | Uso propuesto del suelo estabilizado                     |
|   | Tipo de aditivo estabilizador de suelos                  |
|   | Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará |
|   | Disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador         |
|   | Disponibilidad del equipo adecuado                       |
|   | Costos comparativos                                      |

**Figura 1.** Criterio para estabilización de suelos.

**Fuente:** adaptado de MTC (2014)

La figura adjunta muestra de manera somera la manera para fijar el método adecuado de estabilización.



**Figura 2.** Tránsito de selección del tipo de tratamiento.

**Fuente:** adaptado de MTC (2014)

### 2.2.1.3. Tipos de estabilización

El MTC (2014), mediante su manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos, establece los siguientes tipos de estabilización.

- A. Estabilización mecánica; se realiza mediante la compactación del suelo reduciendo los espacios vacíos que hay entre sus partículas, evitando así el reemplazo de su estructura.
- B. Estabilización mediante combinación; se realiza mediante el escarificado de la superficie existente en una profundidad de 15cm para batir dicho suelo con material de préstamo con la adición de agua para obtener la humedad y densidad óptima.
- C. Estabilización con aditivos químicos; se pueden encontrar a los estabilizantes con cloruro de magnesio, con cloruro de calcio, con cloruro de sodio, entre otros.
- D. Estabilización con cemento; mezcla de suelo, cemento y agua, el cual es compactado y curado mejorando la densidad. Efectivo en suelos granulares.
- E. Estabilización con productos asfálticos; tiene como finalidad aumentar las características aglomerantes del suelo e impermeabiliza haciéndolo resistente a la humedad.
- F. Tratamientos con geosintéticos; aportan resistencia a la tracción y mejoran las bondades de obra para los pavimentos.

Se aplica la estabilización de los suelos cuando:

- El suelo no cumpla con las características de resistencia o deformación en obras ingenieriles.
- No se pueda aplicar en condiciones naturales.
- No se pueda reemplazar el suelo por otro.

#### **2.2.1.4. Estabilización con cloruro de sodio**

El MTC (2014), mediante su manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos:

El principal fruto del aditivo cloruro de sodio es controlar el polvo que se genera en la base y en la superficie de rodadura de la carretera, además se emplea en zonas secas donde se requieran controlar el tiempo de evaporación.

Estabilizante natural en forma de cristales compuesto por 98% de NaCl y 2% de arcillas y limos, solubles en agua, con propiedades absorbentes que al entrar en contacto con suelos reduce la evaporación de estos y mejora su cohesión reflejando características mecánicas mejoradas.

Su gran capacidad conglomerante produce la densificación deseada a causa del intercambio iónico entre el sodio y los minerales del suelo fino.

Para producir la sal se emplean tres métodos:

- Mediante evaporación del agua salada, obteniendo residuos de sal.
- Extracción de las minas de sal.
- Mediante la evaporación del agua de mar.

Algunas consideraciones a tener en cuenta y aspectos que tiene el tratamiento con aditivo cloruro de sodio son:

- Los suelos a emplear en combinación de suelos-sal, deberán estar libres de sustancias orgánicas con un 3% como máximo de su peso de materia orgánica.
- En general el índice de plasticidad como mínimo del suelo a tratar deberá ser de 8% y en los casos de suelos que pasen la malla N° 200 deberá contener como mínimo 12% de plasticidad.
- El tamaño máximo de la grava presente en el suelo no debe exceder la tercera parte del espesor de la capa compactada.
- La cantidad presente de sal en el suelo estabilizado está en el rango de 50 y 80 kg/m<sup>3</sup>, no siendo imperativo ya que dependerá de cada estudio.
- El agua a emplear en la mezcla deberá ser limpia y libre de materia orgánica. Además, se podrá emplear salmuera o agua de mar controlando la calidad de dosificación.

Las características típicas del cloruro de sodio se muestran a continuación:

**Tabla 1.** Características Típicas de Sal (Cloruro de Sodio)

| <b>Características</b>       | <b>Límites</b> |
|------------------------------|----------------|
| Cloruro de sodio, %          | 98.00 – 99.70  |
| Humedad, %                   | 2.00 – 3.60    |
| Materia insoluble, %         | 0.007 – 0.175  |
| Ion calcio, %                | 0.035 – 0.910  |
| Ion magnesio, %              | 0.002 – 0.074  |
| Ion sulfato, %               | 0.125 – 0.355  |
| Tamiz 4.75 mm ( N° 4 )       | 20 – 55%       |
| Tamiz 1.18 mm (N° 16)        | 50 – 70%       |
| % Pasa Tamiz 1.18 mm (N° 16) | 13% max        |

**Fuente:** adaptado de MTC (2014, pág. 101)

### **2.2.2. Conservación de carreteras**

En los párrafos continuos se detalla a continuación los componentes más relevantes que conciernen o están ligados a la conservación de vías no

pavimentadas, así como conceptos ingenieriles básicos del suelo que aloja, propiedades físicas y mecánicas, niveles de servicio, entre otros.

### **2.2.2.1. Definición de suelos**

El suelo es la materia de construcción más abundante sobre de la tierra desde el periodo neolítico el suelo ha sido empleado en diversas construcciones desde monumentos, tumbas, viviendas, vías de comunicación, estructuras de almacenamiento de agua, etc.

El suelo está compuesto por partículas independientes, estas partículas no están unidas fuertemente a comparación de los cristales de un metal por ende se mueven relativamente unas con otras, sin embargo, estas son solidas y no pueden moverse con libertad como si fuera un líquido. (Lambe & Whitman, 2004, pág. 31)

El suelo está conformado en materia sólida, líquida y gaseosa. Es necesario conocer las propiedades del suelo que alojara a la infraestructura ya que cada suelo es único en sus características mecánicas, generalmente provienen del disgregamiento de rocas, las propiedades físicas están netamente vinculadas al mineral que lo conforma y, por ende, a la roca de origen... el tamaño, la forma y composición química de las partículas son generalmente las que definen las características físicas de los suelos. (Das, 2015)

### **2.2.2.2. Tipos de suelos**

Los suelos generalmente están conformados por una gama amplia de partículas entre los principales se encuentran los llamados grava, arena, limos y arcilla y, para referirse a un en específico como tal debe predominar sus partículas en la conformación del suelo. Varias organizaciones han definido la dispersión de los términos de la dimensión de las partículas que conforman estos suelos, entre las organizaciones más aceptables a nivel global se tiene al Sistema Unificado, adoptado por la Sociedad Americana para pruebas y materiales. (Das, 2015, pág. 28)

En la siguiente tabla se muestra las diferentes clasificaciones en base a la dimensión de los cuerpos granulares de los suelos.



**Tabla 2.** Límites de separación de tamaño de suelo

| Límites de separación de tamaño de suelo   |                      |              |  |         |
|--|----------------------|--------------|--|---------|
| Nombre de la organización  | Tamaño de grano (mm) |              |  |         |
|  | Grava                | Arena        | Limo   | Arcilla |
| Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT)   | >2                   | 2 a 0.06     | 0.06 a 0.002                                 | <0.002  |
| Departamento de Agricultura de E.U. (USDA)   | >2                   | 2 a 0.05     | 0.05 a 0.002                                 | <0.002  |
| Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO)   | 76.2 a 2             | 2 a 0.075    | 0.075 a 0.002                                | <0.002  |
| Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de E.U., Oficina de Reclamación de E.U., Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) | 76.2 a 4.75          | 4.75 a 0.075 | Finos<br>(p.ej., limos y arcillas)<br><0.075 |         |

**Fuente:** adaptado de (Das, 2015, pág. 28)

Das (2015), menciona los principales suelos que se describen a continuación:

- Los suelos gravosos, conformados por partículas de minerales cuarzo y feldespato, pudiendo contener otros más.
- Los suelos arenosos, de la misma manera contempla partículas de cuarzo y feldespato, pudiendo contener otros más.
- Los suelos limosos, están conformados microscópicamente por partículas muy finas de cuarzo y partículas laminares de minerales musáceos.
- Los suelos arcillosos, conformado por partículas sub microscópicas de micas, pudiendo no contar con arcillas en su composición y desarrollan plasticidad al entrar en contacto con cierta cantidad de agua.

### **2.2.2.3. Propiedades índices de los suelos**

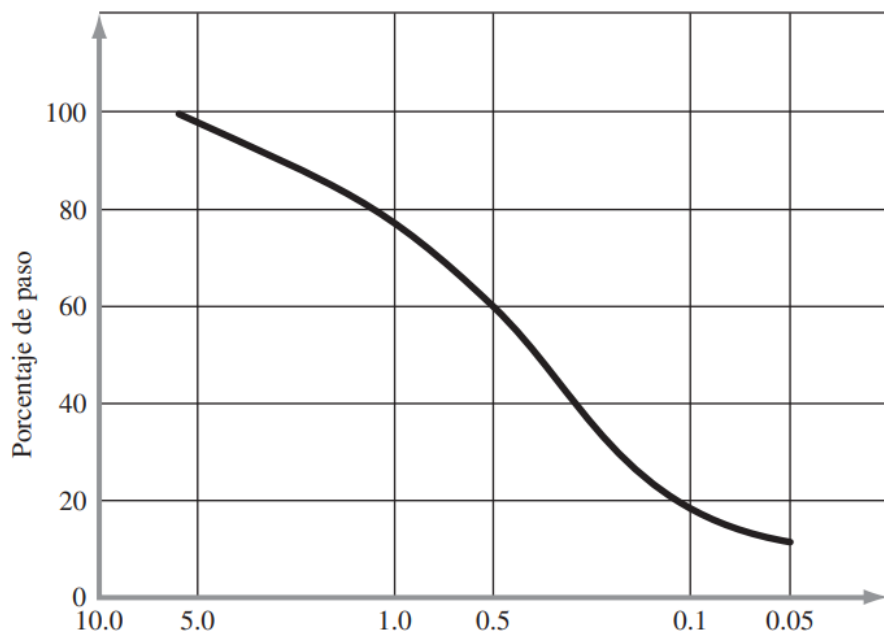
A. Análisis mecánico del suelo; es la intrepidez de la variedad de dimensiones de los cuerpos granulares de los suelos, expresado en porcentaje de su masa total, y para encontrar dichos tañamos se empela el análisis por cribado para partículas superiores a 0.075 mm de diámetro y, análisis de hidrómetro,

cuando las partículas de los suelos son menores a 0.075 mm de diámetro. (Das, 2015, pág. 33)

Por efectos de la presente investigación se detallará de manera resumida los dos análisis.

- Análisis por cribado; se determina al sacudir la muestra por un grupo de tamices previamente seleccionados de aberturas pequeñas progresivamente, además cabe resaltar que la muestra a ensayar deberá de estar secada al horno y en el caso de contener grumos se deberá descomponer, luego de cribar la muestra se registrará la masa retenida en cada tamiz para efectos de cálculo seguidamente con los porcentajes de finos para cada criba se representa gráficamente sobre una hoja semilogarítmica donde las abscisas contendrán el tamaño de las partículas en escala logarítmica y las ordenadas contendrán el porcentaje más fino en escala aritmética. (Das, 2015, pág. 35)

A modo de ejemplo se muestra la siguiente distribución de partículas:



**Figura 3.** Curva granulométrica.

**Fuente:** adaptado de (Das, 2015)

A continuación, se muestra el número estándar de tamiz con su respectiva abertura.

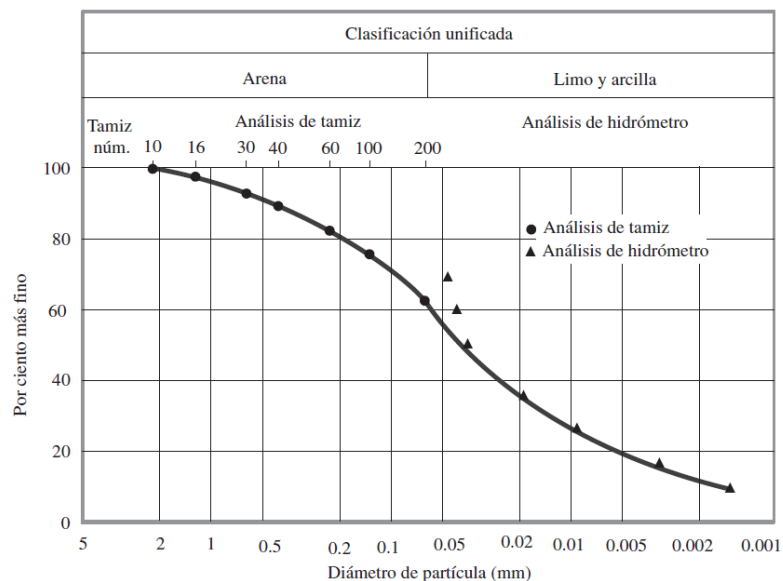
**Tabla 3.** Tamaños estándar de tamices

| Tamaños estándar de tamices |               |
|-----------------------------|---------------|
| Tamiz núm.                  | Abertura (mm) |
| 4                           | 4.750         |
| 6                           | 3.350         |
| 8                           | 2.360         |
| 10                          | 2.000         |
| 16                          | 1.180         |
| 20                          | 0.850         |
| 30                          | 0.600         |
| 40                          | 0.425         |
| 50                          | 0.300         |
| 60                          | 0.250         |
| 80                          | 0.180         |
| 100                         | 0.150         |
| 140                         | 0.106         |
| 170                         | 0.088         |
| 200                         | 0.075         |
| 270                         | 0.053         |

Fuente: adaptado de (Das, 2015)

- Análisis hidrométrico; basado en el principio de turbiedad de la partícula del suelo en agua, quiere decir que al ser sumergido dichas partículas se sedimentaran en velocidades diferentes acordes a su forma, tamaño y peso. (Das, 2015, pág. 35)

La curva granulométrica de suelos representa la distribución de grano en grava, arenas, limos y arcillas. De acuerdo con el Sistema (SUCSS), la grava tiene límite mayor en tamaño a 4.75 mm, la arena se encuentra entre 4.75 a 0.075 mm y los limos y arcillas son menores a 0.075mm. (Das, 2015, pág. 39)



**Figura 4.** Curva de granulométrica de clasificación SUCSS.

Fuente: adaptado de (Das, 2015)

B. Relaciones de peso; entre los más comunes se tiene al contenido de humedad, que viene dada por la proporción del volumen de agua que posee un suelo en un determinado volumen y, el peso unitario, que es el peso del suelo comprendido por unidad de volumen. (Das, 2015)

Dichas relaciones están definidas por las siguientes formulas:

- Contenido de humedad

$$W = \frac{W_w}{W_s}$$

Donde,  $w_w$  es el peso húmedo del suelo y  $w_s$  es el peso seco del suelo.

- Peso unitario

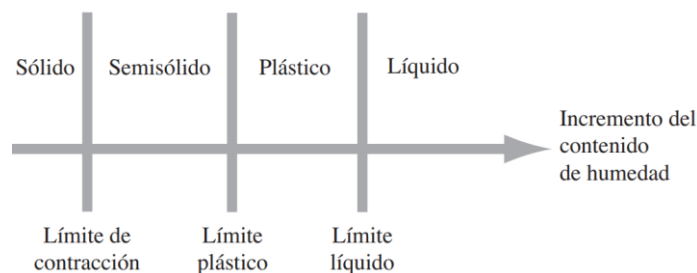
$$y = \frac{W}{V}$$

Donde,  $W$  es el peso húmedo del suelo y  $V$  es el volumen del suelo.

C. Consistencia del suelo; basado en relación a la existencia del suelo en cuatro estados según su humedad, del cual los límites de retracción y contracción son los puntos de transición de unos estados a otros. (Lambe & Whitman, 2004, pág. 45)

Definida también como la naturaleza cohesiva de las arcillas al absorber agua y para determinar la consistencia de los suelos Albert Mauritz Atterberg prescribo un método para describirlos del cual los suelos que poseen contenido de humedad muy bajo se comportan como suelos quebradizos, mientras que los suelos con elevado volumen de agua se clasifican en cuatro estados, solido, semisólido, plástico y líquido. (Das, 2015)

A continuación, se muestra los límites de Atterberg para suelos con alto contenido de humedad.



**Figura 5.** Límites de Atterberg.  
**Fuente:** adaptado de (Das, 2015)

- Limite liquido (LL); se define como el cierre de ranura en 12.7mm luego de 25 golpes, para mayor exactitud se realiza el proceso cuatro veces con diferentes contenidos de humedad y con golpes que varían entre

15 a 35, en resumen, el contenido de humedad a los 25 golpes determinado en la parábola de creciente da el límite líquido del suelo.

- Límite plástico (PL); es el contenido de humedad que al estar presente en el suelo de estudio y envolver en fragmentos de 3.2 mm de diámetro se desmoronan.
- Índice de plasticidad (PI), viene dada por la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de suelo.

#### **2.2.2.4. Clasificación de los suelos**

Para resolver los problemas de la ingeniería es necesario conocer previamente las características y propiedades de los suelos para emplear en una expresión racional que resuelva el problema. (Lambe & Whitman, 2004, pág. 46)

Es conveniente conocer las propiedades del suelo

Los suelos son clasificados en grupos y subgrupos, de acuerdo a la semejanza que presentan en su conformación, los sistemas de clasificación dotan de una interpretación breve los rasgos de que conforman los suelos. En la actualidad se utilizan comúnmente dos sistemas de clasificación, basados en la granulometría y blandura de los suelos, siendo la American Association of State Highway Officials (AASHTO) y Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, la clasificación AASHTO es utilizada mayormente por departamentos de carreteras mientras que la clasificación SUCS es empleada en de manera general por lo ingenieros geotécnicos. (Das, 2015, pág. 78)

De manera somera se detalla a continuación los sistemas de clasificación de suelo más comunes:

- A. Sistema de clasificación AASHTO; esta clasificación agrupa a los suelos en siete grupos principales desde; A-1 a A-7, los suelos granulares se encuentran en los grupos A-1, A-2 y A-3, donde máximo el 35% de sus partículas pasa a través del tamiz N° 200 y, los limos y arcillas se encuentran en lo grupos A-4, A-4, A-5, A-6 y A-7, donde más del 35% de sus partículas pasa la malla N° 200. Para su clasificación emplea los requisitos como el tamaño de grano y la plasticidad del suelo estudiado. (Das, 2015, pág. 80)
- B. Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCSS); este sistema clasifica a los suelos de grano grueso en grava con prefijo G y arena con prefijo S, para ambos casos el peso natural no deberá de pasa en más del 50% la criba N°200. Mientras que los suelos de grano fino se clasifican en limo orgánico

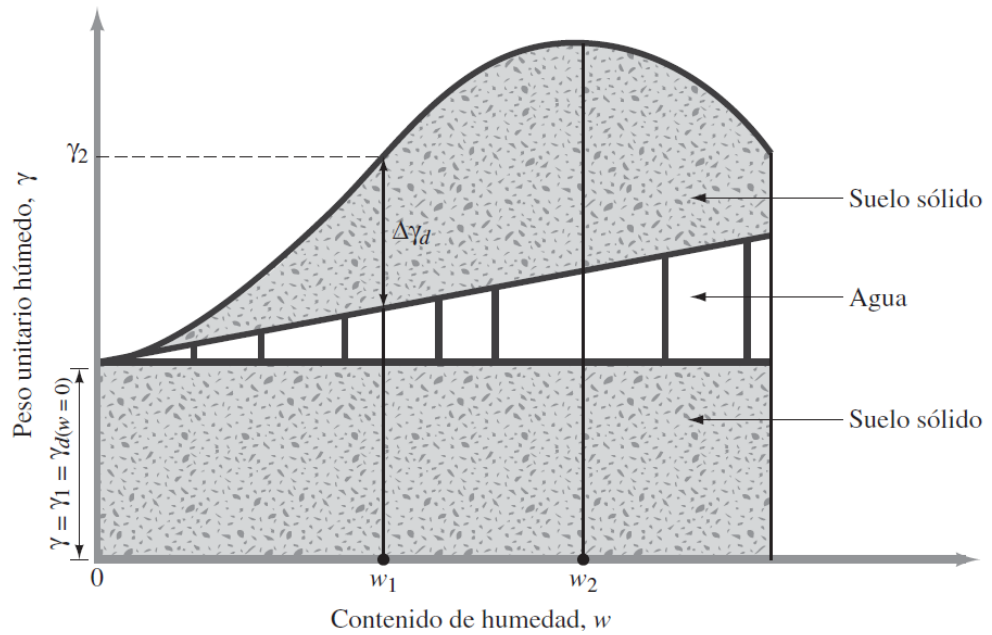
con prefijo M, arcilla inorgánica con prefijo C, limos y arcillas orgánicos con prefijo O y, finalmente Pt empleada para nombrar a turbas, lodos y suelos orgánicos. Sumado a ellos vas acompañado de otros símbolos como W, P, L, Y que denotan suelos bien graduados, mal clasificados, de baja plasticidad y de alta plasticidad respectivamente. (Das, 2015)

#### **2.2.2.5. Compactación de los suelos**

En las construcciones de infraestructura y sobretodo en las construcciones de carretera los suelos deben de ser compactados de tal manera de quedar una capa llamada afirmado lo suficientemente conformada para recibir las cargas de servicio.

Los suelos son compactados para aumentar su peso unitario, aumentando su capacidad de resistencia y por ende su capacidad de carga, aumentando la estabilidad desniveles de las pendientes. Generalmente para garantizar un compactado homogéneo se utiliza maquinaria pesada y liviana, entre las cuales se encuentran los rodillos lisos, los rodillos compactadores, los rodillos vibratorios entre otros. Se define como compactación a la conformación del suelo mediante la eliminación de aire atrapado entre sus partículas por medio de energía mecánica, además, necesita de agua durante el proceso para que sus partículas se deslicen unas con otras quedando densamente conformadas, por tal causa, la densidad seca del suelo incrementa según crece el volumen de agua, es decir, al aumento de humedad de forma gradual con la misma energía mecánica utilizada, las partículas del suelo en una unidad de volumen aumentan. Sin embargo, el contenido de humedad gradualmente tiene a reducir el peso unitario seco y, el peso unitario eco máximo se denomina como contenido de humedad óptimo. (Das, 2015, págs. 91-92)

La siguiente figura muestra de manera gráfica lo descrito anteriormente:



**Figura 6.** Límites de Atterberg.

**Fuente:** adaptado de (Das, 2015)

Para obtener la densidad seca máxima y el contenido óptimo de compactación se recurre a dos ensayos de laboratorio el cual se ilustra a continuación:

- A. Prueba proctor estándar; consiste en compactar el suelo sobre un molde de volumen y dimensiones conocidas, mezclando el tipo de suelo con cantidades variables de agua, en tres capas apisonadas con la acción de un martillo mecánico de peso 24.4N a 25 golpes cada una.
- B. Prueba procto modificado; con el desarrollo de rodillos compactadores la prueba proctor estándar se modificó para obtener mejores representaciones de compactado de campo, emplea el mismo molde que la prueba anterior sin embargo la compactación se realiza cada cinco capas con 25 golpes cada una mediante un martillo de peso 44.5N.

En la siguiente imagen se ilustra las especificaciones de moldes estandar basadas en la Sociedad Americana para pruebas y Materiales (ASTM 698).

**Tabla 4.** Especificaciones de la prueba Proctor estándar

| <b>Especificaciones de la prueba Proctor estándar (Basadas en la Norma ASTM 698)</b> |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <b>Elemento</b>  | <b>Método A</b>  | <b>Método B</b>  | <b>Método C</b>  |
| Diámetro del molde   | 101.6 mm   | 101.6 mm   | 152.4 mm   |
| Volumen del molde  | 943.3 cm <sup>3</sup>  | 943.3 cm <sup>3</sup>  | 2124 cm <sup>3</sup>   |
| Peso del martillo  | 24.4 N   | 24.4 N   | 24.4 N   |
| Altura de la caída del martillo  | 304.8 mm   | 304.8 mm   | 304.8 mm   |
| Número de golpes de martillo por capa de suelo                                       | 25   | 25   | 25   |
| Número de capas de compactación  | 3  | 3  | 3  |
| Energía de compactación  | 591.3 kN-m/m <sup>3</sup>  | 591.3 kN-m/m <sup>3</sup>  | 591.3 kN-m/m <sup>3</sup>  |
| Suelo utilizado  | Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4 | Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm | Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm |

Fuente: adaptado de (Das, 2015)

Existen dos tipos de factores que afectan la compactación de los especímenes, los cuales se detallan a continuación:

#### **2.2.2.6. Carreteras departamentales no pavimentadas**

El MTC (2006), en su compendio técnico de mantenimiento periódico para la red vial departamental no pavimentada, la define como caminos a nivel de afirmado que poseen características que las diferencian una de otras dependiendo de la región donde se ubican, cuya localización común es en terrenos ondulados o accidentados y muy pocas veces en terrenos planos. Es así que en la selva están en condiciones de alta vegetación, temperaturas elevadas, pluviosidad abundante y con mucha presencia de suelos arcillosos o limosos. En la costa predomina el suelo arenoso, con escasa vegetación, temperaturas variables y lluvias moderadas. Finalmente, en la sierra hay presencia de roca con aluviones, vegetación escasa, temperatura variable con lluvias estacional durante tres meses del año.

En cuanto a sus características geométricas y de diseño se detallan a continuación:



- El ancho de vía se encuentra entre el rango de 4.00 a 5.00 metros, en casos extremos se encuentran anchos de 3.30 y 8.00 metros.
- El tráfico de este tipo de vías es variable según su localización, no obstante, es común que la mayoría contenga más del 50% de tráfico pesado. En términos del índice medio diario IMD, contemplan menos de 400 vehículos por día, con casos extremos de circulación de menos de 50 vehículos por día en el 50% de este tipo de vías.
- El espesor del afirmado que conforman las vías no pavimentadas varía entre 10 a 20 cm, predominando en su mayoría 15 cm de espesor.

#### **2.2.2.7. Clasificación de las carreteras**

Según Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), en su manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos. Las carreteras no pavimentadas están conformadas por capas granulares en su base y superficie, cuando el número de eje equivalente EE es menor a 300,000. Se clasifican en:

- Carretera de tierra; conformada por el suelo original y reformado con material gravoso con propiedades cohesivas.
- Carretera gravosa; conformado por el suelo natural, material gravoso zarandeado con partículas máximas a 75 ms.
- Carretera afirmada; conformado por material de gravoso y zarandeado, proveniente de las famosas canteras, cuya composición debe comprender piedra, cierto contenido de arena y suelos finos o arcilla con tamaño máximo de 25 mm
- Carreteras tratadas con materiales industriales: entre los cuales se encuentra al afirmado tratados con aditivos químicos o productos asfálticos para el control de polvos y, suelos estabilizados mediante aplicación de aditivos químicos, getosintéticos entre otros que mejoran las bondades ingenieriles del suelo.

Además el MTC (2008), en su manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito clasifica a las vías de la siguiente manera:

- Categorización por su función; clasifica a las vías según red vial nacional, red vial departamental y red vial vecinal o rural.
- Categorización por el tipo de topografía y meteorología; según el relieve se clasifican como cartetas de superficie plana, ondulada,

accidentada y muy accidentada, en cuanto al clima se clasifican por la costa con pocas lluvias, la sierra con lluvias moderadas y la selva con intensas lluvias.

- Clasificación por el tipo de obra a ejecutarse; para obras con configuración descritas a continuación:
  - a. Mantenimiento rutinario, actividades que se ejecutan de manera permanente para conservar las vías con óptimas condiciones de servicio, con actividades de reparación de baches, perfilando la superficie, roce y remoción de derrumbes moderados, pudiendo ejecutarlas mediante acción manual o mecánica.
  - b. Mantenimiento periódico, actividades que se ejecutan de manera periódica para conservar las vías con óptimas condiciones de servicio, con labores de desencalaminado, manteniendo la vía perfilada, con los niveles originales, reponiendo de material granular, reparación puntual de obras de arte, pudiendo ejecutarlas mediante acción manual o mecánica, siendo esta última la que prevalece.
  - c. Rehabilitación; actividades requeridas para devolver a la vía a sus condiciones iniciales proyectando su puesta en servicio.
  - d. Mejoramiento; actividades que se elaboran para realzar la propiedad de la carretera que incluyen modificación de su geometría y su transformación de tierra a carretera afirmada.
  - e. Nueva construcción; actividades de apertura de carretera con características geométricas en base a las normas vigentes de construcción.

#### **2.2.2.8. Conservación de carreteras departamentales no pavimentadas**

El MTC (2006), en su manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial departamental no pavimentada, sustenta que la conservación vial de carreteras no pavimentadas es el conjunto de trabajos o actividades que se ejecutan para conservar en óptimas condiciones las características físicas de todos los elementos que conforman el camino, es así que se garantiza la calidad de transporte cómodo, seguro y módico. Además, se busca mantener el capital invertido en el camino evitando su deterioro prematuro.

Para conservar los caminos no pavimentados existen dos tipos de mantenimientos, el rutinario y el periódico, en cuanto al primero son

actividades constantes que se realizan en puntos específicos del camino, mientras que el segundo son actividades que se realizan el tiempo más prolongado de más de un año, pero que se ejecutan en todo el camino.

También menciona que después del mantenimiento aplicado la vía se encuentra en óptimas condiciones y para volver a intervenirla se recurre al índice de rugosidad internacional IRI, que es una medida de las deformaciones superficiales de la vía no pavimentada, en función del efecto del perfil longitudinal en calidad de rodadura mediante la respuesta mecánica de un móvil, cuya unidad e medida es en metros por kilómetro.

En cuanto a la red vial departamental no pavimentada se muestra a continuación ciertos niveles referenciales del IRI para conocer la clasificación del estado de la vía.

**Tabla 5.** Índice de Rugosidad Internacional-IRI

| ESTADO DEL CAMINO |    | SUPERFICIE DE RODADURA IRI | CRITERIOS Y CONDICIONES DEL CAMINO  |
|-------------------|----|----------------------------|---|
| Muy mal estado    | MM | >18                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La superficie de rodadura presenta elevado deterioro, grandes deformaciones, hundimientos y baches.</li> <li>• De circulación muy restringida durante la mayor parte del año</li> <li>• Obras de arte insuficientes y obras de drenaje insuficientes y colmatadas</li> <li>• La velocidad de circulación es menor a 10 kilómetros por hora en tramos rectos</li> </ul>           |
| Mal estado        | M  | 14-18                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La superficie de rodadura presenta deterioro, ciertas deformaciones apreciables, hundimientos y baches</li> <li>• De circulación restringida durante ciertos periodos del año</li> <li>• Obras de arte insuficientes y obras de drenaje insuficientes y colmatadas</li> <li>• La velocidad de circulación es menor a 20 kilómetros por hora en tramos rectos</li> </ul>          |
| Regular estado    | R  | 10-14                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La superficie de rodadura presenta deterioro superficial y presencia de baches y hundimientos puntuales</li> <li>• De circulación sin restricciones durante el año</li> <li>• Obras de arte con daños menores y obras de drenaje parcialmente colmatadas</li> <li>• La velocidad de circulación es aproximadamente entre 20 y 40 kilómetros por hora en tramos rectos</li> </ul> |
| Buen estado       | B  | 6-10                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La superficie de rodadura no presenta deterioro apreciable.</li> <li>• De circulación sin restricciones durante el año</li> <li>• Obras de arte en buen estado y obras de drenaje limpias.</li> <li>• La velocidad de circulación es aproximadamente entre 40 y 60 kilómetros por hora en tramos rectos</li> </ul>   |
| Muy buen estado   | MB | 4-6                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie de rodadura sin defectos y con excelente regularidad. Superficial.</li> <li>• De circulación sin restricciones durante el año</li> <li>• Todas las obras de arte y de drenaje en muy buen estado y limpias.</li> <li>• La velocidad de circulación puede llegar a ser mayor a 60 kilómetros por hora en tramos rectos</li> </ul>                                      |

Fuente: adaptado de MTC. (2006)

### 2.2.2.9. Elementos físicos a conservar en vías no pavimentadas

El MTC (2006), en su manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial departamental no pavimentada describe los elementos que se conservan en el mantenimiento periódico y rutinario de las carreteras no pavimentadas, en cuanto a las características físicas se tiene a:

- La capacidad de soporte; es la resistencia estructural del camino para soportar el impacto de las cargas vehiculares que transitan iterativamente sobre ella.
- La regularidad superficial; contempla las condiciones físicas presentes en la vía como la rugosidad, las deformaciones, textura, estado y limpieza, además se resalta defectos como, bacheos, ondulaciones, encalaminados, ahuellamientos entre otros. La regularidad superficial se determina mediante el IRI.

Los elementos que conforman un camino no pavimentado que se deben inspeccionar para su debida conservación son:

|  |   |
|--|---|
| Elementos que conforman un camino no pavimentado | La plataforma                                     |
|  | Las obras de drenaje y subdrenaje                 |
|  | El derecho de vía                                 |
|  | Las obras de arte                                 |
|  | La señalización y los elementos de seguridad vial |

**Figura 7.** Reconocimiento del terreno y selección de especímenes.

**Fuente:** elaboración propia

De los elementos antes mencionado se detallará la plataforma, por ser causa de estudio de la presente investigación.

- A. Plataforma, constituye la superficie de rodadura que es la franja para la circulación de vehículos, en algunos casos la conforma una franja adyacente que se conoce como berma, por ello es primordial que se conserve en buenas condiciones con seguridad comodidad, fluidez y economía.

Para dar mantenimiento a las carreteras no pavimentadas el daño presente deberá estar en el orden del 20% pudiendo encontrarse baches, deformaciones, encalaminado y otros defectos. En términos del índice de internacional de rugosidad, se efectuará mantenimiento cuando este entre los valores de 10 a 14. Y se ejecutarán las actividades de perfilado del camino, reposición del afirmado y reconfiguración de la plataforma existente, ya sea de manera manual y con equipo mecánico.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación será del tipo aplicada, según Behar (2008), atribuye que también se conoce a este tipo de investigación como práctica, activa o dinámica, en él se desarrolla ilustraciones, antes estudiadas que garantizan el desarrollo de la investigación, vinculando las teorías con la realidad siendo aplicable sin requerir el previo desarrollo de teorías. (pág. 20)

De tal manera la presente investigación sigue las pautas del tipo aplicada ya que no requiere del desarrollo de previas teorías, no obstante, se deberá respetar las normativas vigentes, métodos y teorías previas en investigaciones semejantes; empleando dichas teorías para la aplicación de aditivo químico cloruro de sodio para la conservación de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914.

Sumado a ello, Pacheco y Cruz (2006), indicaron que este tipo de investigación es un conocimiento tecnológico por innovar las herramientas de la labor humana con el uso de las teorías, el cual conforma una parte tangible, lo que se busca aplicar como herramientas e instrumentos y otra intangible, con conocimientos empíricos, este último es necesario para concatenar y originar que la ciencia se aplique a determinadas investigaciones.

##### 3.1.1.1. Nivel de investigación

La presente investigación corresponderá al nivel explicativo, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2010), el nivel de investigación explicativo ilustra la relación de causa y efecto de las diferentes disciplinas, eventos, fenómenos físicos o sociales, buscando así determinar por qué ocurre dicho fenómeno y generalmente la explicación de la implicancia de las variables de estudio entre sí. (pp. 83-84).

Es así que la citada investigación desarrolla este nivel buscando la respuesta del efecto al realizar la aplicación de aditivo químico cloruro de sodio para la conservación de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914.

Por otra parte Behar (2008), indicó que en este nivel de investigación vincula la causa y consecuencia de los fenómenos desarrollados con la finalidad de dar explicaciones del porqué de su ocurrencia, a la vez que buscara corroborar la hipótesis planteada.

### **3.1.1.2. Método de investigación**

Para la citada investigación se empleará el método científico, como método general, ya que se tendrá que seguir secuencias organizadas para dar solución veraz al problema de estudio.

Según Niño (2011), afirma que el método científico rige de un conjunto de procesos sistemáticos que buscan dar la solución a determinados problemas y para ello se sirve de técnicas e instrumentos validados que ayudan a ayudar a la solución, amparando de una correcta ejecución de la investigación.

Sin embargo, para ahondar y ser más precisos en la investigación se tendrá que aplicar el método experimental, como método específico, en la referida investigación ya que no solo se deberá seguir un riguroso y sistemático procedimiento si no también que se buscara validar la hipótesis mediante inspecciones previas del fenómeno en estudio, es decir la aplicación del aditivo de cloruro de sodio en la conservación de carreteras.

Como indico Behar (2008), el método experimental aplica conocimientos fundados mediante la observación previa del problema para elaborar el experimento tomando un control de este para garantizar la fidelidad de la hipótesis. (pág. 47)

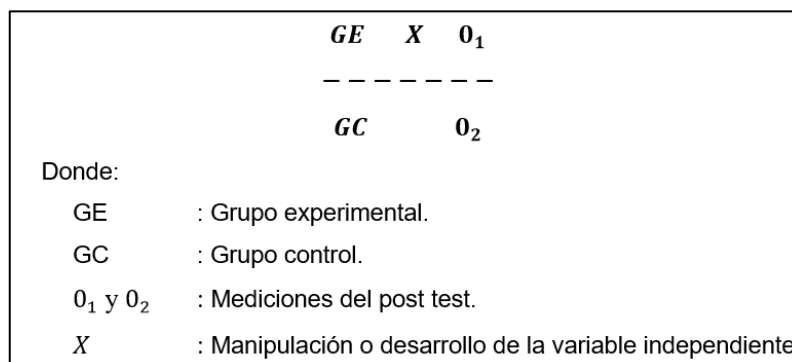
### **3.1.2. Diseño de investigación**

Hernández, Fernández y Baptista (2010), sustentan que un diseño es una secuencia de un plan concebido en el cual se conocerá la información que se desea obtener. (pág. 120)

Esta investigación usará el diseño de investigación del tipo cuasi – experimental en el que se tendrá un grupo control, especímenes naturales de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914 y otro grupo tratado con aditivo cloruro de sodio para la conservación de la carretera mencionada, quiere decir que se manipulara la variable independiente, especímenes tratados y no tratados con cloruro de sodio, con respeto a la variable dependiente, conservación de la carretera HV116 tramo km 59.914 – km 60.914 y así conocer el efecto que produce.

Como mencionan Gonzales, Oseda, Ramírez, y Gave (2011), estos diseños son semejantes a los diseños experimentales, no obstante, no cuentan con asignación aleatoria de unidades de investigación utilizando un grupo control que recibe el tratamiento y otro grupo que no recibe ningún tratamiento obteniendo un post test comprobando la hipótesis (pág. 216)

Continuamente se muestra el esquema del diseño a manejar en la citada investigación:



**Figura 8.** Diseño de investigación.

**Fuente:** elaboración propia

### 3.2. Variables y operacionalización

#### 3.2.1. Variable independiente

Las variables independientes son las causas en los efectos de la variable dependiente, en el caso de los experimentos es a quien se le aplica el tratamiento en el grupo experimental. (Arias, 2012, pág. 59)

- **variable independiente:** aditivo químico cloruro de sodio.

#### 3.2.2. Variable dependiente

Las variables dependientes varían de acuerdo a la manipulación libre de la variable independiente quien causa un efecto sobre la primera originando resultados en la investigación. (Arias, 2012, pág. 59)

- **Variable dependiente:** conservación de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914.

#### 3.2.3. Operacionalización de variables

Procedimiento mediante el cual las variables conceptuales abstractas mutan a conceptos concretos que pueden ser tangibles, observados y cuantificados conocidos como dimensiones e indicadores, presentado en un cuadro de manera resumida. (Arias, 2012, págs. 62-63)

**Tabla 6.** Operacionalización variable independiente.

| Tipo de variable       | Nombre de la variable            | Definición conceptual   | Definición operacional  | Dimensiones  | Indicadores                        |
|------------------------|----------------------------------|---|---|--|------------------------------------|
| Variable independiente | Aditivo químico cloruro de sodio | Estabilizante natural en forma de cristales compuesto por 98% de NaCl y 2% de arcillas y limos, solubles en agua, con propiedades absorbentes que al entrar en contacto con suelos reduce la evaporación de estos y mejora su cohesión reflejando características mecánicas mejoradas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 100) | El cloruro de sodio se batirá de manera homogénea con el suelo de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914, para determinar el efecto producido en el, con cantidades en porcentaje del peso de cada muestra. | Dosificación con Cloruro de Sodio respecto al peso de la muestra | Muestra patrón natural             |
|                        |                                  |   |   |  | Muestra con 2% de Cloruro de Sodio |
|                        |                                  |   |   |  | Muestra con 4% de Cloruro de Sodio |
|                        |                                  |   |   |  | Muestra con 6% de Cloruro de Sodio |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 7.** Operacionalización variable dependiente

| TIPO DE VARIABLE     | NOMBRE DE LA VARIABLE  | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIONES  | INDICADORES                             |
|----------------------|--|--|--|--|---|
| Variable dependiente | Conservación de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914 | Las carreteras no pavimentadas están conformadas a nivel de afirmado. El afirmado la conforma una capa natural de material granular, gradada específicamente, quien recibe directamente el impacto de las cargas y esfuerzos del tránsito, el cual deberá contener la cantidad optima de suelo cohesivo para garantizar que la | Para poder medir la conservación de la carretera se deberá de conocer los diferentes índices de servicio que presentan, para ello es necesario identificar las propiedades físicas y mecánicas que posee el suelo que lo conforma. | Propiedades físicas y mecánicas del suelo que conforma la carretera HV-116 | Granulometría                           |
|                      |  |  |  |  | Límites de consistencia                 |
|                      |  |  |  |  | Máxima densidad seca del suelo          |
|                      |  |  |  |  | Relación de soporte de California (CBR) |



|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  | superficie de rodadura se conforme de manera aglutinada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 25) |  |  |
|--|--|--|--|--|

Fuente: elaboración propia

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1. Población

Niño (2011), precisa que la población está determinada por unidades que se relacionan con el problema de investigación siendo necesario identificar la delimitación de procedencia de estas en tiempo y lugar, estas unidades pueden tratarse de personas, animales, objetos, sucesos, lugares, distritos, etcétera. (pág. 55)

Para lo cual la población de la actual investigación está delimitada por la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914 en la región Huancavelica durante el año 2021.

Además, Alfaro (2012), ratifica que la población es la conglomeración de unidades de investigación con origen conocido temporal y espacialmente. (pág. 52)

#### 3.3.2. Muestra

Como sustenta Behar (2008), la muestra es una partición seleccionada de la población en estudio siendo conocida temporal y espacialmente buscando medir con representaciones menores que contengan rasgos originales de esta conservado su naturaleza. (pág. 51)

En el referido estudio nos limita a utilizar toda la extensión de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914, ya que sería muy complejo cuantificar todas las unidades de estudio que conforma dicha extensión, por lo cual se definirá a la muestra como prospecciones representativas de la carretera, además para efectos de estudio se empleara tres prospecciones en lo que se elegirá la muestra patrón y especímenes para el grupo con tratamiento para adiciones del 2%, 4% y 6% de cloruro de sodio, en relación al peso de la muestra, para cada dosificación.

### **3.3.3. Muestreo**

El muestreo estará definido por el tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia o carácter intencionadamente, por ello, los tesisistas a criterio inspeccionaran y seleccionaran la muestra comprendida en la extensión de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914.

Este tipo de muestreo requiere del previo conocimiento de la población para determinar las posibles unidades de estudio que se puedan usar como representación del fenómeno a estudiar. (Tamayo, 2003, pág. 178)

Sin embargo, Niño (2011), menciona que esta técnica no probabilista es una forma clara de selección, no obstante, puede generar error. (pág. 57)

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1. Técnica de recolección**

Behar (2008), señala que las técnicas proporcionan resolución del proceso a emplear en la investigación basado en el problema formulado, tomando en cuenta el registro de la información observada, además, cada tipo de investigación cuenta con sus propias técnicas a ejecutar. (pág. 55)

Las técnicas de recolección que se ejecutaran en el proceso de la investigación, contemplara de la observación directa y la observación indirecta, en la primera se registrara toda la información en el momento de la ejecución del proyecto, y con la segunda se revisara toda la información textual referido con la investigación para obtener buenos resultados.

Como mencionaron Gonzales, Oseda, Ramírez y Gave (2011), la observación directa efectúa contacto presencial con el fenómeno en estudio mientras que la observación indirecta se valida de la revisión bibliográfica de observaciones de terceros plasmados de manera textual. (pág. 148)

Es así que en la presente investigación se tomara en cuenta las normas técnicas peruanas, las normas técnicas del Ministerio de Transporte y Comunicaciones y de ser el caso las normas internacionales de la Sociedad Americana para pruebas y Materiales.

### **3.4.2. Instrumento de recolección de datos**

Behar (2008), señala que los instrumentos conllevan a resolver el procedimiento de la realidad problemática para su posterior procesamiento de datos, en base a los indicadores de la investigación empleando solo los necesarios para el tipo de investigación. (pág. 69)

Los instrumentos generalmente son asociados a las técnicas de recolección de datos, por ello en base a las normas técnicas del Ministerio de Transporte y Comunicaciones y de ser el caso las normas internacionales de la Sociedad Americana para pruebas y Materiales se acondicionará el proceso en un laboratorio de mecánica de suelos acreditado que cumpla las especificaciones y estándares que exigen las normas antes descritas relacionadas a la naturaleza del proyecto de investigación.

Sumado a ello Niño (2011), refiere que los instrumentos tienen como fin la recolección de datos para corroborar el efecto de los objetivos, la medición de las variables y la posterior verificación de la hipótesis. (pág. 87)

### 3.5. Procedimientos

El procedimiento que seguirá la presente investigación estará conformado por dos etapas de ejecución y será como se ilustra a continuación.



**Figura 9.** Reconocimiento del terreno y selección de especímenes.

**Fuente:** elaboración propia



**Figura 10.** Preparación y análisis de la muestra en laboratorio.

**Fuente:** elaboración propia

### 3.6. Método de análisis de datos

Para el análisis de datos se tendrá que tener en cuenta técnicas, estadística descriptiva e inferencial y para el procesamiento de datos se hará uso de softwares computacionales de fácil uso.

La estadística proporciona métodos para recopilar organizar y analizar datos con el objetivo de describirlos y de realizar hipótesis, para ello se emplea la estadística descriptiva que es un conjunto de técnicas estadísticas que describe medidas de posición y dispersión ilustradas en tablas y gráficos, mientras que al emplear la estadística inferencial se deduce el efecto de la muestra de una población conocida de manera de hipótesis que se corrobora con un grado de probabilidad; siendo estas dos vinculadas ya que se necesita la primera para ejecutar la segunda. (Córdova, 2003, págs. 1-2)

Niño (2011), sustenta que los datos obtenidos con las técnicas utilizadas a priori no son válidas respecto al objeto y problema de investigación y para validar los datos se debe de organizar, procesar, analizar e interpretar, siendo posible llegar a una conclusión para el estudio. (págs. 98-99)

En el procesamiento de análisis de datos estará sistematizada por el uso de procesamiento en programas estadísticos computacionales pudiendo ser SPSS, Rstudio, SAS, hojas de cálculo etcétera, a criterio de los tesisistas. Para luego efectuar la validez de los instrumentos aplicando la estadística y obtener las conclusiones de la investigación.

### 3.7. Aspectos éticos

Para el desarrollo de la presente investigación se tuvo en consideración los siguientes principios éticos:

- **Con respecto a la beneficencia**, en este trabajo de investigación se velará por el beneficio social, económico y más que todo medio ambiental.
- **Con respecto a la autenticidad**, el trabajo de investigación se encuentra regido bajo las normas del estilo APA con respecto a las citas y referencias de tesis, libros, artículos científicos y artículos periodísticos.
- **Con respecto a la verdad**, los datos obtenidos en los resultados de los análisis en laboratorio serán evidenciados mediante fotografías y guías de laboratorio firmado por una autoridad competente.
- **Con respecto a la autonomía**, el autor empleará sus propias opiniones, criterios e interpretación de los datos teniendo como base a los antecedentes mencionados en el marco teórico.

- **Y, por último, con respecto al compromiso y la responsabilidad,** el autor asumirá todas las responsabilidades de esta investigación y se comprometerá a cumplir con todo lo estipulado en el procedimiento de la investigación.

## IV. RESULTADOS

Para la presentación de los resultados de la presente investigación se empleó la metodología seleccionada y descrita acápite arriba, en el cual se empleó la técnica e instrumentos adecuados para la recolección de datos con la población y muestra planteada.

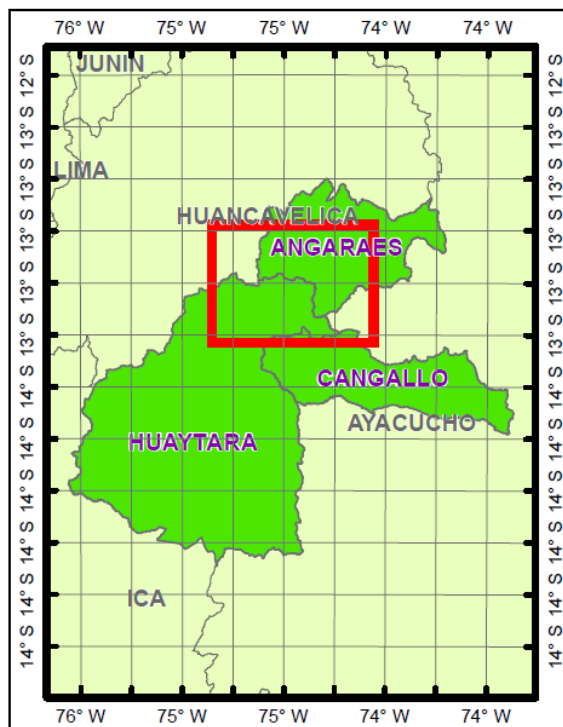
Cabe recalcar que el estudio realizado se basó en la afectación del aditivo químico cloruro de sodio, como variable independiente, en la conservación de la carretera departamental HV-116 tramo 59.914 – km 60.914, como variable dependiente. En el cual se manipulo la primera para conocer los efectos en la segunda.

De aquí en adelante se detalla los resultados obtenidos y algunos criterios empelados para su correcto desarrollo en base al procedimiento planteado.

### 4.1. Ámbito territorial

La presente investigación tuvo como ámbito territorial a la carretera departamental HV-116, específicamente el tramo que comprende desde la progresiva 59.914km a la progresiva 60.914km.

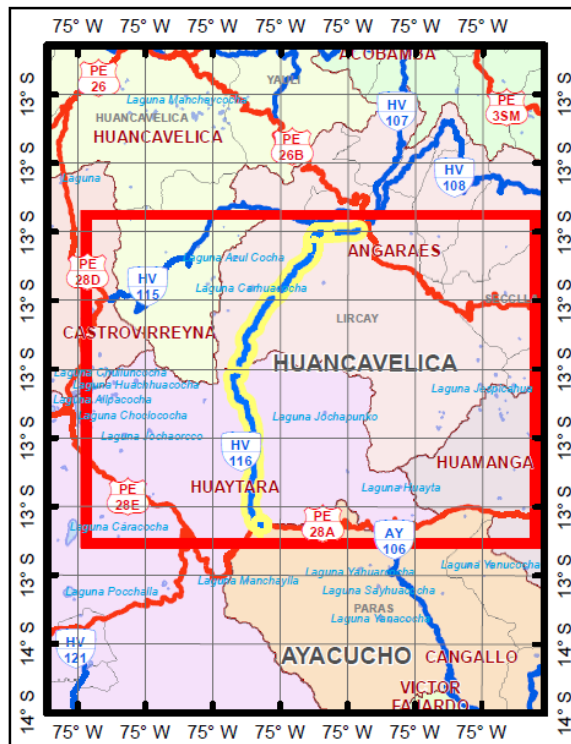
El camino departamental está ubicado en la región de Huancavelica, entre las provincias de Angaraes y Huaytara. En los mapas adjuntos se muestra la localización del área de estudio.



**Figura 11.** Mapa de ubicación de la carretera departamental HV-116

**Fuente:** adaptado de la página web:

[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/mapa-ruta-departamental.html](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mapa-ruta-departamental.html) (2021)



**Figura 12.** Mapa de localización de la carretera departamental HV-116  
**Fuente:** adaptado de la página web:  
[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/mapa-ruta-departamental.html](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mapa-ruta-departamental.html) (2021)

## 4.2. Reconocimiento del lugar y selección de los especímenes

### A. Antecedentes

Como primer procedimiento se inspecciono el área de estudio mediante la visita de la carretera departamental HV-116, que comprendió el tramo desde la progresiva 59.914 km hasta la progresiva 60.914km, en la visita se empleó la técnica de observación, detectando las deficiencias de la carretera a nivel de afirmado recabando fotografías y plasmando los datos en fichas de levantamiento de datos.

Así mismo, se seleccionó las muestras mediante excavación de 3 calicatas ubicadas en las progresivas 59.914km, 60.414km y 60.914km, procedimiento que estuvo acorde al conocimiento y criterio de los autores. Se seleccionó suficiente cantidad de material para su ensayo en laboratorio de mecánica de suelos.

### B. Plan de muestreo

- Se exploró la extensión del tramo mediante mapas de localización y revisión preliminar del área mediante documentación y vistas satelitales por un ordenador, referenciando los puntos clave.

- Luego de realizada la inspección del tramo se determinó el área de interés, el número de puntos de muestreo y la cantidad de muestra a extraer.
- El personal involucrado estuvo a cargo de los tesisistas y personal de apoyo de la zona, para facilitar el trabajo.
- Se dio una pequeña charla de medidas de seguridad durante el muestreo tanto para garantizar la integridad física del personal involucrado como para el manejo de las muestras
- Previo a la extracción de las muestras se revisó e instruyó las técnicas al personal de apoyo se verificó que el equipo e instrumentos empleados estén en condiciones óptimas, para obtener muestras representativas del suelo.

#### C. Instrumentos y equipo básico empleado

- Equipo de protección personal, como casco, zapato de seguridad, lentes de seguridad, respirador, chaleco multiuso, guantes entre otros.
- Palas manuales
- Charolas
- Bolsas herméticas
- Bolsas plásticas

### **4.3. Preparación y análisis de la muestra en laboratorio**

Luego de la selección de la muestra en campo se procedió a la custodia al laboratorio de mecánica de suelos, garantizando el cuidado respectivo para evitar su deterioro, de los cuales a continuación se detalla los resultados de los diferentes ensayos.

#### A. Resultados de los ensayos en la calicata "A" correspondiente al kilómetro 59.914km

- a. Resultados de la clasificación del suelo mediante los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP 339.134 (1999) y a la norma técnica internacional ASTM D 3282 (2004)



**Tabla 8.** Clasificación del suelo calicata "A"

| <b>CALICATA "A" Progresiva 59.914km</b>   |  |
|---|--|
| Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)   | ML-CL: Arcilla limosa y tipo grava con arena |
| Clasificación mediante la Asociación Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) | A-4: Suelo Limoso, regular a malo            |

**Fuente:** elaboración propia.

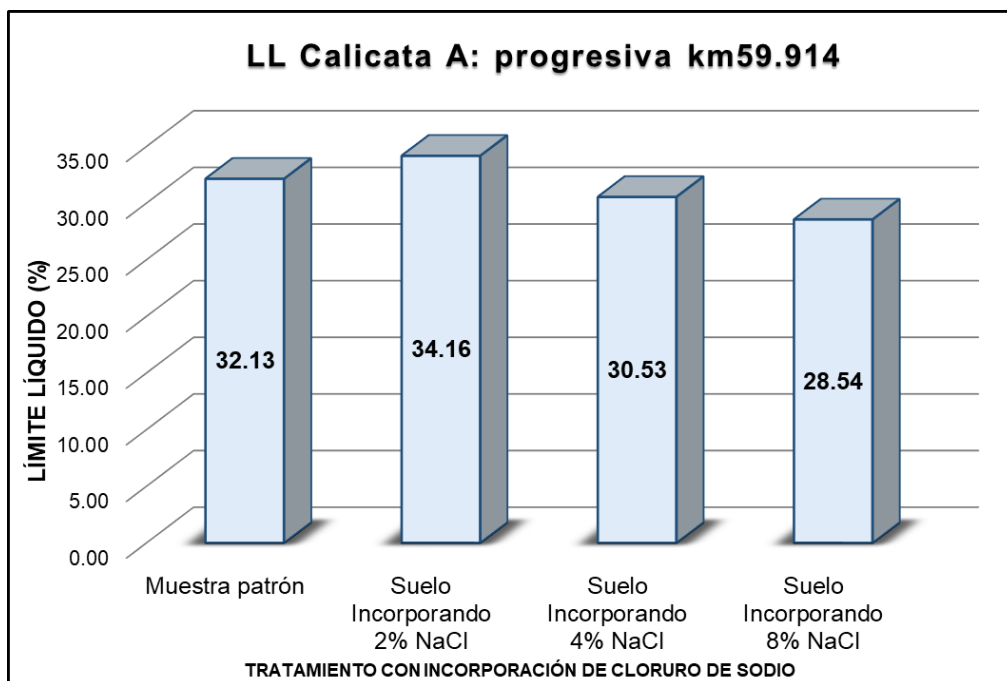
La tabla anterior muestra la clasificación del suelo mediante los sistemas SUCS y AASHTO, el primero denota un suelo ML-CL tipo arcilla limosa - grava arenosa y el segundo denota un suelo A-4 tipo limoso de regular a malo.

- b. Resultados de la consistencia del suelo mediante los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP 339.129 (1999).

**Tabla 9.** Limite liquido del suelo calicata "A"

| <b>Limite liquido</b>  |           |
|--|-----------|
| Descripción  | Resultado |
| Espécimen en estado natural. (muestra patrón)                | 29.38     |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 32.14     |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 28.15     |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 26.10     |

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 13.** Contenido del límite líquido de los especímenes de la calicata A

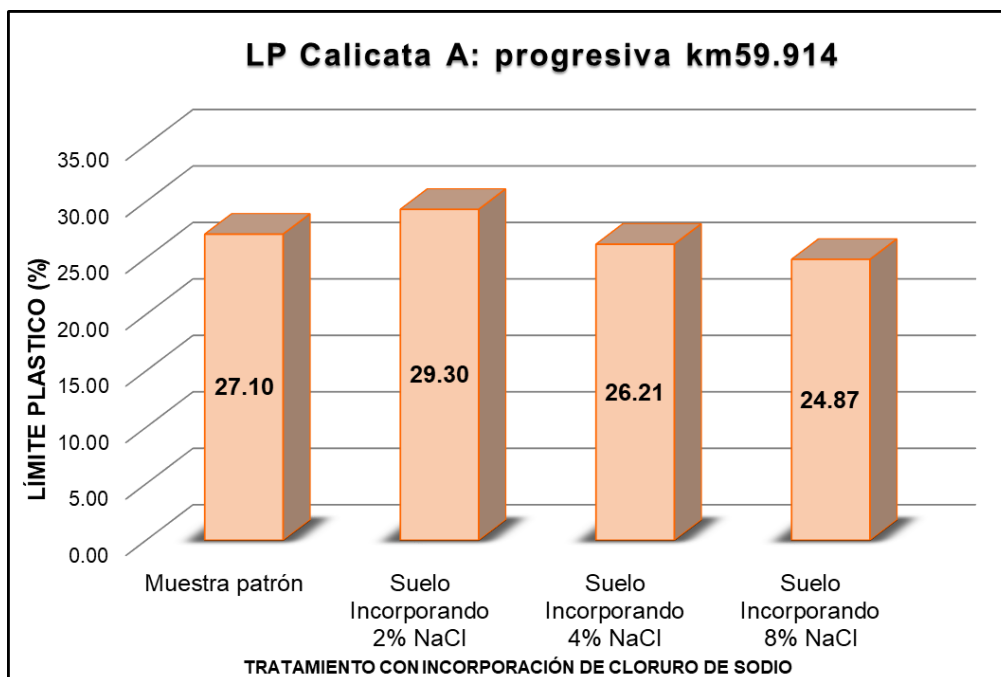
**Fuente:** elaboración propia

De la figura anterior se observa que el límite líquido de la muestra sin tratamiento es 32.13% mientras que al incorporar 2% de NaCl el límite líquido aumenta a 34.16%, mientras que al incorporar 4% y 6% de NaCl decrece a 30.53% y 28.54% respectivamente.

**Tabla 10.** Limite plástico del suelo calicata "A"

| <b>Límite plástico</b>                                       |           |
|--|-----------|
| Descripción  | Resultado |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 27.10     |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 29.30     |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 26.21     |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 24.87     |

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 14.** Contenido del límite plástico de los especímenes de la calicata A

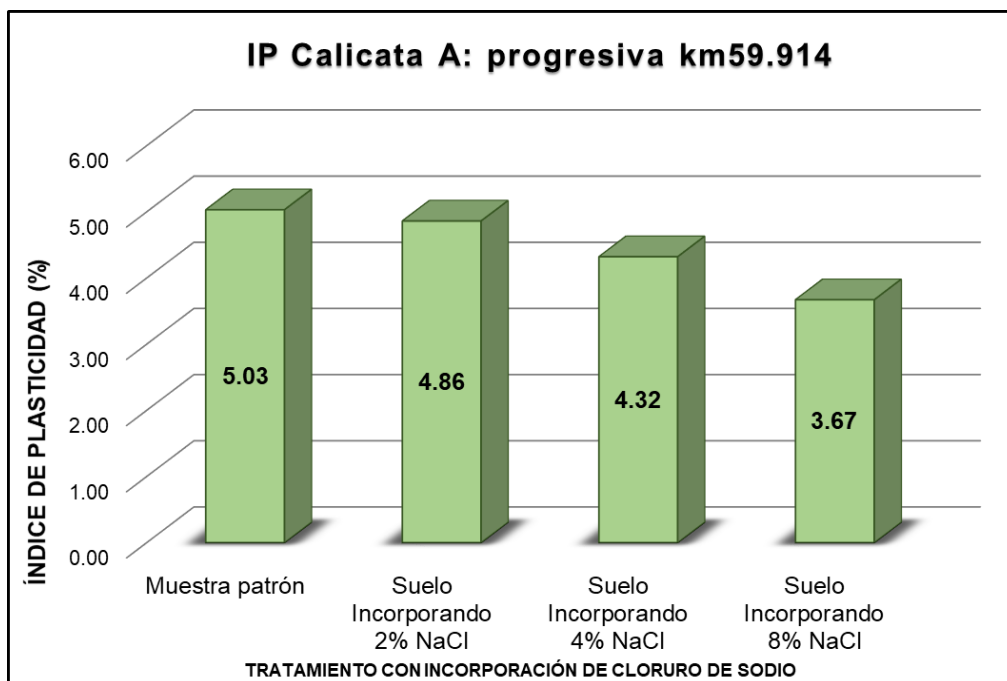
**Fuente:** elaboración propia

De la figura anterior se observa que el límite plástico de la muestra sin tratamiento es 27.10% mientras que al incorporar 2% de NaCl el límite plástico aumenta a 29.30%, mientras que al incorporar 4% y 6% de NaCl decrece a 26.21% y 24.87% respectivamente.

**Tabla 11.** Índice de plasticidad del suelo calicata "A"

| Índice de plasticidad  |           |
|--|-----------|
| Descripción  | Resultado |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 5.03      |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 4.86      |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 4.32      |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 3.67      |

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 15.** Índice de plasticidad de los especímenes de la calicata A

**Fuente:** elaboración propia

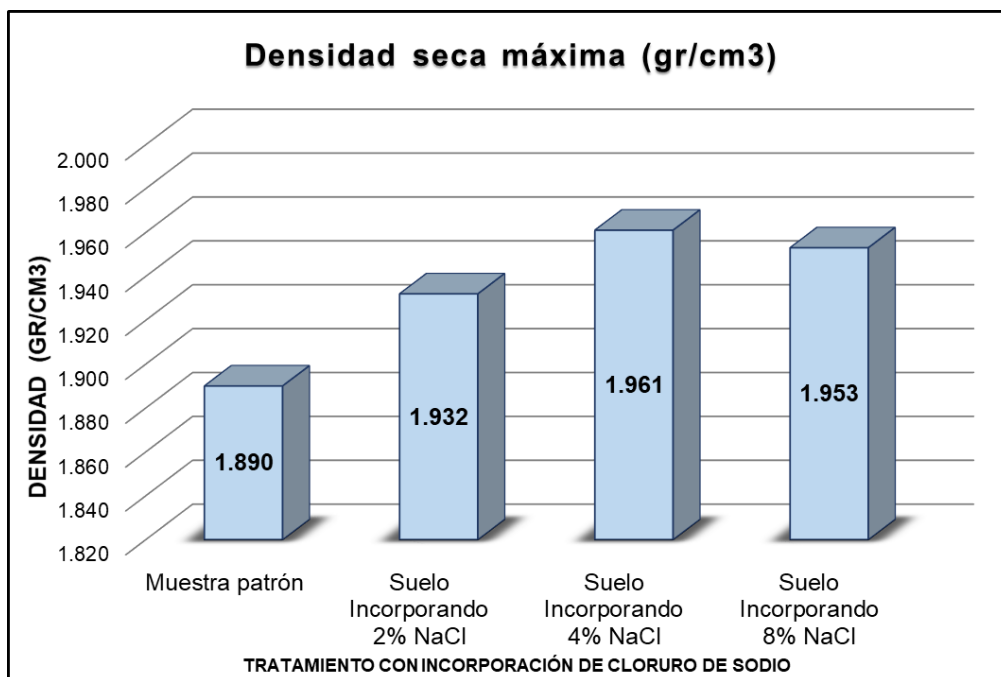
El índice de plasticidad viene definido por la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. De la figura anterior se observa que el índice de plasticidad de la muestra sin tratamiento es 5.03% y al incorporar cloruro de sodio, en cantidades de 2%, 4% y 6%, el índice de plasticidad disminuye en 4.86, 4.32 y 3.67% respectivamente.

- c. Resultados de la compactación en laboratorio, en base al lineamiento de la Norma Técnica Peruana NTP. 339.141 (1999)

**Tabla 12.** Densidad seca máxima del suelo calicata "A"

| <b>Máxima densidad seca</b>                                  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Descripción  | Resultado (gr/cm <sup>3</sup> ) |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 1.890                           |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 1.932                           |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 1.961                           |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 1.953                           |

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 16.** Densidad seca máxima de los especímenes de la calicata A

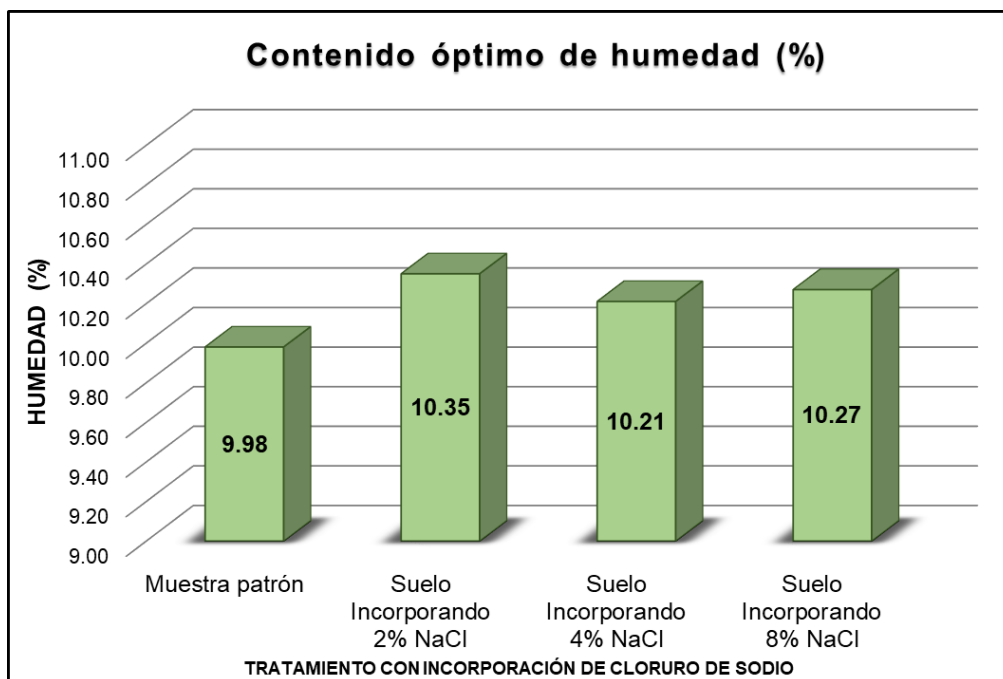
**Fuente:** elaboración propia

En la figura anterior se muestra el resultado de las densidades máximas de las muestras de la calicata A, se observa que la muestra patrón obtuvo 1.890 gr/cm<sup>3</sup> y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2% y 4% incrementa hasta 1.932 y 1.961 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, mientras que al incorporar 8% de NaCl aumenta a 1.953 gr/cm<sup>3</sup>, no obstante, decrece respecto a la incorporación de 4%.

**Tabla 13.** Óptimo contenido de humedad del suelo calicata "A"

| Óptimo contenido de humedad                                  |       |
|--|-------|
| Descripción  | OCH % |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 9.98  |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 10.35 |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 10.21 |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 10.27 |

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 17.** Contenido óptimo de humedad de los especímenes de la calicata A

**Fuente:** elaboración propia

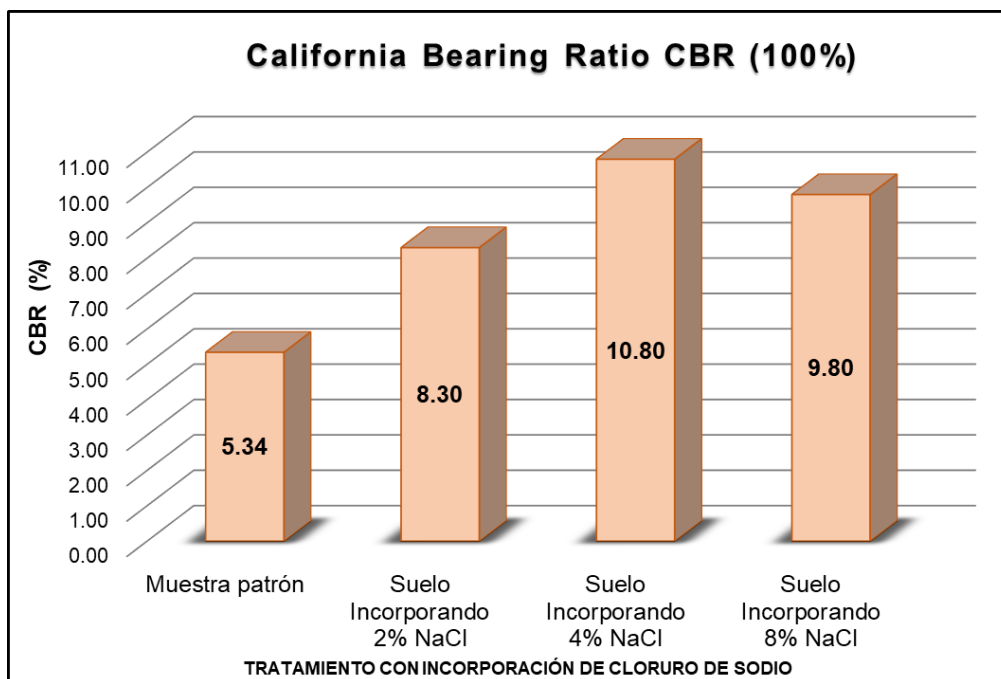
En la figura anterior se muestra el resultado del contenido de humedad óptimo de las muestras de la calicata A, se observa que la muestra patrón obtuvo 9.98% de contenido de humedad óptimo y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% y 6% resultó 10.35%, 10.21% y 10.27% de contenido de humedad óptimo, obteniendo mejor resultado con la incorporación de 4% de NaCl.

- d. Resultados del CBR (California Bearing Ratio) mediante los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP 339.145 (1999), al 100% y 95%.

**Tabla 14.** Relación de Soporte California al 100% del suelo calicata "A"

| <b>California Bearing Ratio CBR (100%)</b>                   |         |
|--|---------|
| Descripción  | CBR (%) |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 5.34    |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 8.30    |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 10.80   |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 9.80    |

**Fuente:** elaboración propia.



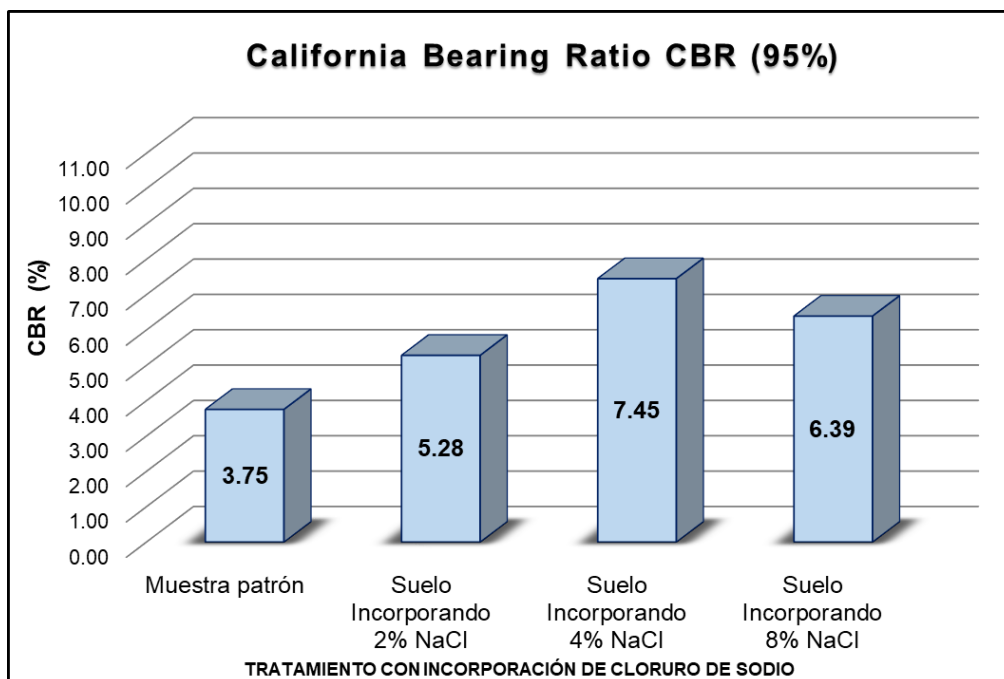
**Figura 18.** Relación de Soporte California al 100% de los especímenes de la calicata A  
**Fuente:** elaboración propia

En la figura anterior se muestra el resultado de la Relación de Soporte California al 100% de las muestras de la calicata A, se observa que la muestra patrón obtuvo 5.34% de CBR al 100% y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% y 6% resultó 8.30%, 10.80% y 9.80% de contenido de CBR al 100%, obteniendo mejor resultado con la incorporación de 4% de NaCl.

**Tabla 15.** Relación de Soporte California al 95% del suelo calicata "A"

| California Bearing Ratio CBR (95%)                          |         |
|---|---------|
| Descripción   | CBR (%) |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                | 3.75    |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl | 5.28    |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl | 7.45    |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl | 6.39    |

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 19.** Relación de Soporte California al 95% de los especímenes de la calicata A  
**Fuente:** elaboración propia

En la figura anterior se muestra el resultado de la Relación de Soporte California al 95% de las muestras de la calicata A, se observa que la muestra patrón obtuvo 3.75% de CBR al 95% y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% y 6% resulto 5.28%, 7.45% y 6.39% de contenido de CBR al 95%, obteniendo mejor resultado con la incorporación de 4% de NaCl.

**B. Resultados de los ensayos en la prospección del kilómetro 60.414km**

- a. Resultados de la clasificación del suelo mediante los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP 339.134 (1999) y a la norma técnica internacional ASTM D 3282 (2004)

**Tabla 16.** Clasificación del suelo calicata "B"

| <b>CALICATA "B" PROGRESIVA 59.914km</b>   |  |
|---|--|
| Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)   | CL: Arcilla ligera, tipo grava con arena |
| Clasificación mediante la Asociación Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) | A-6: Suelo arcilloso, regular a malo     |

**Fuente:** elaboración propia.



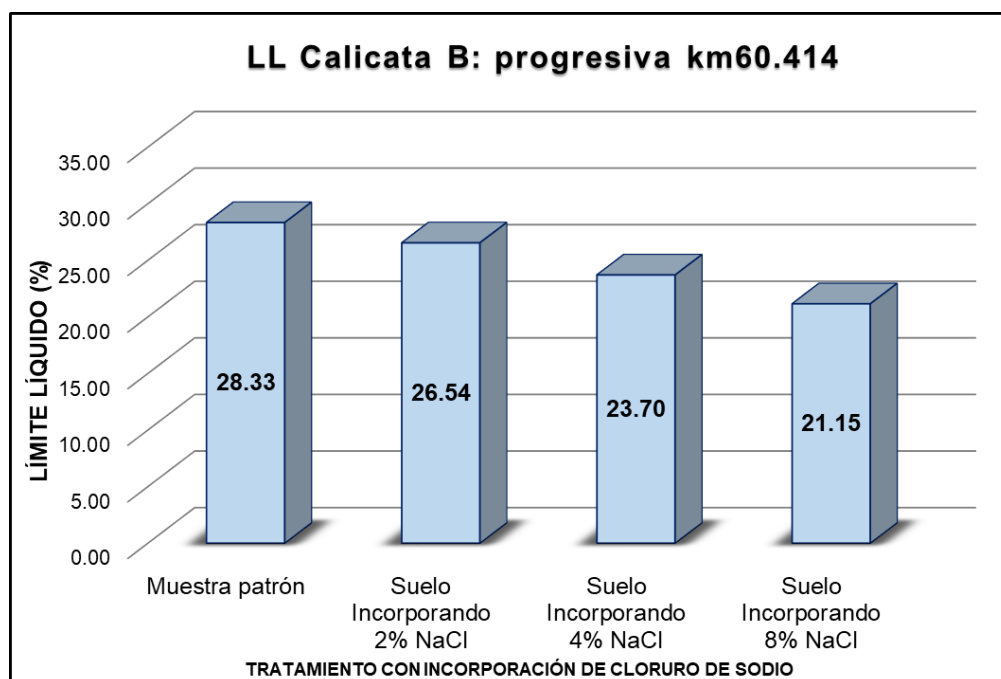
La tabla anterior muestra la clasificación del suelo mediante los sistemas SUCS y AASHTO, el primero denota un suelo CL tipo arcilla ligera - grava arena y el segundo denota un suelo A-6 tipo suelo arcilloso de regular a malo.

b. Resultados de la consistencia del suelo mediante los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP 339.129 (1999).

**Tabla 17.** Limite liquido del suelo calicata "B"

| <b>Límite líquido</b>                                       |           |
|---|-----------|
| Descripción   | Resultado |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                | 28.33     |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl | 26.54     |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl | 23.70     |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl | 21.15     |

Fuente: elaboración propia.



**Figura 20.** Contenido del límite líquido de los especímenes de la calicata B

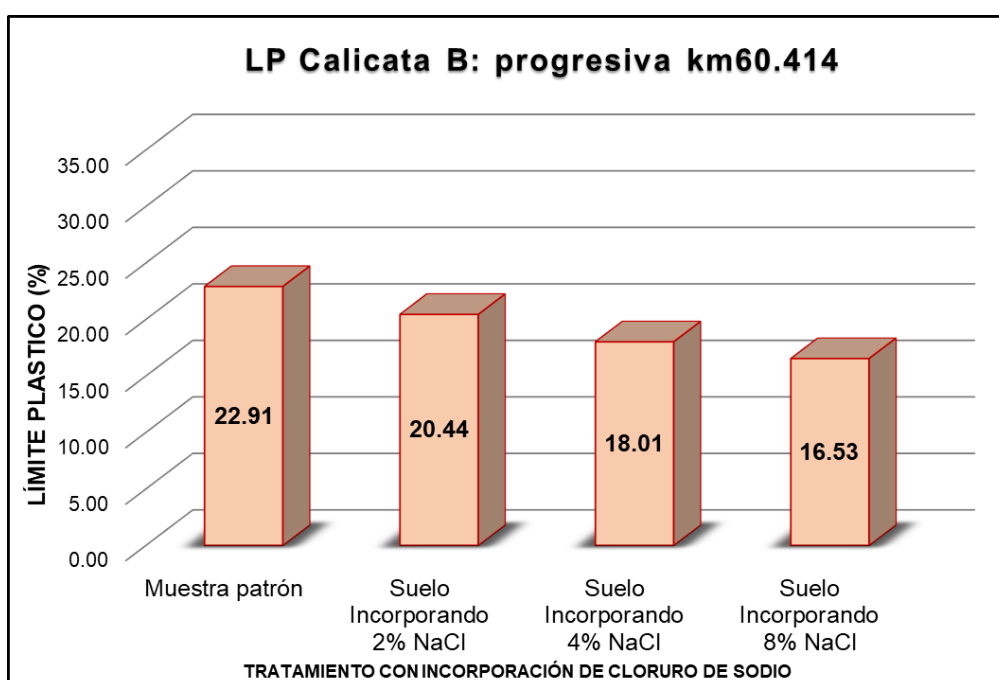
Fuente: elaboración propia

De la figura anterior se observa que el límite líquido de la muestra sin tratamiento es 28.33% mientras que al incorporar cloruro de sodio NaCl el límite líquido aumenta a 26.54%, 23.70% y 21.15 en cantidades de 2%, 4% y 6% respectivamente.

**Tabla 18.** Limite plástico del suelo calicata "B"

| <b>Límite plástico</b>                                       |           |
|--|-----------|
| Descripción  | Resultado |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 22.91     |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 20.44     |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 18.01     |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 16.53     |

Fuente: elaboración propia.



**Figura 21.** Contenido del límite plástico de los especímenes de la calicata B

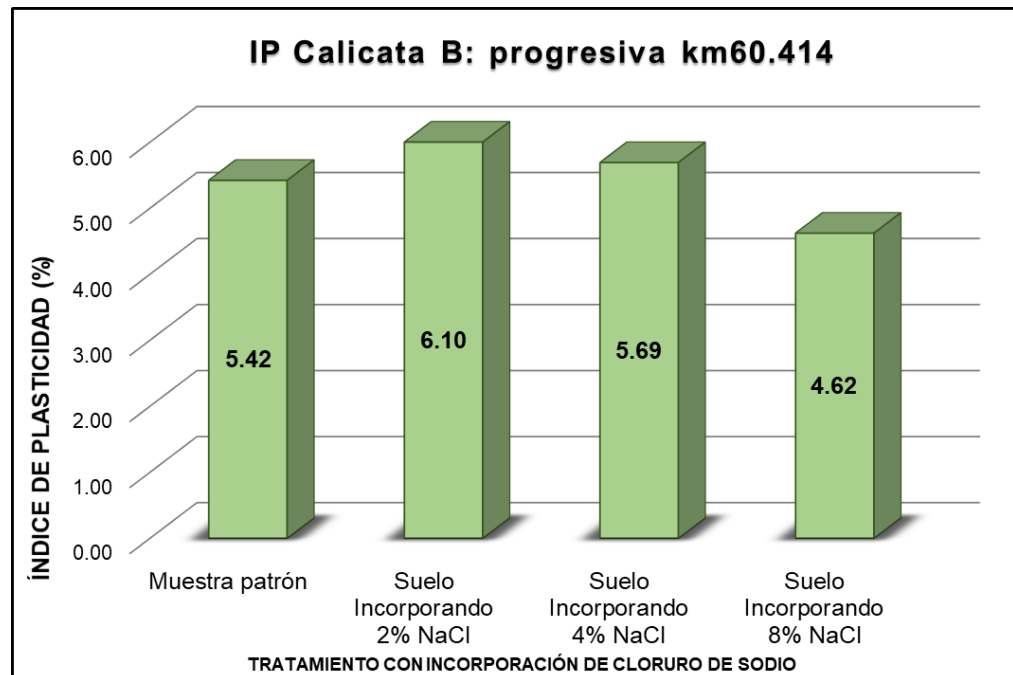
Fuente: elaboración propia

De la figura anterior se observa que el límite plástico de la muestra sin tratamiento es 22.91% mientras que al incorporar cloruro de sodio en cantidades del 2%, 4% y 6% disminuye progresivamente a 20.44%, 18.01% y 16.53% respectivamente.

**Tabla 19.** Índice de plasticidad del suelo calicata "B"

| <b>Índice de plasticidad</b>                                |           |
|---|-----------|
| Descripción   | Resultado |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                | 5.42      |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl | 6.10      |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl | 5.69      |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl | 4.62      |

Fuente: elaboración propia.



**Figura 22.** Índice de plasticidad de los especímenes de la calicata B

Fuente: elaboración propia

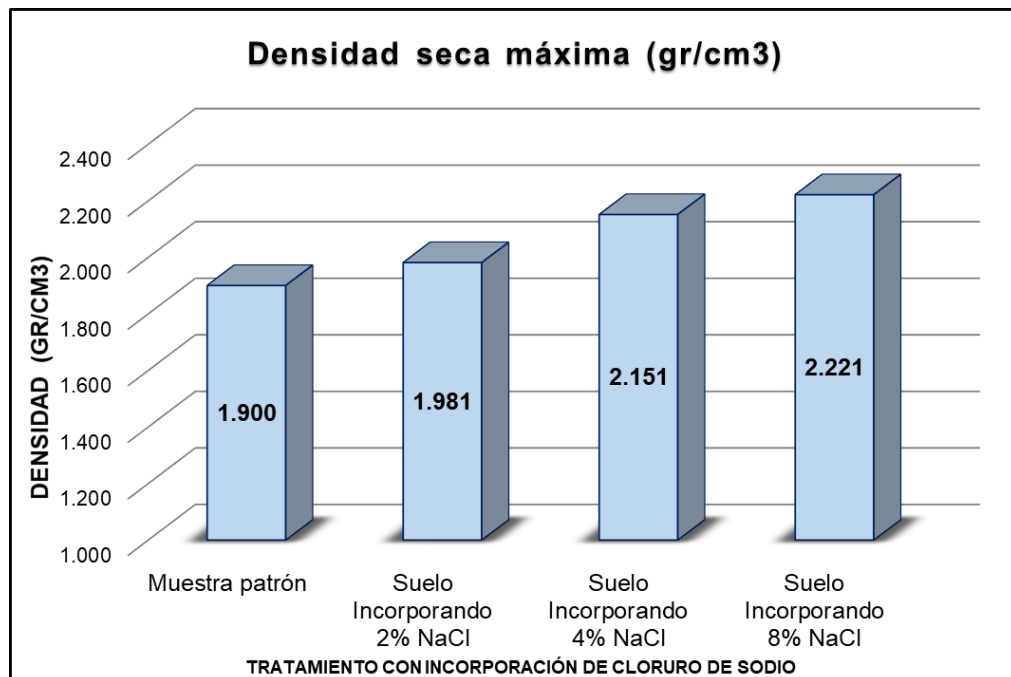
El índice de plasticidad viene definido por la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. De la figura anterior se observa que el índice de plasticidad de la muestra sin tratamiento es 5.42% y al incorporar cloruro de sodio, en cantidades de 2%, 4% y 6%, el índice de plasticidad resulta en 6.10%, 5.69% y 4.62% respectivamente, disminuyendo progresivamente.

- c. Resultados de la compactación en laboratorio, en base al lineamiento de la Norma Técnica Peruana NTP. 339.141 (1999)

**Tabla 20.** Densidad seca máxima del suelo calicata "B"

| <b>Máxima densidad seca</b>                                  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Descripción  | Resultado (gr/cm <sup>3</sup> ) |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 1.900                           |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 1.981                           |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 2.151                           |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 2.221                           |

Fuente: elaboración propia.



**Figura 23.** Densidad seca máxima de los especímenes de la calicata B

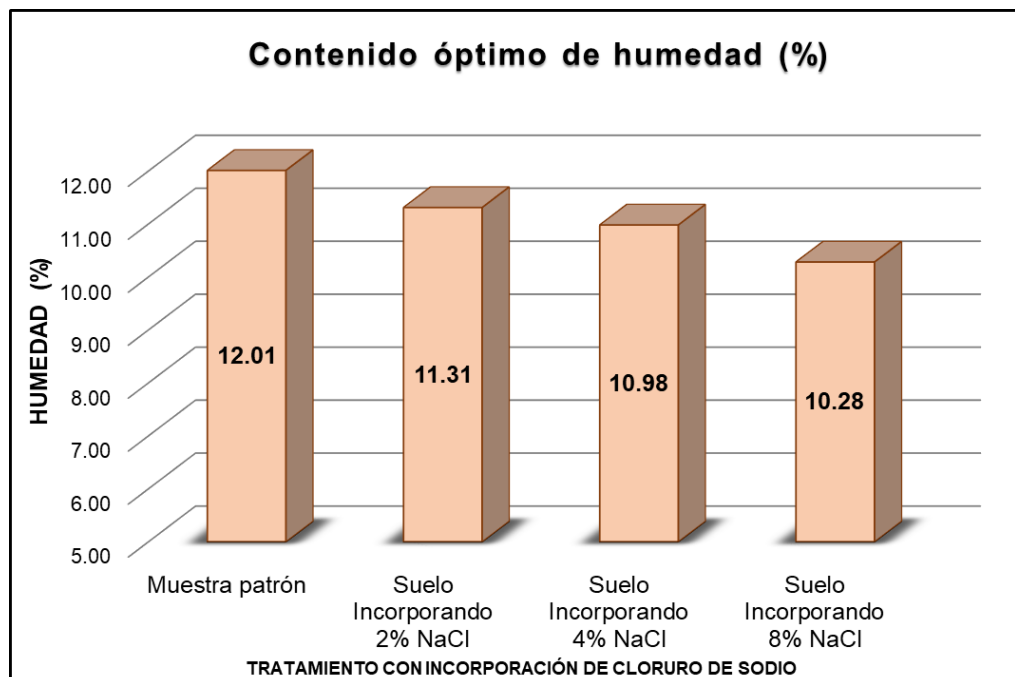
Fuente: elaboración propia

En la figura anterior se muestra el resultado de las densidades secas máximas de las muestras de la calicata B, se observa que la muestra patrón obtuvo 1.900 gr/cm<sup>3</sup> y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% Y 6% incrementa hasta 1.981, 2.151 y 2.221 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, siendo un notorio incremento en las densidades secas máximas.

**Tabla 21.** Optimo contenido de humedad del suelo calicata "B"

| <b>Óptimo contenido de humedad</b>                           |       |
|--|-------|
| Descripción  | COH % |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 12.01 |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 11.31 |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 10.98 |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 10.28 |

Fuente: elaboración propia.



**Figura 24.** Contenido óptimo de humedad de los especímenes de la calicata B

Fuente: elaboración propia

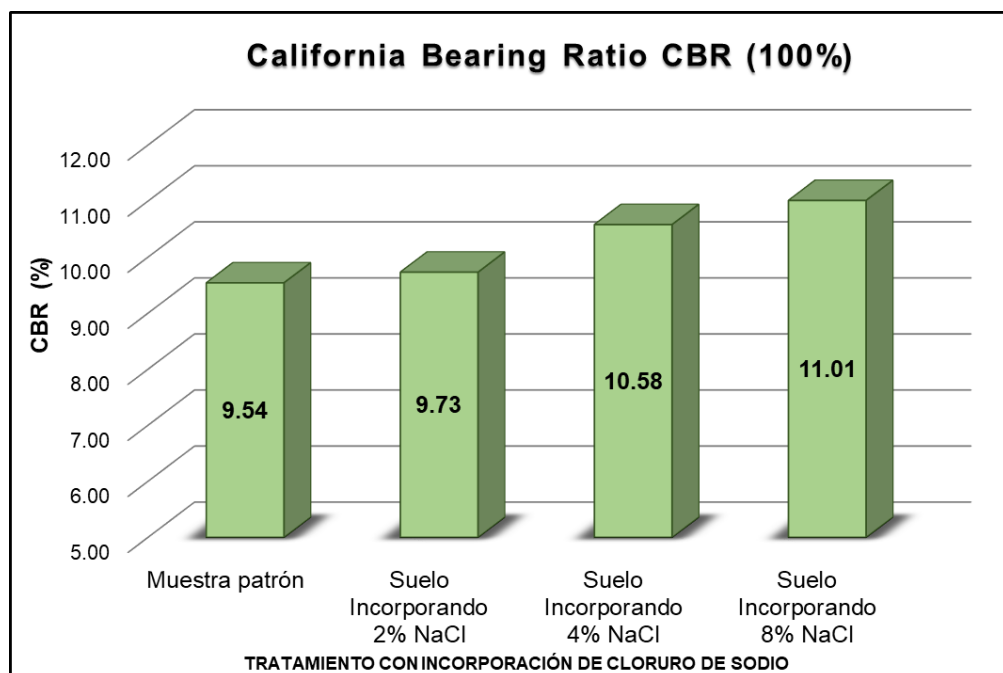
En la figura anterior se muestra el resultado del contenido de humedad óptimo de las muestras de la calicata B, se observa que la muestra patrón obtuvo 12.01% de contenido de humedad óptimo y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% y 6% decreció gradualmente resultando 11.31%, 10.98% y 10.28% de contenido de humedad óptimo.

- d. Resultados del CBR (California Bearing Ratio) mediante los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP 339.145 (1999), al 100% y 95%.

**Tabla 22.** Relación de Soporte California al 100% del suelo calicata "B"

| <b>California Bearing Ratio CBR (100%)</b>                   |         |
|--|---------|
| Descripción  | CBR (%) |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 9.54    |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 9.73    |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 10.58   |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 11.01   |

Fuente: elaboración propia.



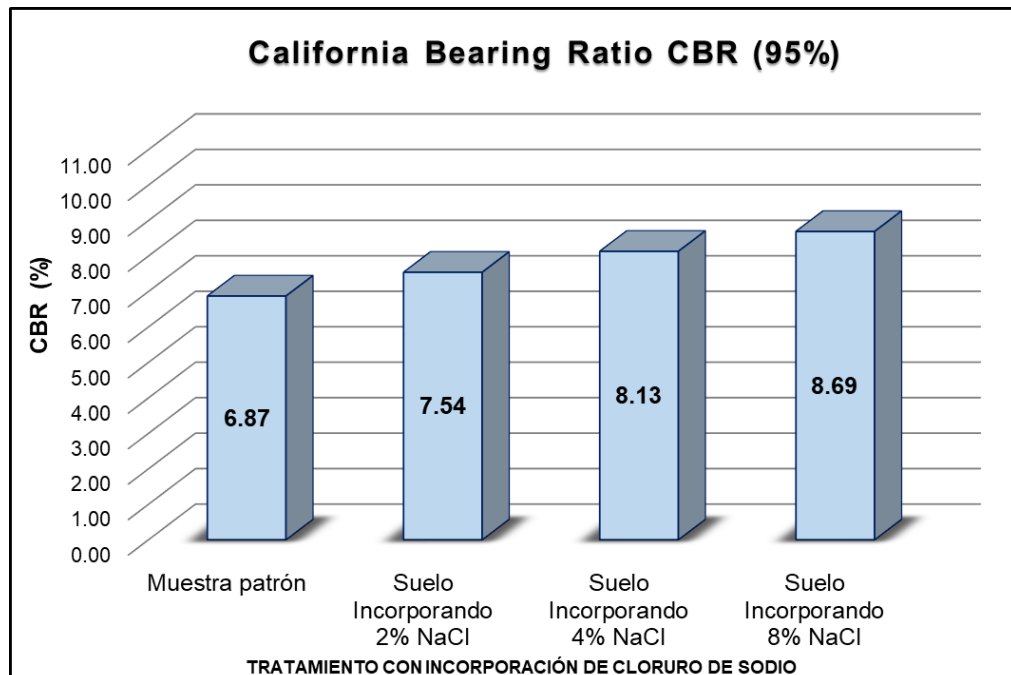
**Figura 25.** Relación de Soporte California al 100% de los especímenes de la calicata B  
Fuente: elaboración propia

En la figura anterior se muestra el resultado de la Relación de Soporte California al 100% de las muestras de la calicata B, se observa que la muestra patrón obtuvo 9.54% de CBR al 100% y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% y 6% resulto 9.73%, 10.58% y 11.01% de contenido de CBR al 100%.

**Tabla 23.** Relación de Soporte California al 95% del suelo calicata "B"

| <b>California Bearing Ratio CBR (95%)</b>                   |         |
|---|---------|
| Descripción   | CBR (%) |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                | 6.87    |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl | 7.54    |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl | 8.13    |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl | 8.69    |

Fuente: elaboración propia.



**Figura 26.** Relación de Soporte California al 95% de los especímenes de la calicata B

Fuente: elaboración propia

En la figura anterior se muestra el resultado de la Relación de Soporte California al 95% de las muestras de la calicata B, se observa que la muestra patrón obtuvo 6.87% de CBR al 95% y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% y 6% resultó 7.54%, 8.13% y 8.69% de contenido de CBR al 95%.

- C. Resultados de los ensayos en la prospección del kilómetro 60.914km
- a. Resultados de la clasificación del suelo mediante los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP 339.134 (1999) y a la norma técnica internacional ASTM D 3282 (2004)

**Tabla 24.** Clasificación del suelo calicata "C"

| <b>CALICATA "C" PROGRESIVA 60.914km</b>   |                               |
|---|-------------------------------|
| Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)   | SC: Arenas arcillosas         |
| Clasificación mediante la Asociación Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) | A-2-4: Arcilla y arena limosa |

**Fuente:** elaboración propia.

La tabla anterior muestra la clasificación del suelo mediante los sistemas SUCS y AASHTO, el primero denota un suelo SC tipo arena arcillosa y el segundo denota un suelo A-2-4 tipo suelo arcilloso con arena limosa.

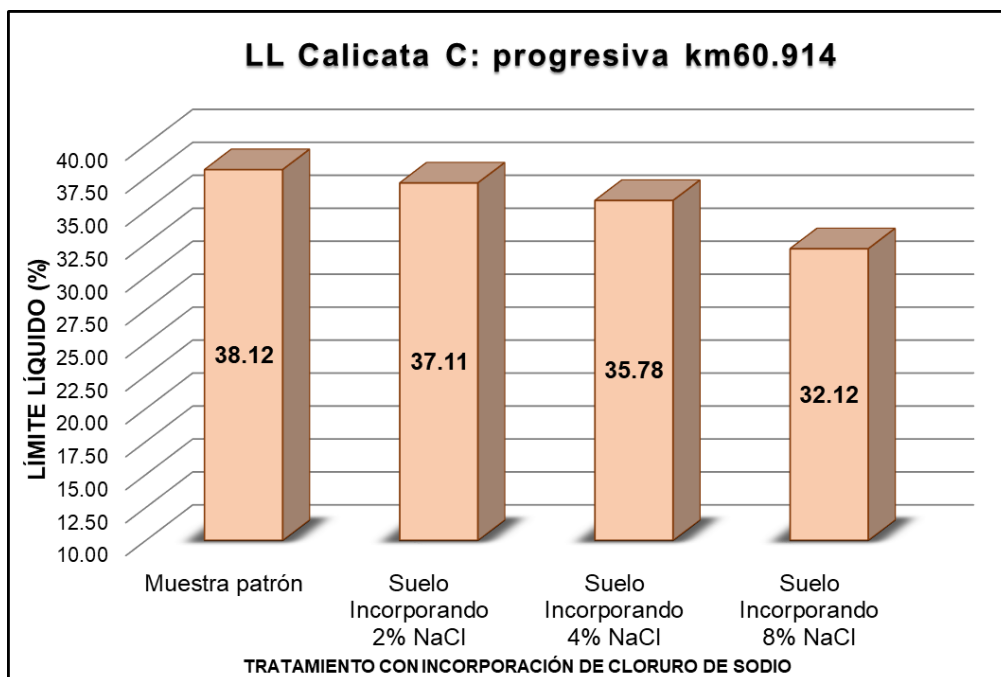
- a. Resultados de la consistencia del suelo mediante los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP 339.129 (1999).

**Tabla 25.** Limite liquido del suelo calicata "B"

| <b>Límite líquido</b>  |           |
|--|-----------|
| Descripción  | Resultado |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 38.12     |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 37.11     |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 35.78     |
| Especimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 32.12     |

**Fuente:** elaboración propia.





**Figura 27.** Contenido del límite líquido de los especímenes de la calicata C

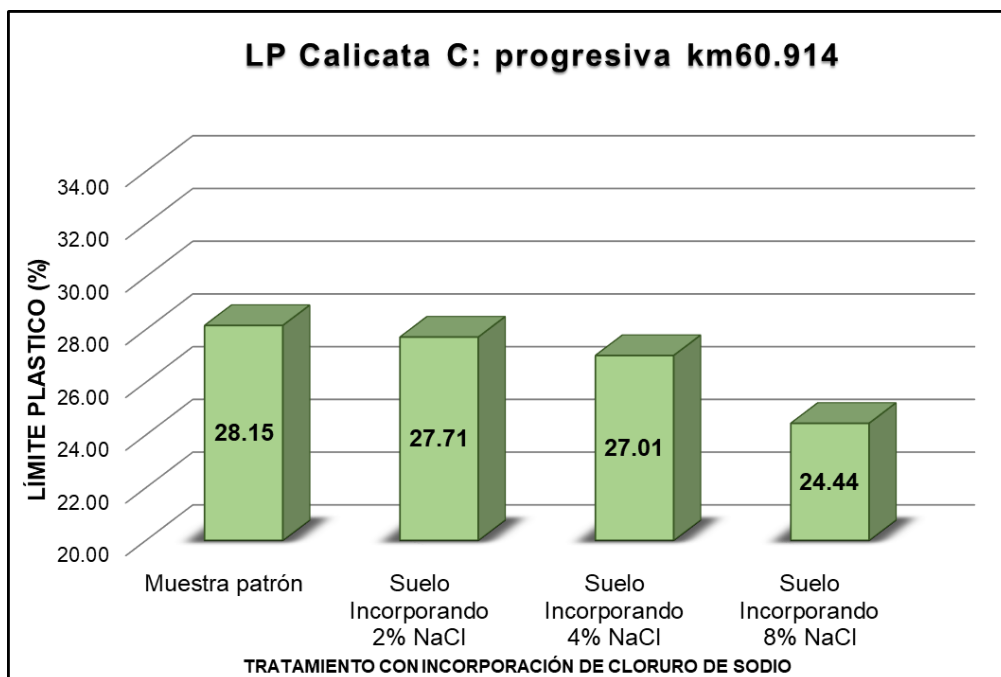
**Fuente:** elaboración propia

De la figura anterior se observa que el límite líquido de la muestra sin tratamiento es 38.12% mientras que al incorporar cloruro de sodio NaCl el límite líquido aumenta a 37.11%, 35.78% y 32.12% en cantidades de 2%, 4% y 6% respectivamente.

**Tabla 26.** Limite plástico del suelo calicata "C"

| <b>Límite plástico</b>                                       |           |
|--|-----------|
| Descripción  | Resultado |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 28.15     |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 27.71     |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 27.01     |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 24.44     |

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 28.** Contenido del límite plástico de los especímenes de la calicata C

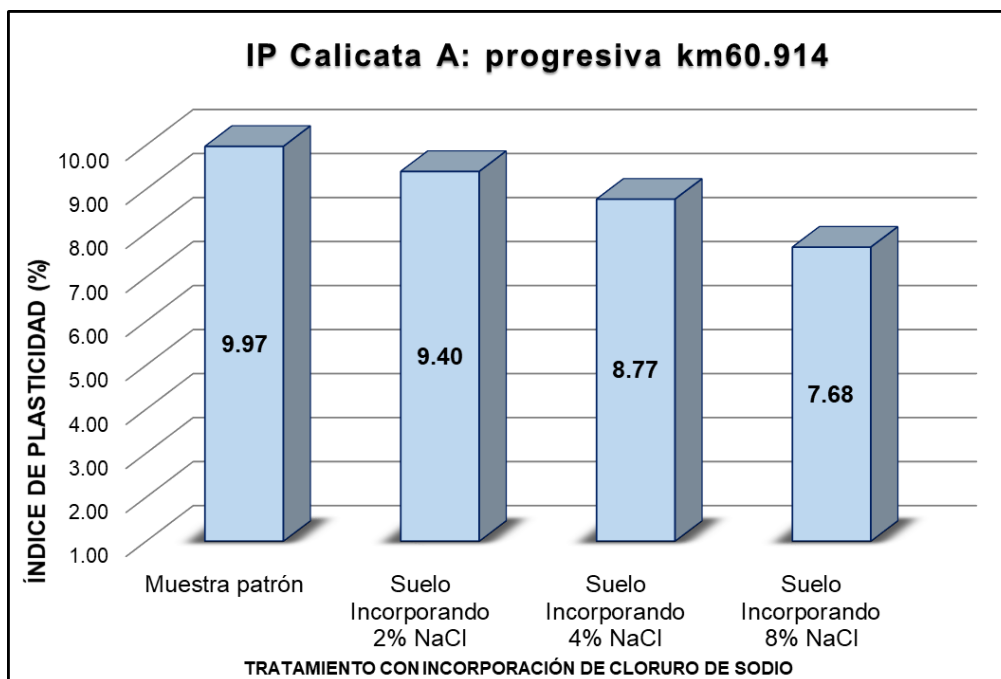
**Fuente:** elaboración propia

De la figura anterior se observa que el límite plástico de la muestra sin tratamiento es 32.15% mientras que al incorporar cloruro de sodio en cantidades del 2%, 4% y 6% disminuye progresivamente a 27.71%, 27.01% y 24.44% respectivamente.

**Tabla 27.** Índice de plasticidad del suelo calicata "C"

| <b>Índice de plasticidad</b>                                 |           |
|--|-----------|
| Descripción  | Resultado |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 9.97      |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 9.40      |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 8.77      |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 7.68      |

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 29.** Índice de plasticidad de los especímenes de la calicata C

**Fuente:** elaboración propia

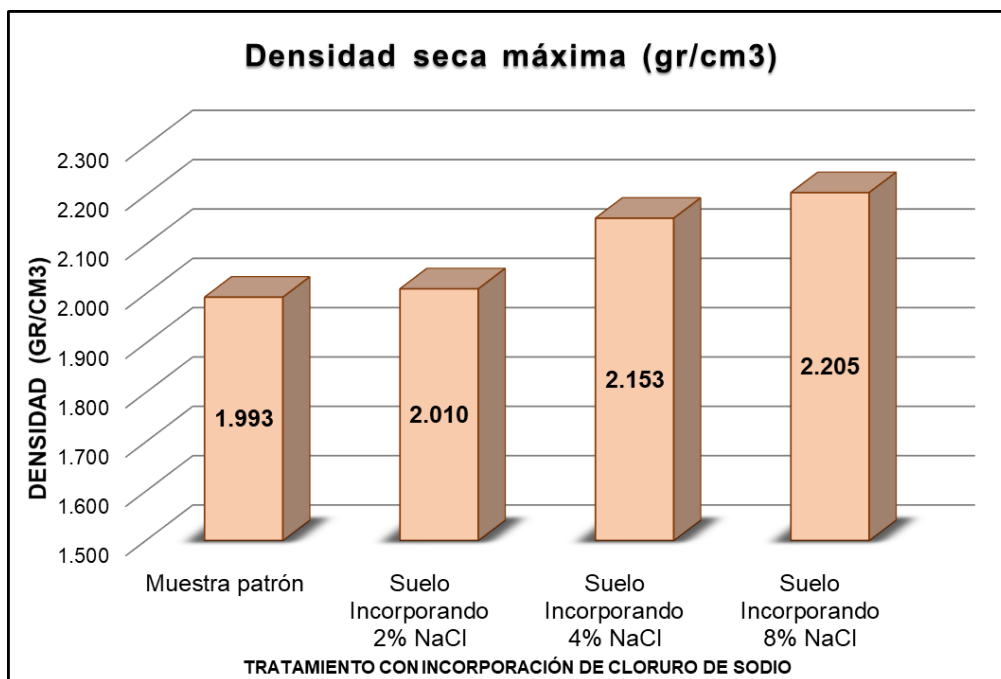
El índice de plasticidad viene definido por la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. De la figura anterior se observa que el índice de plasticidad de la muestra sin tratamiento es 5.97% y al incorporar cloruro de sodio, en cantidades de 2%, 4% y 6%, el índice de plasticidad resulta en 9.40%, 8.77% y 7.68% respectivamente, disminuyendo progresivamente.

- b. Resultados de la compactación en laboratorio, en base al lineamiento de la Norma Técnica Peruana NTP. 339.141 (1999)

**Tabla 28.** Densidad seca máxima del suelo calicata "C"

| <b>Máxima densidad seca</b>                                  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Descripción  | Resultado (gr/cm <sup>3</sup> ) |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 1.993                           |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 2.010                           |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 2.153                           |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 2.205                           |

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 30.** Densidad seca máxima de los especímenes de la calicata C

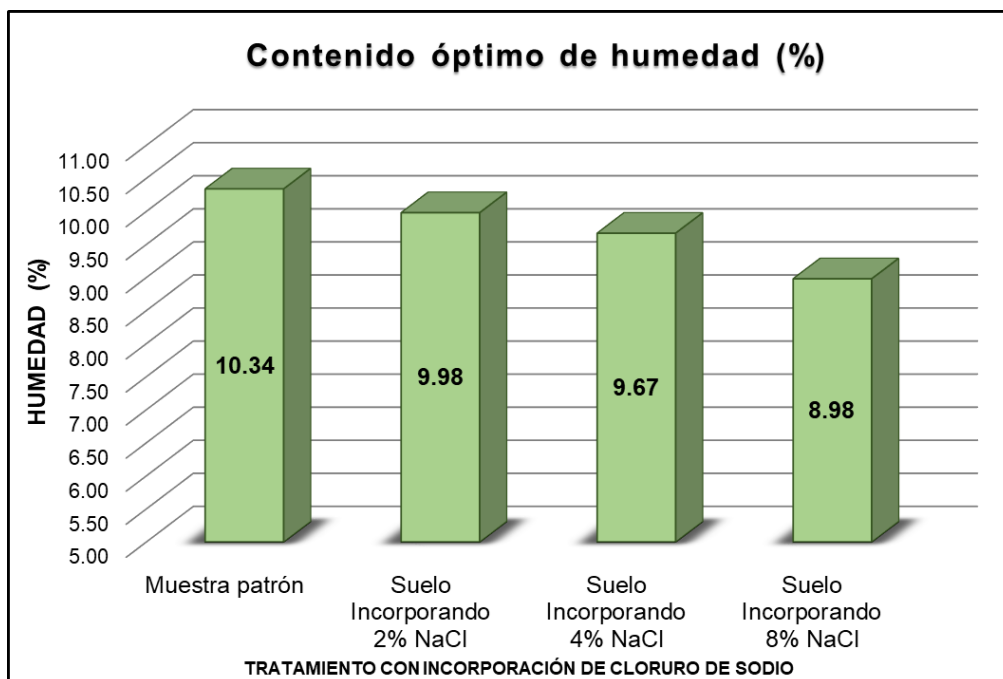
**Fuente:** elaboración propia

En la figura anterior se muestra el resultado de las densidades secas máximas de las muestras de la calicata C, se observa que la muestra patrón obtuvo 1.993 gr/cm<sup>3</sup> y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% Y 6% incrementa hasta 2.010, 2.153 y 2.205 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, siendo un notorio incremento en las densidades secas máximas.

**Tabla 29.** Óptimo contenido de humedad del suelo calicata "C"

| <b>Óptimo contenido de humedad</b>                           |       |
|--|-------|
| Descripción  | COH % |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 10.34 |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 9.98  |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 9.67  |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 8.98  |

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 31.** Contenido óptimo de humedad de los especímenes de la calicata C

**Fuente:** elaboración propia

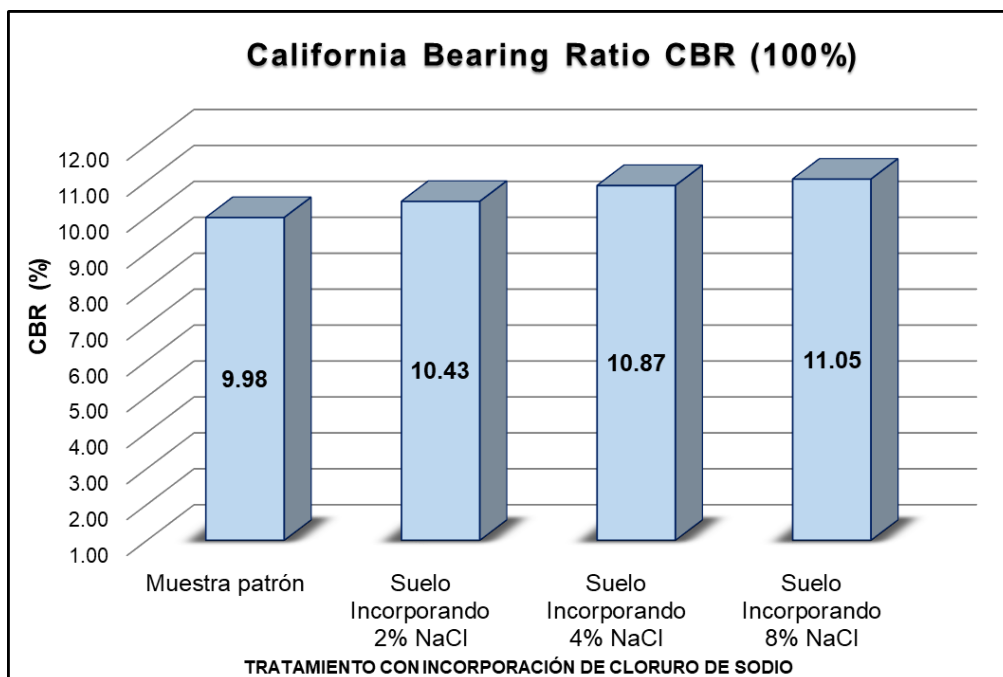
En la figura anterior se muestra el resultado del contenido de humedad óptimo de las muestras de la calicata C, se observa que la muestra patrón obtuvo 10.34% de contenido de humedad óptimo y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% y 6% decreció gradualmente resultando 9.98%, 9.67% y 8.98% de contenido de humedad óptimo.

- c. Resultados del CBR (California Bearing Ratio) mediante los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP 339.145 (1999), al 100% y 95%.

**Tabla 30.** Relación de Soporte California al 100% del suelo calicata "B"

| <b>California Bearing Ratio CBR (100%)</b>                   |         |
|--|---------|
| Descripción  | CBR (%) |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 9.98    |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 10.43   |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 10.87   |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 11.05   |

**Fuente:** elaboración propia.



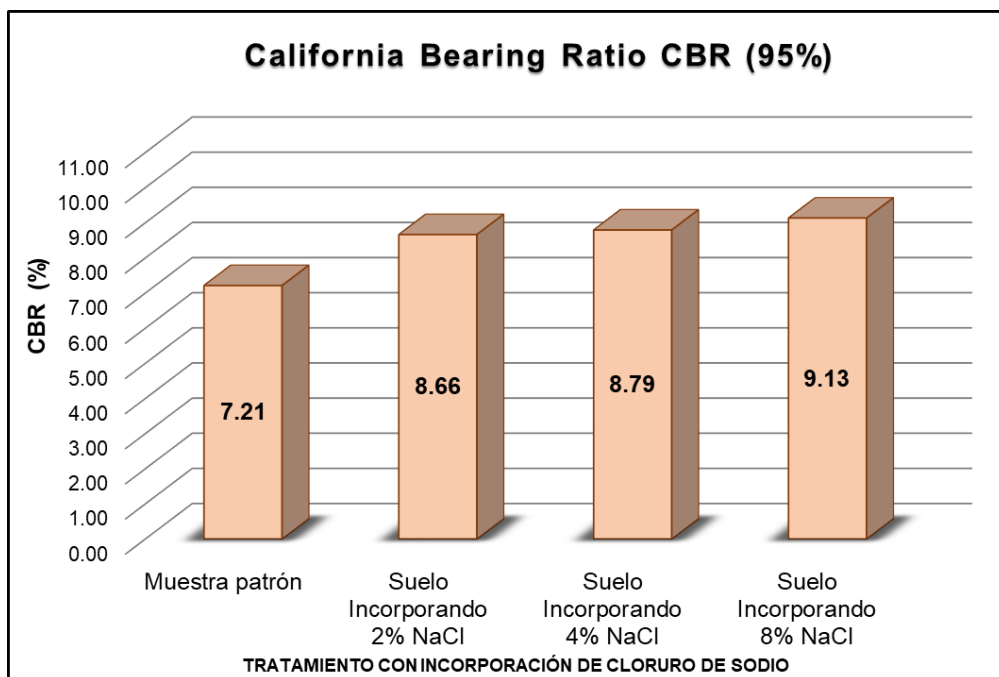
**Figura 32.** Relación de Soporte California al 100% de los especímenes de la calicata C  
**Fuente:** elaboración propia

En la figura anterior se muestra el resultado de la Relación de Soporte California al 100% de las muestras de la calicata C, se observa que la muestra patrón obtuvo 9.98% de CBR al 100% y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% y 6% resulto 10.43%, 10.87% y 11.05% de contenido de CBR al 100%.

**Tabla 31.** Relación de Soporte California al 95% del suelo calicata "C"

| California Bearing Ratio CBR (95%)                           |         |
|--|---------|
| Descripción  | CBR (%) |
| Espécimen en estado natural (muestra patrón)                 | 7.21    |
| Espécimen con incorporación del 2% de cloruro de sodio NaCl. | 8.66    |
| Espécimen con incorporación del 4% de cloruro de sodio NaCl. | 8.79    |
| Espécimen con incorporación del 6% de cloruro de sodio NaCl. | 9.13    |

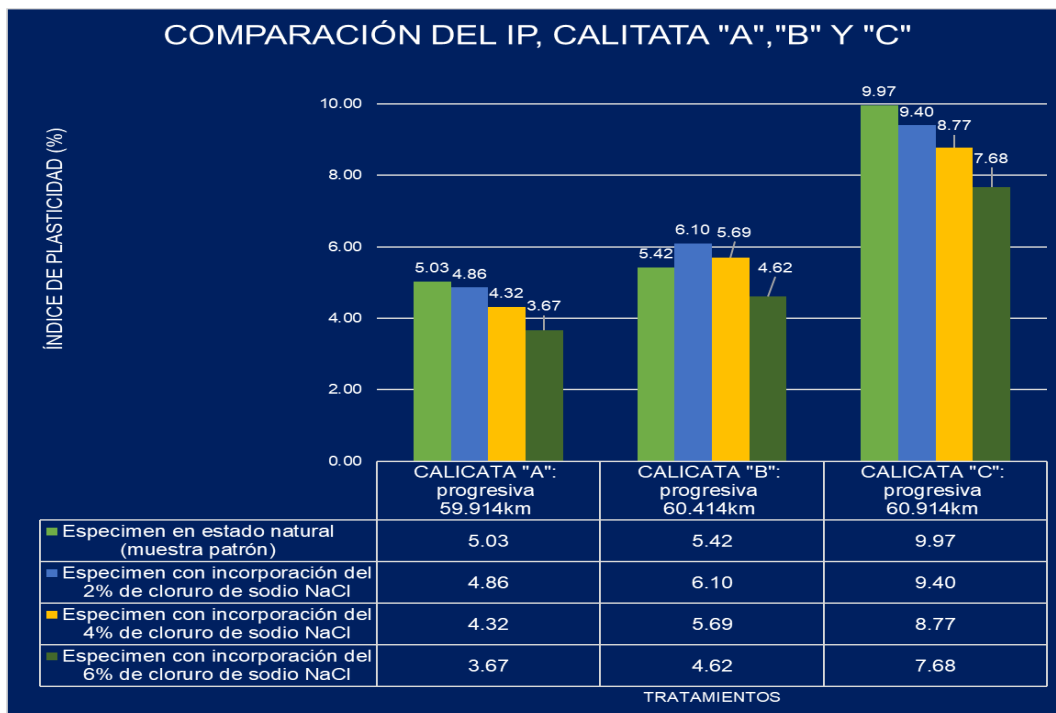
**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 33.** Relación de Soporte California al 95% de los especímenes de la calicata C  
**Fuente:** elaboración propia

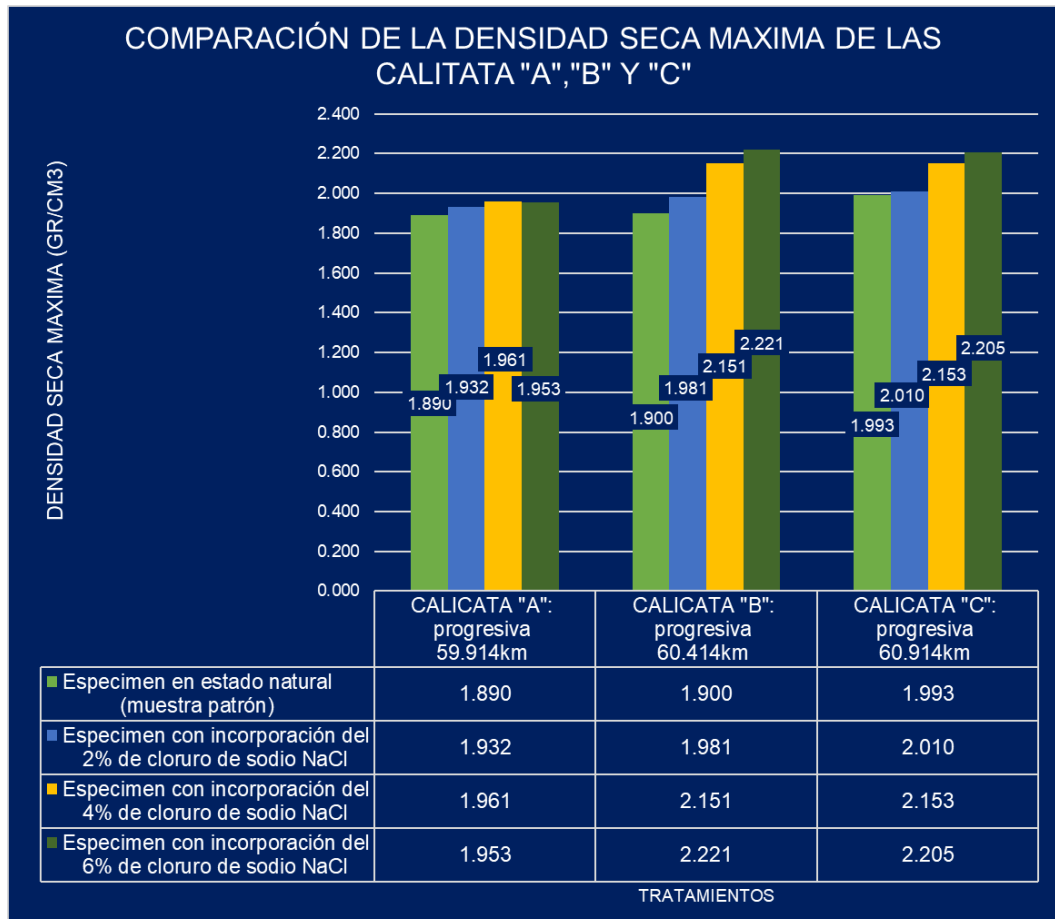
En la figura anterior se muestra el resultado de la Relación de Soporte California al 95% de las muestras de la calicata C, se observa que la muestra patrón obtuvo 7.21% de CBR al 95% y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% y 6% resultó 8.66%, 8.79% y 9.13% de contenido de CBR al 95%.

D. Comparación de los resultados obtenidos de las tres calicatas.



**Figura 34.** Resultados del índice de plasticidad de los especímenes de las calicatas A, B y C  
**Fuente:** elaboración propia

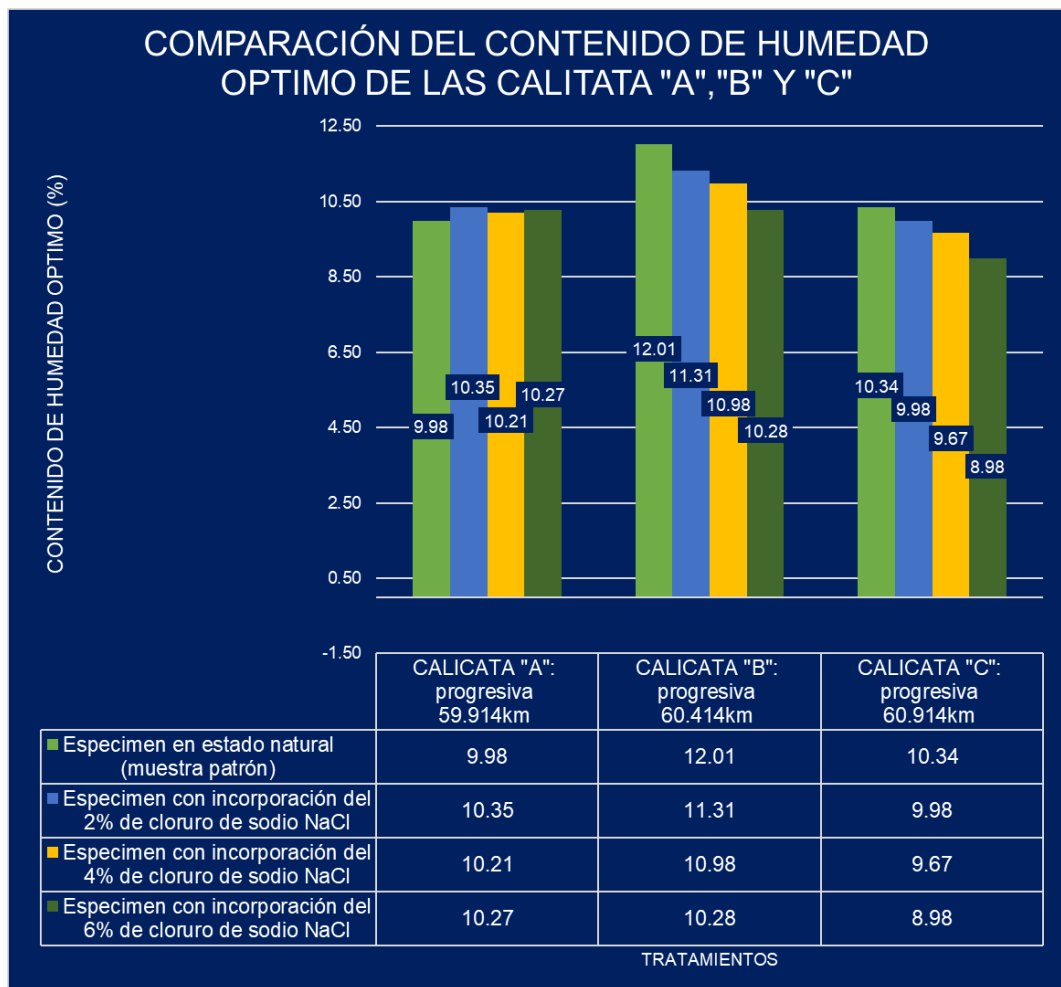
En la figura anterior se observa el resultado del índice de plasticidad de los especímenes de las calicatas A, B y C. Se puede observar que al incorporar 2%, 4% y 6% de cloruro de sodio NaCl la plasticidad se reduce gradualmente en todas las muestras, no obstante, hay un cierto crecimiento en la calicata B, al incorporar 2% y 4% de NaCl, respecto a la muestra patrón.



**Figura 35.** Resultados de la densidad seca máxima de los especímenes de las calicatas A, B y C  
**Fuente:** elaboración propia

En la figura anterior se observa el resultado de la densidad seca máxima de los especímenes de las calicatas A, B y C. Se puede observar que al incorporar 2%, 4% y 6% de cloruro de sodio NaCl la densidad seca máxima aumenta progresivamente siendo un resultado favorable, no obstante, hay un cierto decrecimiento en la calicata A, al incorporar 6% de NaCl, respecto a la muestra patrón.

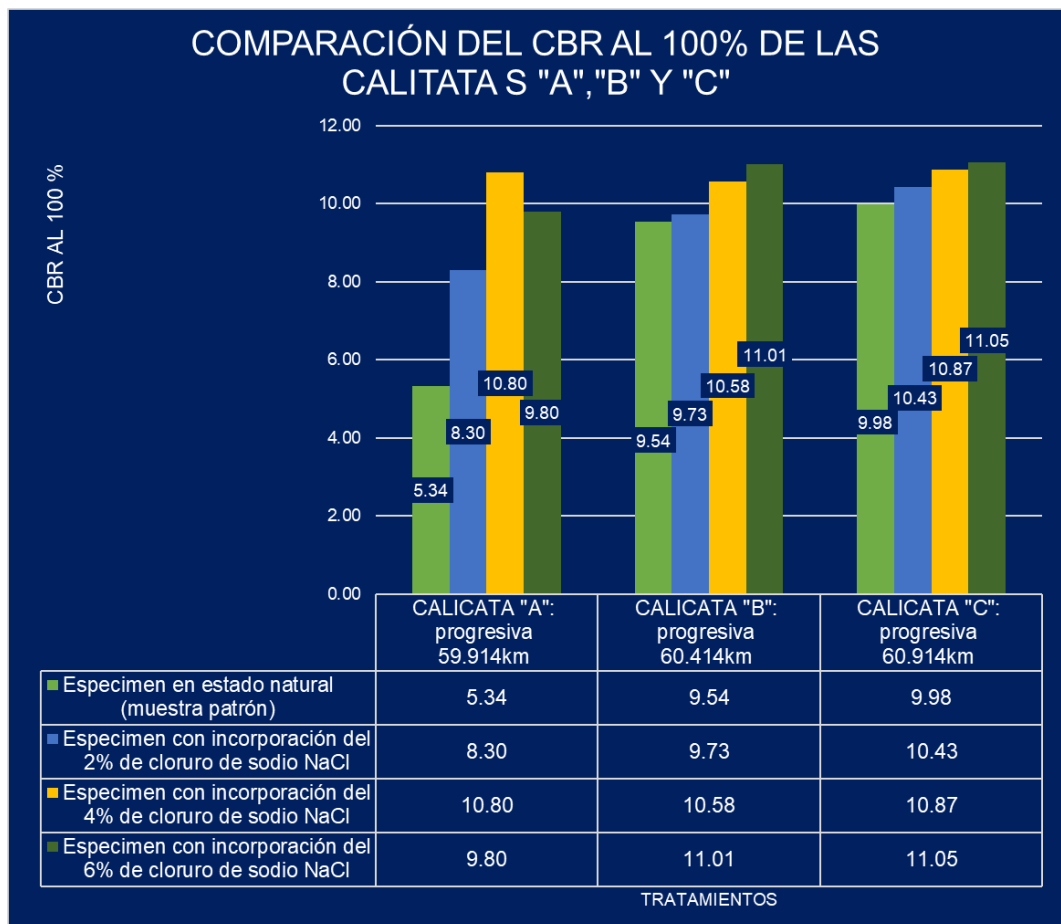




**Figura 36.** Resultados del contenido óptimo de humedad de los especímenes de las calicatas A, B y C

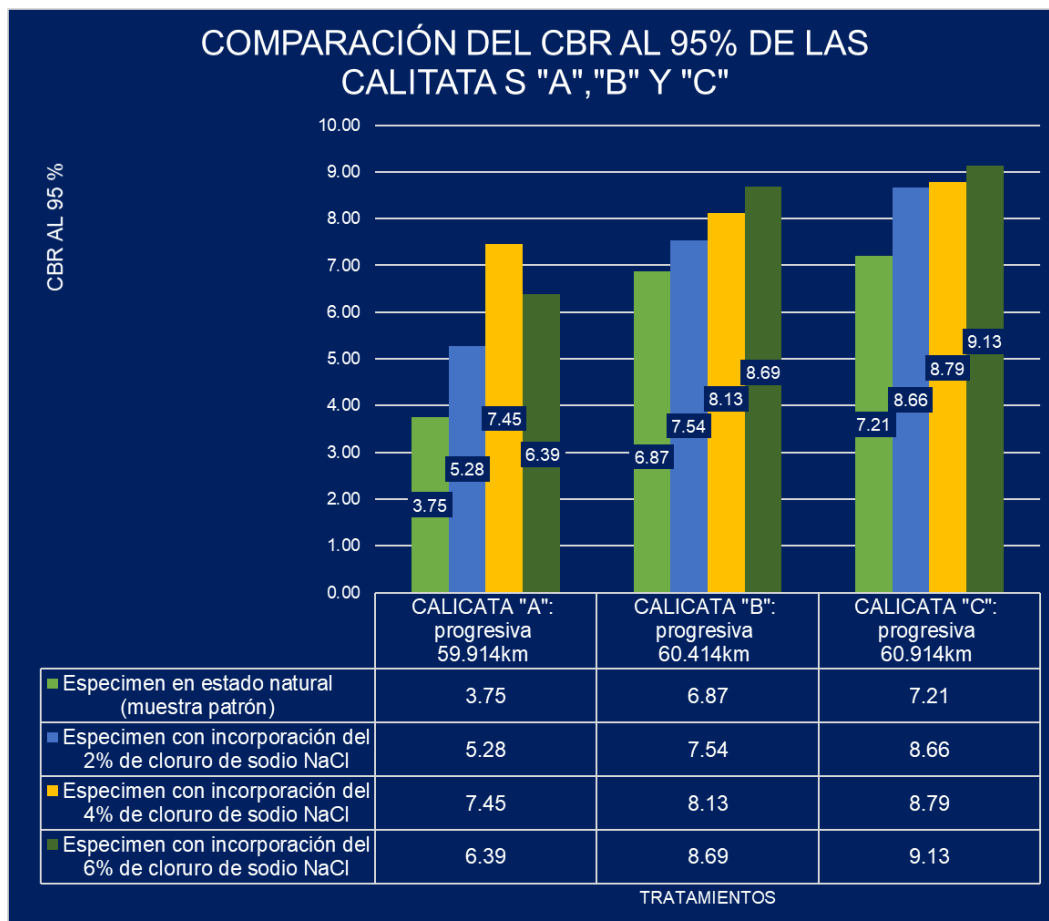
**Fuente:** elaboración propia

En la figura anterior se observa la comparación de la cantidad óptima de humedad de los especímenes de las calicatas A, B y C incorporando 2%, 4% y 6% de cloruro de sodio NaCl, se observa además que en las calicatas B y C existe un cierto decrecimiento progresivo, lo que repercute en el aumento de la densidad seca máxima, algo similar ocurre en la calicata A, no obstante, existe variación al incorporar el tratamiento.



**Figura 37.** Resultados del CBR al 100% los especímenes de las calicatas A, B y C  
**Fuente:** elaboración propia

En la figura anterior se observa la comparación del resultado del CBR al 100% de los especímenes de las calicatas A, B y C incorporando 2%, 4% y 6% de cloruro de sodio NaCl, se observa existe incremento del CBR al 100% en todos los especímenes, sin embargo, en el caso de la calicata A, al incorporar progresivamente cloruro de sodio, específicamente en cantidad del 6% en relación al peso, este decrece no siendo menor al de la muestra patrón.



**Figura 38.** Resultados del CBR al 95% los especímenes de las calicatas A, B y C

**Fuente:** elaboración propia

En la figura anterior se observa la comparación del resultado del CBR al 95% de los especímenes de las calicatas A, B y C incorporando 2%, 4% y 6% de cloruro de sodio NaCl, se observa existe incremento del CBR al 95% en todos los especímenes, sin embargo, en el caso de la calicata A, al incorporar progresivamente cloruro de sodio, específicamente en cantidad del 6% en relación al peso, este decrece no siendo menor al de la muestra patrón.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Prueba estadística

- A. La siguiente tabla muestra un diseño completamente al azar (DCA), para el índice de plasticidad, con un arreglo de 4 tratamientos por 3 repeticiones.

**Tabla 32.** DCA para el índice de plasticidad de los suelos

| Diseño<br>Completamente al<br>Azar (DCA) 4x3 |            | Tratamientos         |         |         |         |
|--|------------|----------------------|---------|---------|---------|
|  |            | Especímenes de suelo |         |         |         |
|  |            | Muestra<br>patrón    | 2% NaCl | 4% NaCl | 6% NaCl |
| Repeticiones                                 | Calicata A | 5.03                 | 4.86    | 4.32    | 3.67    |
|  | Calicata B | 5.42                 | 6.10    | 5.69    | 4.62    |
|  | Calicata C | 9.97                 | 9.40    | 8.77    | 7.68    |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 33.** ANOVA para el índice de plasticidad

| Origen de las variaciones | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Promedio de los cuadrados | F     | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 2                  | 44.43             | 22.22                     | 38.55 | 3.85E-05     | 4.26                 |
| Dentro de los grupos      | 9                  | 5.19              | 0.58                      |       |              |                      |
| <b>Total</b>              | 11                 | 49.62             |                           |       |              |                      |

Fuente: elaboración propia

La tabla anterior muestra el análisis estadístico inferencial mediante el análisis de las varianzas para una significancia del 0.05% o para un nivel de confianza del 95%. Se muestra que el valor del F crítico es menor al F de la tabla de Fisher, por lo que se afirma que positivamente existe significancia al emplear aditivo cloruro de sodio en la estabilización del suelo y por ende repercutirá positivamente en la conservación de la carretera departamental HV-116.

**Tabla 34.** Comparación para múltiples medias del índice de plasticidad

| GRUPO 1 | GRUPO 2 | Media | Desv. Error | q-stat | Inferior | Superior | Probabilidad | Media Crítica |
|---------|---------|-------|-------------|--------|----------|----------|--------------|---------------|
| A       | B       | 0.99  | 0.38        | 2.60   | -0.51    | 2.49     | 0.21         | 1.50          |
| A       | C       | 4.49  | 0.38        | 11.82  | 2.99     | 5.98     | 0.000042     | 1.50          |
| B       | C       | 3.50  | 0.38        | 9.21   | 2.00     | 5.00     | 0.000288     | 1.50          |

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se muestra que no existe diferencias significativas entre el suelo A y B, ya que la probabilidad resultada es de 0.21 siendo mayor a la significancia de alfa 0.05, mientras que para el suelo A y C, B y C si existen diferencias significativas ya que los resultados de probabilidad son menores a la significancia de 0.05 alfa.

- B. La siguiente tabla muestra un diseño completamente al azar (DCA), para la densidad seca máxima, con un arreglo de 4 tratamientos por 3 repeticiones.

**Tabla 35.** DCA para la densidad seca máxima de los suelos

| Diseño<br>Completamente<br>al Azar (DCA)<br>4x3 |            | Tratamientos         |         |         |         |
|---|------------|----------------------|---------|---------|---------|
|   |            | Especímenes de suelo |         |         |         |
|   |            | Muestra patrón       | 2% NaCl | 4% NaCl | 6% NaCl |
| Repeticiones (gr/cm <sup>3</sup> )              | Calicata A | 1.890                | 1.932   | 1.961   | 1.953   |
|   | Calicata B | 1.900                | 1.981   | 2.151   | 2.221   |
|   | Calicata C | 1.993                | 2.010   | 2.153   | 2.205   |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 36.** ANOVA para la densidad seca máxima

| Origen de las variaciones | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Promedio de los cuadrados | F    | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 2.00               | 0.06              | 0.03                      | 2.46 | 0.14         | 4.26                 |
| Dentro de los grupos      | 9.00               | 0.10              | 0.01                      |      |              |                      |
| <b>Total</b>              | 11.00              | 0.16              |                           |      |              |                      |

Fuente: elaboración propia

La tabla anterior muestra el análisis estadístico inferencial mediante el análisis de las varianzas para una significancia del 0.05% o para un nivel de confianza del 95%. Se muestra que el valor del F crítico es mayor al F de la tabla de Fisher, por lo que se afirma que no existe significancia al emplear aditivo cloruro de sodio en la densidad seca máxima de los suelos estudiados. Por lo mencionado anteriormente no es necesario realizar un análisis de múltiples medias ya que la probabilidad resultada fue mayor al nivel de significancia alfa de 0.05.

- C. La siguiente tabla muestra un diseño completamente al azar (DCA), para el contenido óptimo de humedad, con un arreglo de 4 tratamientos por 3 repeticiones.

**Tabla 37.** DCA para el contenido óptimo de humedad de los suelos

| Diseño<br>Completamente<br>al Azar (DCA)<br>4x3 |               | Tratamientos         |         |         |         |
|---|---------------|----------------------|---------|---------|---------|
|   |               | Especímenes de suelo |         |         |         |
|   |               | Muestra<br>patrón    | 2% NaCl | 4% NaCl | 6% NaCl |
| Repeticiones<br>(%)                             | Calicata<br>A | 9.98                 | 10.35   | 10.21   | 10.27   |
|   | Calicata<br>B | 12.01                | 11.31   | 10.98   | 10.28   |
|   | Calicata<br>C | 10.34                | 9.98    | 9.67    | 8.98    |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 38.** ANOVA para el contenido óptimo de humedad

| Origen de las variaciones | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Promedio de los cuadrados | F    | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 2                  | 4.09              | 2.04                      | 7.01 | 0.0146       | 4.25                 |
| Dentro de los grupos      | 9                  | 2.63              | 0.29                      |      |              |                      |
| <b>Total</b>              | 11                 | 6.72              |                           |      |              |                      |

Fuente: elaboración propia

La tabla anterior muestra el análisis estadístico inferencial mediante el análisis de las varianzas para una significancia del 0.05% o para un nivel de confianza del 95%. Se muestra que el valor del F crítico es menor al F de la tabla de Fisher, por lo que se afirma que positivamente existe significancia al emplear aditivo cloruro de sodio en el contenido de humedad óptimo.

**Tabla 39.** Comparación para múltiples medias del contenido óptimo de humedad

| GRUPO 1 | GRUPO 2 | Media | Desv. Error | q-stat | Inferior | Superior | Probabilidad | Media Crítica |
|---------|---------|-------|-------------|--------|----------|----------|--------------|---------------|
| A       | B       | 0.94  | 0.27        | 3.49   | -0.12    | 2.01     | 0.08         | 1.07          |
| A       | C       | 0.46  | 0.27        | 1.70   | -0.61    | 1.53     | 0.48         | 1.07          |
| B       | C       | 1.40  | 0.27        | 5.19   | 0.34     | 2.47     | 0.01         | 1.07          |

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se muestra que existe diferencias significativas entre el suelo B y C, ya que la probabilidad resultada es de 0.01 siendo menor a la significancia de alfa

0.05, mientras que para el suelo A y B, A y C no existen diferencias significativas ya que los resultados de probabilidad son mayores a la significancia de 0.05 alfa.

- D. La siguiente tabla muestra un diseño completamente al azar (DCA), para el CBR al 100%, con un arreglo de 4 tratamientos por 3 repeticiones.

**Tabla 40.** DCA para el CBR al 100% de los suelos

| Diseño<br>Completamente<br>al Azar (DCA)<br>4x3 |            | Tratamientos         |         |         |         |
|---|------------|----------------------|---------|---------|---------|
|   |            | Especímenes de suelo |         |         |         |
|   |            | Muestra patrón       | 2% NaCl | 4% NaCl | 6% NaCl |
| Repeticiones                                    | Calicata A | 5.34                 | 8.30    | 10.80   | 9.80    |
|   | Calicata B | 9.54                 | 9.73    | 10.58   | 11.01   |
|   | Calicata C | 9.98                 | 10.43   | 10.87   | 11.05   |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 41.** ANOVA para el CBR al 100%

| Origen de las variaciones | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Promedio de los cuadrados | F    | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 2.00               | 9.29              | 4.64                      | 2.18 | 0.17         | 4.26                 |
| Dentro de los grupos      | 9.00               | 19.13             | 2.13                      |      |              |                      |
| Total                     | 11.00              | 28.42             |                           |      |              |                      |

Fuente: elaboración propia

La tabla anterior muestra el análisis estadístico inferencial mediante el análisis de las varianzas para una significancia del 0.05% o para un nivel de confianza del 95% para el CBR al 100%. Se muestra que el valor del F crítico es mayor al F de la tabla de Fisher, por lo que se afirma que no existe significancia al emplear aditivo cloruro de sodio en el CBR al 100% de los suelos estudiados. Por lo mencionado anteriormente no es necesario realizar un análisis de múltiples medias ya que la probabilidad resultada fue mayor al nivel de significancia alfa de 0.05.

- E. La siguiente tabla muestra un diseño completamente al azar (DCA), para el CBR al 100%, con un arreglo de 4 tratamientos por 3 repeticiones.

**Tabla 42.** DCA para el CBR al 95% de los suelos

| Diseño<br>Completamente<br>al Azar (DCA)<br>4x3 |            | Tratamientos         |         |         |         |
|---|------------|----------------------|---------|---------|---------|
|   |            | Especímenes de suelo |         |         |         |
|   |            | Muestra patrón       | 2% NaCl | 4% NaCl | 6% NaCl |
| Repeticiones                                    | Calicata A | 3.75                 | 5.28    | 7.45    | 6.39    |
|   | Calicata B | 6.87                 | 7.54    | 8.13    | 8.69    |
|   | Calicata C | 7.21                 | 8.66    | 8.79    | 9.13    |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 43.** ANOVA para el CBR al 95%

| Origen de las variaciones | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Promedio de los cuadrados | F    | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 2                  | 16.31             | 8.15                      | 6.38 | 0.02         | 4.26                 |
| Dentro de los grupos      | 9                  | 11.51             | 1.28                      |      |              |                      |
| <b>Total</b>              | 11                 | 27.82             |                           |      |              |                      |

Fuente: elaboración propia

La tabla anterior muestra el análisis estadístico inferencial mediante el análisis de las varianzas para una significancia del 0.05% o para un nivel de confianza del 95%. Se muestra que el valor del F crítico es menor al F de la tabla de Fisher, por lo que se afirma que positivamente existe significancia al emplear aditivo cloruro de sodio en el CBR al 95%.

**Tabla 44.** Comparación para múltiples medias del CBR al 100%

| GRUPO 1 | GRUPO 2 | Media | Desv. Error | q-stat | Inferior | Superior | Probabilidad | Media Crítica |
|---------|---------|-------|-------------|--------|----------|----------|--------------|---------------|
| A       | B       | 2.09  | 0.57        | 3.70   | -0.14    | 4.32     | 0.066        | 2.23          |
| A       | C       | 2.73  | 0.57        | 4.83   | 0.50     | 4.96     | 0.019        | 2.23          |
| B       | C       | 0.64  | 0.57        | 1.13   | -1.59    | 2.87     | 0.712        | 2.23          |

Fuente: elaboración propia

- F. En la tabla anterior se muestra que existe diferencias significativas entre el suelo A y C, ya que la probabilidad resultada es de 0.019 siendo menor a la significancia de alfa 0.05, mientras que para el suelo A y B, B y C no existen diferencias significativas ya que los resultados de probabilidad son mayores a la significancia de 0.05 alfa.



## 5.2. Decisión estadística

El experimento estuvo a corte a las técnicas e instrumentos de colección de datos contemplados en la metodología. En el procesamiento de los mismos se realizó un diseño completamente al azar previa verificación homogénea de los tratamientos, con incorporaciones al 2%, 4% y 6% de cloruro de sodio NaCl.

En el experimento se corroborará la hipótesis planteada por los tesisistas siendo la hipótesis alterna ( $H_a$ ) condicionado que habrá significancia, y una hipótesis nula aduciendo que no se produce significancia en los resultados. Para lo cual, si el valor de F es mayor o igual al F crítico, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna indicando que para al menos uno de los tratamientos existe significancia de las muestras con tratamiento, mientras que, si F es menor al F crítico, ocurre lo contrario.

De la prueba estadística realizada líneas arriba se deduce que:

La aplicación del aditivo químico cloruro de sodio si influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de la carretera HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374 Huancavelica, 2020. Ya que existen diferencias significativas entre sus propiedades físicas y mecánicas como el índice de plasticidad, densidad seca máxima, contenido óptimo de humedad y CBR al 100 y 95%.

La aplicación del aditivo químico cloruro en porcentajes de 2%, 4% y 6% si influye significativamente en la conservación de la carretera HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374, Huancavelica, 2020. Debido a que la incorporación de dichas cantidades de NaCl en el suelo hace que se modifiquen las propiedades físicas de la carretera y por ende hay un incremento en la resistencia y manejabilidad de estos influyendo significativamente.

Finalmente se deduce que la aplicación del aditivo químico cloruro de sodio influirá significativamente en la conservación de la carretera departamental HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374 Huancavelica, 2020. Por un incremento en las propiedades físicas y mecánicas del suelo al emplear cloruro de Sodio en porcentajes del 2, 4 y 6%, con respecto al peso de las muestras.

La conservación de la carreta departamental HV-116, estudio que se evaluó con la incorporación de cloruro de sodio para mejorar sus características físicas y mecánicas con dosificaciones del 2, 4 y 6% de NaCl cuya proporción fue acorde al peso seco de las muestras; Roldán (2010) menciona que se dosificará en proporción a la cantidad de material a emplear mas no en función de la cantidad de agua, ya que esto podría afectar el resultado esperado, debido a que el tiempo de evaporación de los suelos tratados con cloruro de sodio (NaCl) es significativamente mayor con respecto a suelos sin tratamiento , luego de la atención de los resultados, prueba estadística y la decisión estadística se sustenta que:

El CBR al 100% incrementó con la aplicación de NaCl, en el caso de los especímenes de la calicata A el incremento mayor se obtuvo con la incorporación del 4% de NaCl a 10.80% del CBR, en comparación del suelo natural que fue de 5,34% del CBR, no obstante, hubo un leve descenso al tratar el suelo con 6% decreciendo a 9.80% del CBR; Guamán (2016) mencionó que la obtención del CBR con contenido del 7.5% y 12.5% estabilizado con cal resulta 20.8% y 26% siendo mayor al permitido por la normativa ecuatoriana, mientras que el empleo del mismo porcentaje con cloruro de sodio no cumple con dicha normativa. En algunos casos el aumento desmedido de cloruro de sodio puede traer decrecimiento en el CBR. En relación al CBR de los especímenes tratados en la calicata B hubo un crecimiento favorable de 9.73, 10.58 y 11.01% del CBR en comparación de la muestra natural con 9.54% del CBR. Algo similar paso con los especímenes de la calicata C con un crecimiento favorable de 10.43, 10.87 y 11.05% del CBR en comparación de la muestra natural con 9.98% del CBR. En muchos de los casos aumentar cloruro de sodio para estabilizar el suelo o aumentar sus características físicas funciona, particularmente aplicados en suelos finos sin embargo, Prakhar & Rajesh (2015) estudiaron los efectos de la sal común en suelo negro en proporciones de 0, 2, 4, 6 y 8% en peso del suelo seco consiguiendo un aumento del CBR de 1.43% a 3.10% siendo una mejora significativa. Del CBR al 95% incrementó con la aplicación de NaCl, en el caso de los especímenes de la calicata A el incremento mayor se obtuvo con la incorporación del 4% de NaCl a 7.45% del CBR, en comparación del suelo natural que fue de 3.75% del CBR, no obstante, hubo un leve descenso al tratar el suelo con 6% decreciendo a 6.39% del CBR. En relación al CBR de los especímenes tratados en la calicata B hubo un crecimiento favorable de 7.54, 8.13 y 8.69% del CBR al 95% en comparación de la muestra natural con 6.87% del CBR. Algo similar paso con los especímenes de la calicata C con un crecimiento favorable de 8.66, 8.79 y 9.13% del CBR en comparación de la muestra natural con 9.13% del CBR. Resultados semejantes a lo

que obtuvo Melgarejo & Roldan (2019), fue de 5.2% respecto al 95% de densidad seca máxima para la adición con 2% de cloruro de sodio y 7.2% con respecto al 95% de densidad seca máxima para la adición con 4% de cloruro de sodio.

Roldán (2010) observó en su estudio, en cuanto al CBR que este disminuye en la aplicación de cloruro de sodio (NaCl) para arena limosa y aumenta en arena caliza para probetas compactadas a 65 golpes. En nuestro caso se evaluó a suelos arcillosos con arena limosa y los resultados fueron casi en su mayoría favorables. Como fue para Iparraguirre y Rodríguez (2020), aplicar el aditivo cloruro de sodio eleva el CBR, en su muestreo A, arcilla limosa, de 6.22% a 16.26% y en su muestreo B, arcilla ligera tipo grava, de 5.17% a 11.27% con respecto al CBR de la muestra patrón del suelo, estabilizando la vía de comunicación en la mejora de sus resistencia, funcionamiento, durabilidad y transitabilidad.

La densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad para los especímenes de la calicata A fueron 9.98, 10.35, 10.21 y 10.27 % de contenido óptimo de humedad con densidad seca máxima de 1.890, 1.932, 1.961 y 1.953 gr/cm<sup>3</sup> para el suelo natural, y dosificación de 2, 4 y 6% de NaCl, respectivamente. Para los especímenes de la calicata B fue 12.01, 11.31, 10.98 y 10.28 % de contenido óptimo de humedad con densidad seca máxima de 1.900, 1.981, 2.151 y 2.221 gr/cm<sup>3</sup> para el suelo natural, y dosificación de 2, 4 y 6% de NaCl, respectivamente. Para los especímenes de la calicata C fue 10.34, 9.98, 9.67 y 8.98 % de contenido óptimo de humedad con densidad seca máxima de 1.993, 2.010, 2.153 y 2.205 gr/cm<sup>3</sup> para el suelo natural, y dosificación de 2, 4 y 6% de NaCl, respectivamente.

Por consiguiente, aplicar aditivos químicos, específicamente, cloruro de sodio tiene un efecto favorable en la conservación de las carreteras no pavimentadas, ya que al mejorar las características físicas y mecánicas de estas se evita el rápido deterioro, al tránsito vehicular, sobre la superficie de rodadura. Como menciona Sagastegui (2016) en su investigación que utilizar aditivo Bischofita resulta efectivo positivamente para estabilizar suelos áridos por ende disminuye la formación de baches y pérdida de material, además de no presentar liberación de polvo y corrugaciones.

## VI. CONCLUSIONES

Aplicar el aditivo químico cloruro de sodio tiene un efecto favorable en la conservación de la carretera no pavimentada HV-116 tramo km 59.914 – km 60.914, ya que mejora las características físicas y mecánicas de los suelos que alojan a esta carretera evitando el rápido deterioro, al tránsito vehicular, sobre la superficie de rodadura. Es así que se tendrá una disminución en la formación de baches, pérdida de material, encalaminados y erosión prematura.

- Aplicar el aditivo cloruro de sodio NaCl, en dosificaciones porcentuales de 2, 4 y 6%, en relación al peso seco de la muestra resulta favorable para la conservación de la carretera. Las propiedades índices fueron para la calicata A, el índice de plasticidad de la muestra sin tratamiento es 5.03% y al incorporar cloruro de sodio, en cantidades de 2%, 4% y 6%, el índice de plasticidad disminuye en 4.86, 4.32 y 3.67% respectivamente.

En cuanto a la calicata B se tiene que, el índice de plasticidad de la muestra sin tratamiento es 5.42% y al incorporar cloruro de sodio, en cantidades de 2%, 4% y 6%, el índice de plasticidad resulta en 6.10%, 5.69% y 4.62% respectivamente, disminuyendo progresivamente.

En cuanto a la calicata C se tiene que, el índice de plasticidad de la muestra sin tratamiento es 5.97% y al incorporar cloruro de sodio, en cantidades de 2%, 4% y 6%, el índice de plasticidad resulta en 9.40%, 8.77% y 7.68% respectivamente, disminuyendo progresivamente.

- El contenido de humedad óptimo contenido de las muestras de la calicata A, la muestra patrón obtuvo 9.98% de contenido de humedad óptimo y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% y 6% resulto 10.35%, 10.21% y 10.27% de contenido de humedad óptimo, obteniendo mejor resultado con la incorporación de 4% de NaCl. Para el contenido de humedad óptimo de las muestras de la calicata B, la muestra patrón obtuvo 12.01% de contenido de humedad óptimo y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% y 6% decreció gradualmente resultando 11.31%, 10.98% y 10.28% de contenido de humedad óptimo. Finalmente, las muestras de la calicata C, la muestra patrón obtuvo 10.34% de contenido de humedad óptimo y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% y 6% decreció gradualmente resultando 9.98%, 9.67% y 8.98% de contenido de humedad óptimo.

- En cuanto a las propiedades mecánicas de los suelos se tiene que, las densidades secas máximas de las muestras de la calicata A, para la muestra patrón obtuvo 1.890 gr/cm<sup>3</sup> y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2% y 4% incrementa hasta 1.932 y 1.961 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, mientras que al incorporar 8% de NaCl aumenta a 1.953 gr/cm<sup>3</sup>, no obstante, decrece respecto a la incorporación de 4%. Para las densidades secas máximas de las muestras de la calicata B, se observa que la muestra patrón obtuvo 1.900 gr/cm<sup>3</sup> y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% Y 6% incrementa hasta 1.981, 2.151 y 2.221 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente. Y finalmente para las densidades secas máximas de las muestras de la calicata C, se observa que la muestra patrón obtuvo 1.993 gr/cm<sup>3</sup> y al incorporar cloruro de sodio en cantidades de 2%, 4% Y 6% incrementa hasta 2.010, 2.153 y 2.205 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente.
- El CBR al 100% incrementó con la aplicación de NaCl, en el caso de los especímenes de la calicata A el incremento mayor se obtuvo con la incorporación del 4% de NaCl a 10.80% del CBR, en comparación del suelo natural que fue de 5,34% del CBR, no obstante, hubo un leve descenso al tratar el suelo con 6% decreciendo a 9.80% del CBR. En relación al CBR de los especímenes tratados en la calicata B hubo un crecimiento favorable de 9.73, 10.58 y 11.01% del CBR en comparación de la muestra natural con 9.54% del CBR. Algo similar paso con los especímenes de la calicata C con un crecimiento favorable de 10.43, 10.87 y 11.05% del CBR en comparación de la muestra natural con 9.98% del CBR. En cambio el CBR al 95% incrementó con la aplicación de NaCl, en el caso de los especímenes de la calicata A el incremento mayor se obtuvo con la incorporación del 4% de NaCl a 7.45% del CBR, en comparación del suelo natural que fue de 3.75% del CBR, no obstante, hubo un leve descenso al tratar el suelo con 6% decreciendo a 6.39% del CBR. En relación al CBR de los especímenes tratados en la calicata B hubo un crecimiento favorable de 7.54, 8.13 y 8.69% del CBR al 95% en comparación de la muestra natural con 6.87% del CBR. Algo similar paso con los especímenes de la calicata C con un crecimiento favorable de 8.66, 8.79 y 9.13% del CBR en comparación de la muestra natural con 9.13% del CBR.

## VII. RECOMENDACIONES

Se debe tener en cuenta la dosificación con cloruro de sodio (NaCl) para la estabilización o conservación de los suelos, en la investigación efectuada se realizó la dosificación a granel en base al peso seco de las muestras, sin embargo, se ha revisado y observado en la literatura y antecedentes precedentes de la investigación que también se emplea en forma de salmuera, quiere decir sal diluida, se recomienda seguir lineamientos de investigación con dicha dosificación, ya que en algunos lugares del mundo y específicamente del territorio peruano existen carreteras alledañas en la costa marítima.

Además, se puede incluir el estudio de aguas termales en la conservación de suelos ya que estos contienen compuestos químicos que podrían estabilizar al suelo, siendo rentable, económico y de fácil empleo ya que estas aguas en su mayoría se encuentran en la sierra del territorio peruano, y es ahí, donde se encuentran la mayor cantidad de carreteras no pavimentadas.

En la preparación de las muestras se debe tener en cuenta el cambio de las características físicas al aplicar el aditivo cloruro de sodio, ya que un incremento demasiado podría afectar los resultados esperados, ya que el cloruro de sodio retiene la humedad y alarga el tiempo de evaporación del suelo, lo que es factible para obtener características físicas y mecánicas mayores, sin embargo, se ha revisado los antecedentes que al incluir de más puede comprometer los resultados.

Ante la precaria gestión financiera y administrativa de los gobiernos para el mantenimiento y conservación de vías no pavimentadas, se hace hincapié a tomar medidas complementarias para cerrar esa brecha y así brindar al usuario un transporte adecuado, seguro y rápido, supliendo costos de transporte y encaminados a un desarrollo económico fiable y sostenible con el medio ambiente.

## REFERENCIAS

- Al Hattamleh, O., Aldeeky, H., Rabab'ah, S., & Taamneh, M. (2020). *The effect of Dead Sea salt solution on the engineering properties of expansive subgrade clayey soil*. Amman.
- Alfaro, C. (2012). *Metodología de investigación científica aplicado a la ingeniería*. Callao: Universidad Nacional del Callao.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación*. Caracas: EPISTEME, C.A.
- ASTM D 3282 . (2004). *Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes*. West Conshohocken.
- Behar, R. (2008). *Metodologia de la investigación* . Shalom.
- Capistran, C. (2021). Primer seminario internacional de conservacion de carreteras. *Asociación mexicana de ingenieria de vias terrestres A.C. AMIVTAC*, 46.
- Castillo, P. (2018). *Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018*. Trujillo.
- Chauvet, P., & Baptiste, A. (2018). Transporte de carretera en América Latina: evolución de la infraestructura y de sus impactos entre 2007 y 2015. *FAL* , 15.
- Cochachin, R. (2018). *Estabilización y durabilidad de sub base usando la cantera de Challhua con adición de cloruro de sodio en 2, 4 y 6% - Huaraz – 2017*. Huaraz .
- Córdova, M. (2003). *Estadística descriptiva e inferencial*. Lima: MOSHERA S.R.L.
- Das, B. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México, D.F.
- Durotoye, T., Akinmusuru, J., Ogbiye, A., & Bamigboye, G. (2016). *Effect of Common Salt on the Engineering Properties of Expansive Soil*. Ogun.
- Emarah, D., & Seleem, S. (2018). *Tratamiento de suelos hinchantes con cal y agua de mar para la construcción de carreteras*.
- Gonzales, A., Oseda, D., Ramírez, F., & Gave, J. (2011). *¿Cómo aprender y enseñar investigación científica?* Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Guamán, I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)*. Ambato.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Huanca, A. (s.f.). *Mecanica de suelos*. Ica: Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.
- Iparraguirre, H., & Rodríguez, O. (2020). *Efecto del Cloruro de Sodio en el CBR de un suelo arcilloso en el caserío de Huangamarca, distrito de Otuzco*. Trujillo.
- Lambe, W., & Whitman, R. (2004). *Mecanica de suelos* . Mexico: Limusa.

- Manjarrez, D. (2021). Carreteras: Inversión China en infraestructura carretera y red económica en África. *Asociación Mexicana de ingeniería de vías terrestres A.C. AMIVTAC*, 69.
- Melgarejo, B., & Roldan, L. (2019). *Influencia de la adición del cloruro de sodio como estabilizante de los sedimentos extraídos del Proyecto Especial CHINECAS, con fines de pavimentación, Nuevo Chimbote 2019*. Chimbote.
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2012). Análisis Funcional: Transporte Terrestre. *SNIP PERÚ Inversión pública de calidad*, 16.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones . (2006). *Manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial departamental no pavimentada*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos*. Lima: Biblioteca Nacional del Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (12 de Marzo de 2021). *Mapa Vial por Rutas Departamentales (D.S. N° 012-2013-MTC)*. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/mapa-ruta-departamental.html](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mapa-ruta-departamental.html)
- Niño, V. (2011). *Metodología de la investigación. Diseño y ejecución*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.129. (1999). *Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos*. Lima: INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.134 . (1999). *Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)*. Lima: INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.141. (1999). *Suelos. Método de ensayo para la compactación de suelo en el laboratorio utilizando una energía modificada (2.700 kN-m/m<sup>3</sup>(56,000pie-lbf/pie<sup>3</sup>))*. Lima: INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.145 . (1999). *Suelos. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte California) de suelos compactados en el laboratorio*. Lima: INDECOPI.
- Pacheco, A., & Cruz, C. (2006). *Metodología crítica de la investigación. Lógica, procedimientos y técnicas*. México D.F.: Compañía Editorial Continental .
- Palomino, Y. (2016). *Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca 2016*. Cajamarca.
- Piernas, J. (Noviembre de 2007). *Vocabulario de la economía*. Obtenido de Exposición de la nomenclatura y de los principales conceptos de esa ciencia: <https://www.e-torredebabel.com/Economia/diccionario-economia/vias-comunicacion-V-E.htm>



- Prakhar, D., & Rajesh, J. (2015). *Efecto de la sal común (NaCl) sobre las propiedades de ingeniería del suelo de algodón negro.*
- Quiroz, A. (2020). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio, en el camino de bajo volumen de tránsito desde el caserío Los Tubos hasta el caserío Pozo Cuarenta, Distrito de Mórrope, Provincia de Lambayeque, Departamento Lambayeque.* Lambayeque .
- Roldán, J. (2010). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases.* Guatemala .
- Sagastegui, G. (2016). *Eficiencia de la conservación vial, empleando aditivos químicos en superficies de rodadura en carretera no pavimentada : Ascope – Contumaza.* Trujillo.
- Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica.* Mexico, D.F.: LIMUSA, S.A.
- Zumrawi, M., Mahjoub, A., & Alnour, I. (2016). *Efecto de algunas sales de cloruro sobre las propiedades de hinchamiento del suelo expansivo.* Khartoum.

## Matriz de operacionalización de variables

- Variable independiente.

| Tipo de variable       | Nombre de la variable            | Definición conceptual   | Definición operacional  | Dimensiones  | Indicadores                        |
|------------------------|----------------------------------|---|---|--|------------------------------------|
| Variable independiente | Aditivo químico cloruro de sodio | Estabilizante natural en forma de cristales compuesto por 98% de NaCl y 2% de arcillas y limos, solubles en agua, con propiedades absorbentes que al entrar en contacto con suelos reduce la evaporación de estos y mejora su cohesión reflejando características mecánicas mejoradas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 100) | El cloruro de sodio se batirá de manera homogénea con el suelo de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914, para determinar el efecto producido en el, con cantidades en porcentaje del peso de cada muestra. | Dosificación con Cloruro de Sodio respecto al peso de la muestra | Muestra patrón natural             |
|                        |                                  |   |   |  | Muestra con 2% de Cloruro de Sodio |
|                        |                                  |   |   |  | Muestra con 4% de Cloruro de Sodio |
|                        |                                  |   |   |  | Muestra con 6% de Cloruro de Sodio |

Fuente: elaboración propia

- Variable dependiente.

| TIPO DE VARIABLE     | NOMBRE DE LA VARIABLE  | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIONES  | INDICADORES                             |
|----------------------|--|---|--|--|---|
| Variable dependiente | Conservación de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914 | Las carreteras no pavimentadas están conformadas a nivel de afirmado. El afirmado la conforma una capa natural de material granular, gradada específicamente, quien recibe directamente el impacto de las cargas y esfuerzos del tránsito, el cual deberá contener la cantidad optima de suelo cohesivo para garantizar que la superficie de rodadura se conforme de manera aglutinada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 25) | Para poder medir la conservación de la carretera se deberá de conocer los diferentes índices de servicio que presentan, para ello es necesario identificar las propiedades físicas y mecánicas que posee el suelo que lo conforma. | Propiedades físicas y mecánicas del suelo que conforma la carretera HV-116 | Granulometría                           |
|                      |  |   |  |  | Límites de consistencia                 |
|                      |  |   |  |  | Máxima densidad seca del suelo          |
|                      |  |   |  |  | Relación de soporte de California (CBR) |

Fuente: elaboración propia

## Matriz de consistencia

Tabla 45. Matriz de consistencia

| TÍTULO: Aplicación de aditivo químico cloruro de sodio para la conservación de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914, Huancavelica - 2020  |  |   |   |  |   |  |
|---|--|---|---|--|---|--|
| Definición del problema   | Objetivos  | Hipótesis   | Variables y dimensiones   | Metodología  | Población y muestra   | Técnicas e Instrumentos  |
| Problema general  | Objetivo general   | Hipótesis general   | Identificación de variables   |  |   |  |
| <p>¿De qué manera influye la aplicación del aditivo químico cloruro de sodio en la conservación de la carretera departamental HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374, Huancavelica, 2020?</p> <p><b>Problemas específicos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿De qué manera influye la aplicación del aditivo químico cloruro en porcentajes de 2%, 4% y 6% en la conservación de la carretera HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374, Huancavelica, 2020?</li> <li>¿En qué modo influye la aplicación del aditivo químico cloruro de sodio en las propiedades físicas y mecánicas de la carretera HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374 Huancavelica, 2020?</li> </ul> | <p>Determinar la influencia de la aplicación del aditivo químico cloruro de sodio en la conservación de la carretera departamental HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374 Huancavelica, 2020.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la influencia de la aplicación del aditivo químico cloruro en los porcentajes de 2%, 4% y 6% en la conservación de la carretera departamental HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374, Huancavelica, 2020.</li> <li>Determinar la influencia de la aplicación del aditivo químico cloruro de sodio en las propiedades físicas y mecánicas de la carretera departamental HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374 Huancavelica, 2020.</li> </ul> | <p>La aplicación del aditivo químico cloruro de sodio influirá significativamente en la conservación de la carretera departamental HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374 Huancavelica, 2020.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La aplicación del aditivo químico cloruro en porcentajes de 2%, 4% y 6% influye significativamente en la conservación de la carretera HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374, Huancavelica, 2020.</li> <li>La aplicación del aditivo químico cloruro de sodio influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de la carretera HV-116 tramo Km 59.974 - Km 60.374 Huancavelica, 2020</li> </ul> | <p><b>Variable dependiente:</b><br/>Aditivo químico cloruro de sodio</p> <p><b>Dimensión:</b><br/>Dosificación con Cloruro de Sodio respecto al peso de la muestra</p> <p><b>Variable independiente</b><br/>Conservación de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914</p> <p><b>Dimensión:</b><br/>Propiedades físicas y mecánicas del suelo que conforma la carretera HV-116.</p> | <p><b>Tipo de investigación:</b><br/>Aplicada</p> <p><b>Nivel de investigación:</b><br/>Explicativo</p> <p><b>Método de investigación:</b><br/>Científico - experimental</p> <p><b>Diseño de investigación:</b><br/>Cuasi experimental</p> <p><b>GE X O1</b><br/><b>GC O2</b></p> <p><b>Donde:</b><br/>GE: Grupo experimental<br/>GC: Grupo experimental</p> <p>O1 y O2:<br/>Mediciones del post test</p> <p>X: Manipulación o desarrollo de la variable independiente</p> | <p><b>Población:</b><br/>Carretera departamental HV-116.</p> <p><b>Muestra:</b><br/>Carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914, prospecciones representativas de la carretera, tres prospecciones para el grupo control y para el grupo con tratamientos para adiciones del 2%, 4% y 6% de cloruro de sodio.</p> <p><b>Muestreo:</b><br/>No probabilístico</p> | <p><b>Técnicas:</b><br/>Observación directa e indirecta.<br/>Técnicas nacionales e internacionales (normas ASTM y NTP) respectivamente</p> <p><b>Instrumentos:</b><br/>Ficha de observación. Especímenes con tratamiento incorporado. Fichas bibliográficas. Ensayos en laboratorios.</p> <p><b>Procedimientos de recolección de datos:</b><br/>Visita a campo para recolectar las muestras. Procesamiento de las muestras en el laboratorio de mecánica de suelos. Análisis de datos mediante SSPS.</p> |

Fuente: elaboración propia

# Resultados de laboratorio e instrumentos de recolección

- Resultados calicata A, progresiva 59+914 km



ENSAYOS GEOFÍSICOS.  
 ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS.  
 ENSAYO DE LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO.  
 CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES  
 PRUEBAS HIDRÁULICAS - ANÁLISIS QUÍMICO  
 EXTRACCIÓN DE MUESTRA CON DIAMANTINA



CERTIFICACIÓN N° 00157-2021/LCCMSCyA.  
 LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.

## ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

TESIS : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020"

SOLICITANTE : BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS COOICCA, CESAR

UBICACIÓN DEL PROYECTO : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA

LUGAR : HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914

FECHA DE ENSAYO : martes, 12 de Enero de 2021

FECHA DE ENTREGA : lunes, 1 de Marzo de 2021

Código de Muestra : CALICATA - (A)

Sondaje / Calicata : MUESTRA PATRÓN

N° de Muestra : M-1

Progresiva : 59.914KM

Profundidad : 0.20 - 1.50m

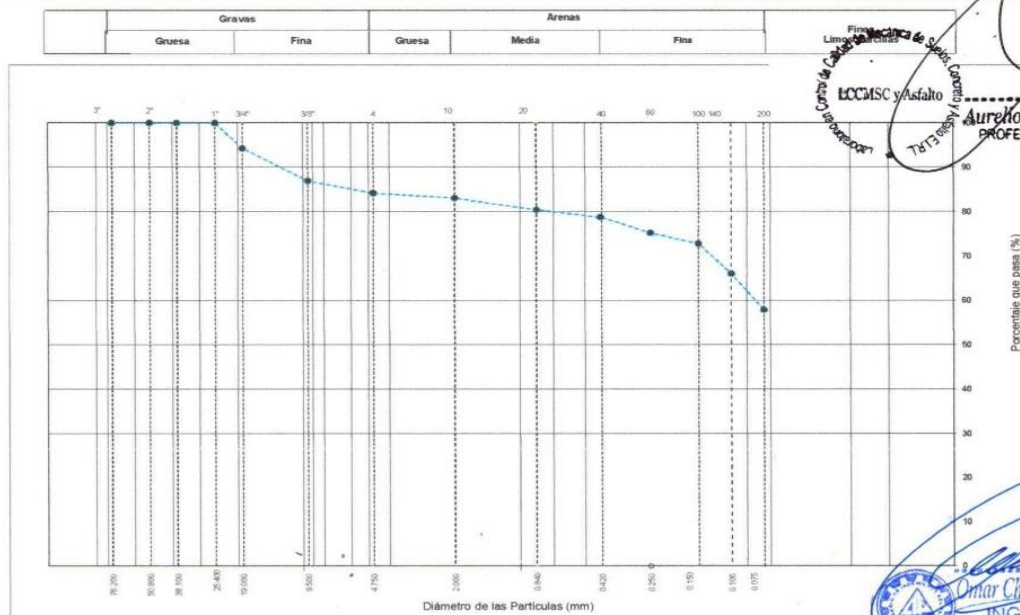
Norte : ---

Este : ---

Cota : ---

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO<br>ASTM D6913 |               |                    |                      |                  |                    |
|--|---------------|--------------------|----------------------|------------------|--------------------|
| TAMIZ  | ABERTURA (mm) | PORCENTAJE PARCIAL | % ACUMULADO RETENIDO | % ACUMULADO PASA | ESPECIFIC. GRAD ** |
| 3"   | 76.200        | 0.00               | 0.00                 | 100.00           |                    |
| 2"   | 50.800        | 0.00               | 0.00                 | 100.00           |                    |
| 1 1/2"   | 38.100        | 0.00               | 0.00                 | 100.00           |                    |
| 1"   | 25.400        | 0.00               | 0.00                 | 100.00           |                    |
| 3/4"   | 19.000        | 5.72               | 5.72                 | 94.28            |                    |
| 3/8"   | 9.500         | 7.32               | 13.04                | 86.96            |                    |
| N° 4   | 4.750         | 2.75               | 15.79                | 84.21            |                    |
| N° 10  | 2.000         | 1.10               | 16.89                | 83.11            |                    |
| N° 20  | 0.840         | 2.64               | 19.53                | 80.47            |                    |
| N° 40  | 0.425         | 1.65               | 21.18                | 78.82            |                    |
| N° 60  | 0.250         | 3.52               | 24.70                | 75.30            |                    |
| N° 100   | 0.150         | 2.42               | 27.12                | 72.88            |                    |
| N° 140   | 0.106         | 6.82               | 33.95                | 66.05            |                    |
| N° 200   | 0.075         | 8.14               | 42.09                | 57.91            |                    |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216                   |   |
|--|---|
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)                             | 14.42   |
| MÉTODO DE SECADO                                     | Horno a 110 ±5°C  |
| MATERIALES EXCLUIDOS                                 | Ninguno   |
| TAMIZ SEPARADOR                                      | N°4   |
| DESCRIPCION E IDENTIFICACION DEL SUELO - LABORATORIO |   |
| CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL                        | ML-CL suelos de color marron claro de conformacion de limos y arcillas inorganicas con presencia de gravas y arenas |
| NOTAS SOBRE LA MUESTRA                               | Muestra ensayada en laboratorio de LCCMSCyA   |
| LIMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318                |   |
| LIMITE LIQUIDO                                       | 32.13   |
| LIMITE PLÁSTICO                                      | 27.10   |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                                | 5.03  |
| ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)                          | 3.52  |
| ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)                              | -2.52   |
| METODO DE ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO                   | Multipunto  |



| COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS |       |
|---|-------|
| CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %                       | 13.04 |
| CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %                       | 29.05 |
| CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %                      | 57.91 |

| CLASIFICACIÓN DEL SUELO           |  |
|-----------------------------------|--|
| CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)   | ML-CL  |
| CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282) | A-4  |
| NOMBRE DEL GRUPO                  | limos y arcillas inorganicas con arena y grava |

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD

**Aurelio Nahui Salvatierra**  
 PROFESIONAL RESPONSABLE  
 CIP. N° 113503

**Omar Charly TAYPE LOPEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 181691



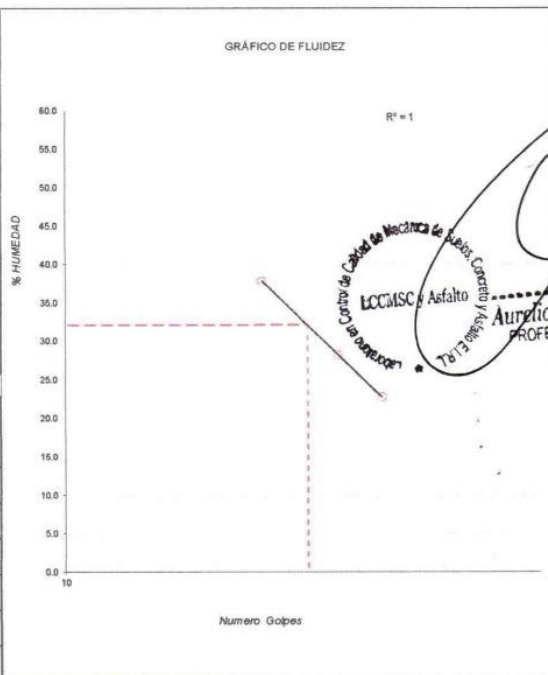


**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

|  |  |
|--|--|
| Tesis : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |  |
| Solicitante : BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL, BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   | Fecha de Ensayo: martes, 12 de Enero de 2021 |
| Ubicación de Proyecto : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA   | Fecha de Entrega: lunes, 1 de Marzo de 2021  |
| Lugar : HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  |  |
| Código de Muestra : CALICATA - (A)   | Profundidad : 0.20 - 1.50m                   |
| Sondaje / Calicata : MUESTRA PATRÓN  | Norte : —                                    |
| N° de Muestra : M-1  | Este : —                                     |
| Progresiva : 59.914KM  | Cota : —                                     |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216 |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| MÉTODO DE SECADO                   | Horno a 110 +/-5°C |
| MÉTODO DE REPORTE                  | "B"                |
| MATERIALES EXCLUIDOS               | Ninguno            |
| TARA N°                            | 6                  |
| PESO DE LA TARA                    | 125                |
| TARA + (m) HUMEDA                  | 625                |
| TARA + (m) SECO                    | 562                |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>        | <b>14.42</b>       |

| LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D 4318-84 |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| ENSAYO N°                        | 1            | 2            |
| N°. DE RECIPIENTE                | 49           | 11           |
| PESO DE RECIPIENTE               | 11.25        | 11.17        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO   | 25.16        | 27.13        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO SECO     | 22.67        | 24.39        |
| CANTIDAD MINIMA REQUERIDA 6g     | ¡Cumple!     | ¡Cumple!     |
| <b>RESULTADOS</b>                | <b>27.82</b> | <b>26.37</b> |



| DETALLES EN LABORATORIO               |                                 |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA | "Secada al horno a 110 +/- 5°C" |
| PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO             | Tamizado compuesto              |
| TAMIZ SEPARADOR                       | N°4                             |
| MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS       | "B"                             |
| MÉTODO DE SECADO                      | Horno                           |
| MÉTODO DE PREPARACION                 | Ambiente                        |
| MÉTODO DE EXTRACCIÓN                  | Manual                          |

| LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D 4318-84  |              |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN                      | 1            | 2            | 3            |
| Nro. de Recipiente               | 3            | 29           | 35           |
| Peso de Recipiente               | 11.17        | 11.03        | 10.65        |
| Peso Recipiente + Suelo Humedo   | 52           | 62           | 54           |
| Peso Recipiente + Suelo Seco (B) | 44.42        | 50.78        | 42.11        |
| N° De Golpes                     | 33           | 28           | 21           |
| <b>RESULTADOS</b>                | <b>22.80</b> | <b>28.23</b> | <b>37.79</b> |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318 |            |
|---------------------------------------|------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 32.13      |
| LÍMITE PLÁSTICO                       | 27.10      |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                 | 5.03       |
| ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)           | 6.38       |
| ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)               | -5.38      |
| MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO    | Multipunto |

*Handwritten signature and stamp:*  
**LCCMSC y Asfalto**  
**Aurelio Nahui Salvatierra**  
**PROFESIONAL RESPONSABLE**  
**CIP. 113503**

Registrado en **indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD

*Handwritten signature and stamp:*  
**Omar Charlie TAYPELOREZ**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. N° 181691**





## PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

NORMA (ASTM D 4050 - NTP 339.128 - MTC E 107 y MTC E 109)

**PROYECTO:** "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCVELICA - 2020"

**SOLICITANTE:** BACH. RAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL, BACH. VALLEJOS COCIGA, CESAR

**LUGAR:** HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914

**ING. RESPONSABLE:** ING. AÑS

**CALICATA:** MUESTRA PATRÓN

**FECHA:** Lunes, 1 de Marzo de 2021

### ESTRATIFICACION DE SUELOS

**MUESTRAS :** M-01  
**PROF. (m) :** 0.20 - 1.50m

| PROF. M. | ESTRATO                       |  | DESCRIPCION DEL SUELO   | CLASIFICACIÓN POR HORIZONTES DE ESTRATIFICACIÓN |       |         |           |                |                 |                     |           |
|----------|-------------------------------|--|---|---|-------|---------|-----------|----------------|-----------------|---------------------|-----------|
|          | GRAFICO                       | Espesor (CM.)                                  |   | PROFUNDIDAD                                     | SUCS  | SÍMBOLO | HORIZONTE | ROCA FIRME (%) | ROCA SUELTA (%) | MATERIAL SUELTO (%) | TOTAL (%) |
| 0.00     |                               |  | Clasificación técnica: forma del material granular, color, contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc. | 0.20m-0.50m                                     | SC    |         | E         | -              | 35              | 65                  | 100       |
|          |                               |  |   | 0.50m-1.50m                                     | ML-CL |         | E         | -              | 15              | 85                  | 100       |
| 0.20     |                               |  | Material orgánico, para limpieza y desbroce.  |   |       |         |           |                |                 |                     |           |
| 0.50     | ESTRATO DE COLOR MARRON       | HORIZONTE (E)                                  | capa mineral que presenta lixiviación de minerales, arcillas y cationes con mezcla de arenas y gravas   |   |       |         |           |                |                 |                     |           |
|          |                               |  | CLASIFICACION (SC)  |   |       |         |           |                |                 |                     |           |
| 0.70     | ESTRATO DE COLOR MARRON CLARO | limos y arcillas inorgánicas con arena y grava | Material de coloración marron claro, material con presencia de gravas de TN 3/4" con mayor porcentaje de limos y arcillas inorgánicas, compactación baja a regular, contenido de humedad media y de media a baja plasticidad                                      |   |       |         |           |                |                 |                     |           |
| 1.00     |                               |  | HORIZONTE (E)   |   |       |         |           |                |                 |                     |           |
| 1.50     |                               |  |   |   |       |         |           |                |                 |                     |           |



Laboratorio en Control de Calidad de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto  
LCCMSC y Asfalto  
**Aurelio Nahui Sakaterra**  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503

**Ing. Carlos TAYPELOREZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

#### RESULTADOS DEL AREA DE ESTUDIO A 1.50m

| DETALLE DE CARACTERIZACION   | CLASIFICACION |       | GRANULOMETRIA |                   |                | LIMITES % |       |      | HUM. NAT % |
|--|---------------|-------|---------------|-------------------|----------------|-----------|-------|------|------------|
|  | AASHTO        | SUCS  | 3" A Nro. 4   | Nro. 4 a Nro. 200 | Menor Nro. 200 | L.L.      | L.P.  | I.P. |            |
| NIVEL FREATICO: NO PRESENTA<br>COLOR - NATURAL: MARRON CLARO<br>MACIZO ROCOSO: NO PRESENTA | A-4           | ML-CL | 13.04         | 29.05             | 57.91          | 32.13     | 27.10 | 5.03 | 14.42      |

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD



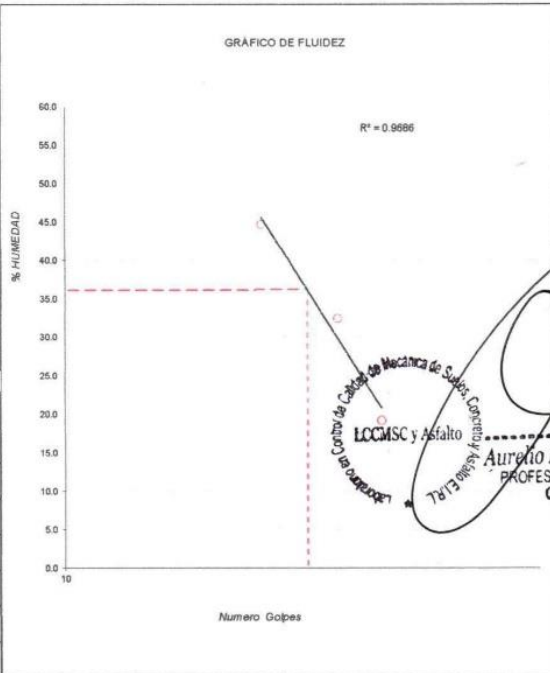


**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

|  |   |
|--|---|
| Tesis : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |   |
| Solicitante : BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS COOICCA, CESAR   |   |
| Ubicación de Proyecto : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA   | Fecha de Ensayo : martes, 12 de Enero de 2021 |
| Lugar : HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | Fecha de Entrega : lunes, 1 de Marzo de 2021  |
| Código de Muestra : CALICATA - (A)   | Profundidad : 0.20 - 1.50m                    |
| Sondaje / Calicata : INCORPORACIÓN DEL 2% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)   | Norte : —                                     |
| N° de Muestra : M-2  | Este : —                                      |
| Progresiva : 59.914KM  | Cota : —                                      |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216 |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| MÉTODO DE SECADO                   | Horno a 110 +/-5°C |
| MÉTODO DE REPORTE                  | "B"                |
| MATERIALES EXCLUIDOS               | Ninguno            |
| TARA N°                            | 6                  |
| PESO DE LA TARA                    | 125                |
| TARA + (m) HUMEDA                  | 414.19             |
| TARA + (m) SECO                    | 375                |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>        | <b>15.68</b>       |

| LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D 4318-84 |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| ENSAYO N°                        | 1            | 2            |
| N° DE RECIPIENTE                 | 49           | 11           |
| PESO DE RECIPIENTE               | 11.25        | 11.17        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO   | 25.16        | 27.13        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO SECO     | 22.67        | 24.39        |
| CANTIDAD MINIMA REQUERIDA 6g     | ¡Cumple!     | ¡Cumple!     |
| <b>RESULTADOS</b>                | <b>29.92</b> | <b>28.68</b> |



| DETALLES EN LABORATORIO               |                                 | LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D 4318-84  |              |              |              |
|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA | "Secada al horno a 110 +/- 5°C" | DESCRIPCION                      | 1            | 2            | 3            |
| PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO             | Tamizado compuesto              | Nro. de Recipiente               | 3            | 29           | 35           |
| TAMIZ SEPARADOR                       | N°4                             | Peso de Recipiente               | 11.17        | 11.03        | 10.65        |
| MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS       | "B"                             | Peso Recipiente + Suelo Humedo   | 52           | 62           | 54           |
| MÉTODO DE SECADO                      | Horno                           | Peso Recipiente + Suelo Seco (B) | 45.412       | 49.52        | 40.62        |
| MÉTODO DE PREPARACION                 | Ambiente                        | N° De Golpes                     | 33           | 28           | 21           |
| MÉTODO DE EXTRACCIÓN                  | Manual                          | <b>RESULTADOS</b>                | <b>19.24</b> | <b>32.42</b> | <b>44.64</b> |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318 |            |
|---------------------------------------|------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 36.16      |
| LÍMITE PLÁSTICO                       | 29.30      |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                 | 6.86       |
| ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)           | 5.27       |
| ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)               | -4.27      |
| MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO    | Multipunto |

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD

  
**Omar Charlie TAPALOPEZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691







**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

|  |   |
|--|---|
| Tesis : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |   |
| Solicitante : BACH, NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH, VALLEJOS COOICCA, CESAR   |   |
| Ubicación de Proyecto : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA   | Fecha de Ensayo : martes, 12 de Enero de 2021 |
| Lugar : HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | Fecha de Entrega : lunes, 1 de Marzo de 2021  |
| Código de Muestra : CALICATA - (A)   | Profundidad : 0.20 - 1.50m                    |
| Sondaje / Calicata : INCORPORACIÓN DEL 4% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)   | Norte : —                                     |
| N° de Muestra : M-3  | Este : —                                      |
| Progresiva : 59.914KM  | Cota : —                                      |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216 |                    | GRÁFICO DE FLUIDEZ<br><br>R <sup>2</sup> = 0.9302<br><br>LCCMSC y Asfalto<br>Laboratorio en Control de Calidad de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto E.I.R.L.<br>Aurelio Nahui Salvatierra<br>PROFESIONAL RESPONSABLE<br>CIP. 113503 |
|------------------------------------|--------------------|--|
| MÉTODO DE SECADO                   | Horno a 110 +/-5°C |  |
| MÉTODO DE REPORTE                  | "B"                |  |
| MATERIALES EXCLUIDOS               | Ninguno            |  |
| TARA N°                            | 6                  |  |
| PESO DE LA TARA                    | 125                |  |
| TARA + (m) HUMEDA                  | 541                |  |
| TARA + (m) SECO                    | 450                |  |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>        | <b>28.00</b>       |  |
| LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D 4318-84   |                    |  |
| ENSAYO N°                          | 1                  | 2  |
| N°. DE RECIPIENTE                  | 49                 | 11   |
| PESO DE RECIPIENTE                 | 11.25              | 11.17  |
| PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO     | 25.16              | 27.13  |
| PESO RECIPIENTE + SUELO SECO       | 22.67              | 24.39  |
| CANTIDAD MINIMA REQUERIDA 6g       | ¡Cumple!           | ¡Cumple!   |
| <b>RESULTADOS</b>                  | <b>26.58</b>       | <b>25.85</b>   |

| DETALLES EN LABORATORIO               |                                 | LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D 4318-84  |              |              |              |
|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA | "Secada al horno a 110 +/- 5°C" | DESCRIPCION                      | 1            | 2            | 3            |
| PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO             | Tamizado compuesto              | Nro. de Recipiente               | 3            | 29           | 35           |
| TAMIZ SEPARADOR                       | N°4                             | Peso de Recipiente               | 11.17        | 11.03        | 10.65        |
| MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS       | "B"                             | Peso Recipiente + Suelo Humedo   | 27.61        | 28.37        | 28.12        |
| MÉTODO DE SECADO                      | Horno                           | Peso Recipiente + Suelo Seco (B) | 25.11        | 24.11        | 23.03        |
| MÉTODO DE PREPARACION                 | Ambiente                        | N° De Golpes                     | 32           | 26           | 19           |
| MÉTODO DE EXTRACCIÓN                  | Manual                          | <b>RESULTADOS</b>                | <b>17.93</b> | <b>32.57</b> | <b>41.11</b> |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318 |            |
|---------------------------------------|------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 30.53      |
| LÍMITE PLÁSTICO                       | 26.21      |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                 | 4.32       |
| ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)           | 7.07       |
| ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)               | -6.07      |
| MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO    | Multipunto |

*Aurelio Nahui Salvatierra*  
Omar Charlie TAYBE LOPEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2019/OSD



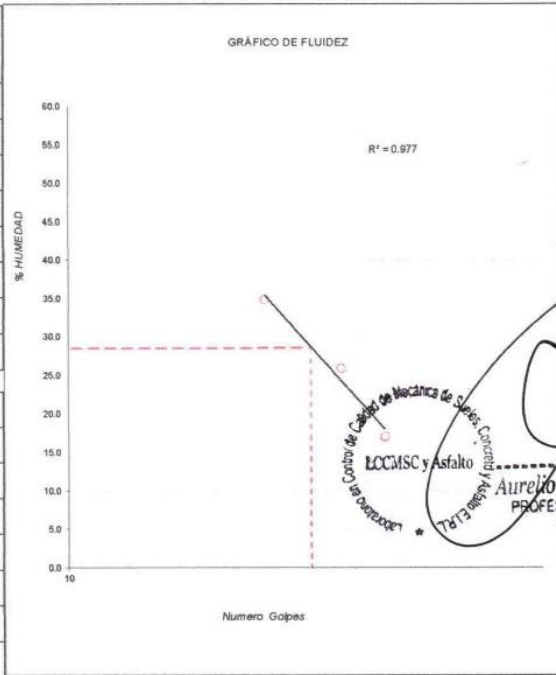


**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

|  |   |
|--|---|
| Tesis : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |   |
| Solicitante : BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS COOICCA, CESAR   |   |
| Ubicación de Proyecto : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA   | Fecha de Ensayo : martes, 12 de Enero de 2021 |
| Lugar : HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | Fecha de Entrega : lunes, 1 de Marzo de 2021  |
| Código de Muestra : CALICATA - (A)   | Profundidad : 0.20 - 1.50m                    |
| Sondaje / Calicata : INCORPORACIÓN DEL 6% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)   | Norte : —                                     |
| N° de Muestra : M-4  | Este : —                                      |
| Progresiva : 59.914KM  | Cota : —                                      |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216 |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| METODO DE SECADO                   | Horno a 110 +/-5°C |
| METODO DE REPORTE                  | "B"                |
| MATERIALES EXCLUIDOS               | Ninguno            |
| TARA N°                            | 6                  |
| PESO DE LA TARA                    | 125                |
| TARA + (m) HUMEDA                  | 475                |
| TARA + (m) SECO                    | 412                |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>        | <b>21.95</b>       |

| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318-84 |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| ENSAYO N°                        | 1            | 2            |
| N° DE RECIPIENTE                 | 49           | 11           |
| PESO DE RECIPIENTE               | 11.25        | 11.17        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO   | 25.16        | 27.13        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO SECO     | 22.67        | 24.39        |
| CANTIDAD MINIMA REQUERIDA 6g     | ¡Cumple!     | ¡Cumple!     |
| <b>RESULTADOS</b>                | <b>25.87</b> | <b>23.87</b> |



| DETALLES EN LABORATORIO               |                                | LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318-84  |              |              |              |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA | *Secada al horno a 110 +/- 5°C | DESCRIPCION                      | 1            | 2            | 3            |
| PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO             | Tamizado compuesto             | Nro. de Recipiente               | 3            | 29           | 35           |
| TAMIZ SEPARADOR                       | N°4                            | Peso de Recipiente               | 11.17        | 11.03        | 10.65        |
| MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS       | "B"                            | Peso Recipiente + Suelo Humedo   | 52           | 62           | 54           |
| MÉTODO DE SECADO                      | Horno                          | Peso Recipiente + Suelo Seco (B) | 46.04        | 51.52        | 42.81        |
| MÉTODO DE PREPARACION                 | Ambiente                       | N° De Golpes                     | 33           | 28           | 21           |
| MÉTODO DE EXTRACCIÓN                  | Manual                         | <b>RESULTADOS</b>                | <b>17.09</b> | <b>25.88</b> | <b>34.79</b> |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318 |            |
|---------------------------------------|------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 28.54      |
| LÍMITE PLÁSTICO                       | 24.87      |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                 | 3.67       |
| ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)           | 7.78       |
| ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)               | -6.78      |
| MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO    | Multipunto |



Omar Charlie TAYPE LOPEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2019/OSD





**CERTIFICACIÓN N° 00157-2021/LCCMSCyA.**

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L. |  |  |  |
| TESIS :  | "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |  | FECHA DE ENSAYO: 17 DE ENERO DEL 2021  |
|  |  |  | FECHA DE ENTREGA: 01 DE MARZO DEL 2021 |
| LUGAR:   | HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  |  | PROF. : 1.50m                          |
| SOLICITADO POR LOS TESISISTAS :  | BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   |  | METODO : "C"                           |
| SONDAJE :  | MUESTRA PATRÓN   |  | CALICATA : A                           |
| PROGRESIVA :   | 59.914KM   |  |  |

**PROCTOR MODIFICADO**

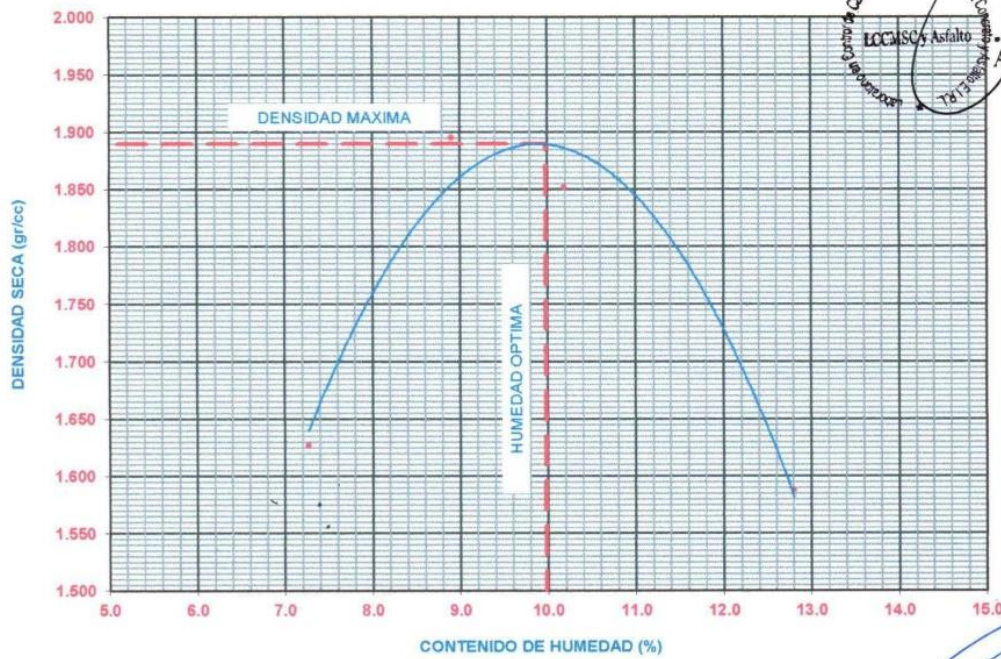
METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO

FECHA DE ENSAYO: 17 DE ENERO DEL 2021

|                                      |              |  |                       |      |                       |            |        |  |
|--------------------------------------|--------------|--|-----------------------|------|-----------------------|------------|--------|--|
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> ) | 2126         |  | PESO DEL MOLDE (gr) : | 6441 |                       | MOLDE Nro. | 1      |  |
| NUMERO DE ENSAYOS                    | 1            |  | 2                     |      | 3                     |            | 4      |  |
| PESO SUELO + MOLDE                   | 10152        |  | 10830                 |      | 10780                 |            | 10250  |  |
| PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO         | 3711         |  | 4389                  |      | 4339                  |            | 3809   |  |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO              | 1.745        |  | 2.064                 |      | 2.041                 |            | 1.792  |  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                 |              |  |                       |      |                       |            |        |  |
| RECIPIENTE Nro.                      | 2            |  | 4                     |      | 5                     |            | 12     |  |
| PESO SUELO HUMEDO + TARA             | 110.00       |  | 120.00                |      | 150.00                |            | 160.00 |  |
| PESO SUELOS SECO + TARA              | 104.92       |  | 113.11                |      | 140.36                |            | 148.44 |  |
| PESO DE LA TARA                      | 26.73        |  | 27.40                 |      | 26.54                 |            | 24.74  |  |
| PESO DE AGUA                         | 5.08         |  | 6.89                  |      | 9.64                  |            | 11.56  |  |
| PESO DE SUELO SECO                   | 78.19        |  | 85.71                 |      | 113.82                |            | 123.70 |  |
| CONTENIDO DE AGUA                    | 6.50         |  | 8.04                  |      | 8.47                  |            | 9.35   |  |
| % PROMEDIO DE AGUA                   | 7.27         |  | 8.91                  |      | 10.19                 |            | 12.80  |  |
| PESO VOLUMETRICO SECO                | 1.627        |  | 1.895                 |      | 1.852                 |            | 1.588  |  |
| DENSIDAD MAXIMA SECA                 | 1.890 gr/cc. |  |                       |      | HUMEDAD OPTIMA 9.98 % |            |        |  |

**GRAFICO DEL PROCTOR**



**LCCMSCyAsfalto**  
T8131898  
Aurelio Nahui Salvatierra  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD

**Omar Charlie TAYPE LOPEZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

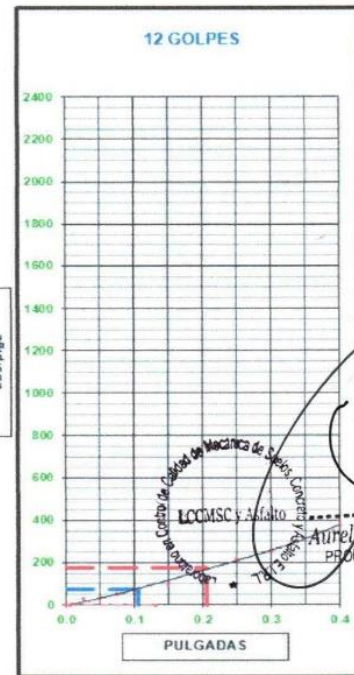
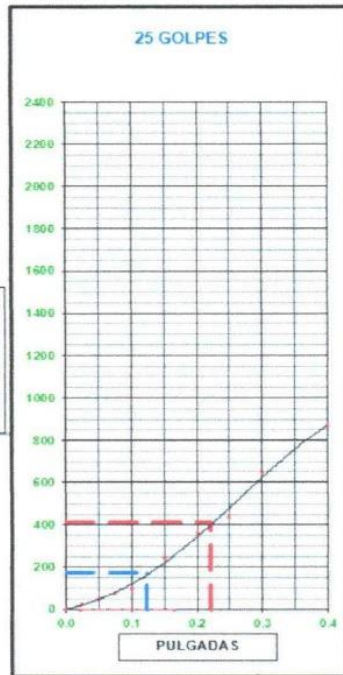
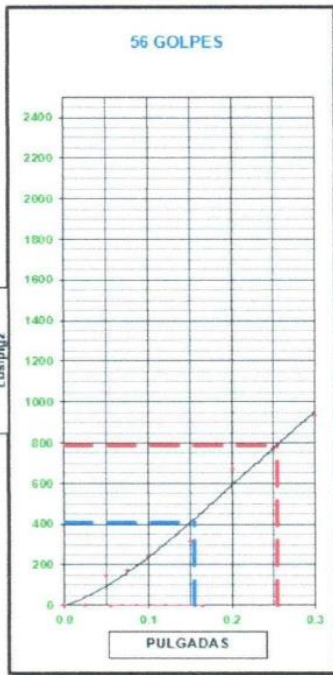




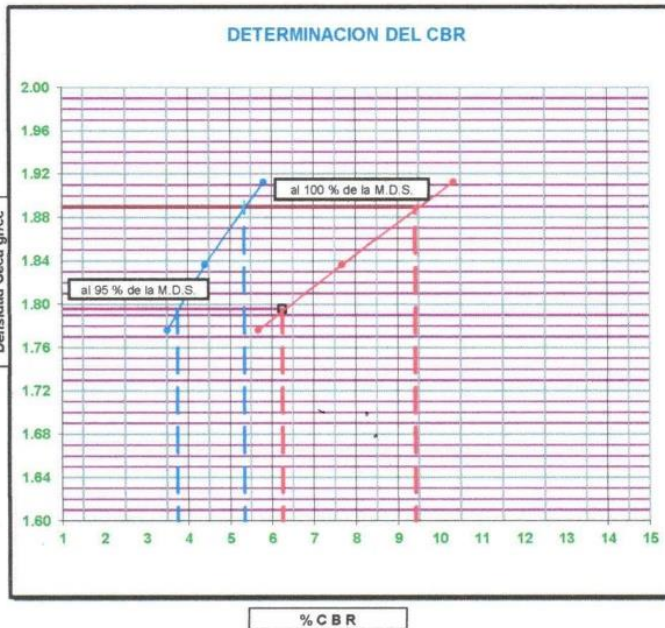
CERTIFICACIÓN N° 00157-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.   |   |
|--|---|
| <b>TESIS:</b> "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" | <b>FECHA DE ENSAYO:</b> 17 DE ENERO DEL 2021<br><br><b>FECHA DE ENTREGA:</b> 01 DE MARZO DEL 2021 |
| <b>SOLICITADO POR LOS TESISTAS:</b> BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL, BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   | <b>CALICATA:</b> A  |
| <b>UBICACIÓN:</b> LIRCAI - ANGARAES - HUANCAMELICA   | <b>MUESTRA:</b> MUESTRA PATRÓN  |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b> 17 DE ENERO DEL 2021   | <b>PROFUND.:</b> 1.50m  |
| <b>LUGAR:</b> HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  |   |

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



*Ateneo Nahui Salvatierra*  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503



| VALORES DEL CBR |               |
|-----------------|---------------|
| CBR AL 100%     | 0.1" = 5.34 % |
| CBR AL 95%      | 0.1" = 3.75 % |
| CBR AL 100%     | 0.2" = 9.42 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" = 6.25 % |

| LEYENDA     |              |
|-------------|--------------|
| — (Red)     | = 0.2" pulg. |
| — (Blue)    | = 0.1" pulg. |
| - - - (Red) | = Corrección |

| DATOS DEL PROCTOR     |                |
|-----------------------|----------------|
| DENSIDAD SECA al 100% | = 1.89 gr./cc. |
| DENSIDAD SECA al 95%  | = 1.80 gr./cc. |
| OPTIMO DE HUMEDAD     | = 9.98 %       |

| EXPANSION      |          |
|----------------|----------|
| % DE EXPANSION | = 3.55 % |

*Omar Charly TAYPE LOPEZ*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691



Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD



CERTIFICACIÓN N° 00158-2021/LCCMSCyA.

|  |  |  |
|--|--|--|
| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L. |  | FECHA DE ENSAYO: 17 DE ENERO DEL 2021  |
| TESIS:   | "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" | FECHA DE ENTREGA: 01 DE MARZO DEL 2021 |
| LUGAR:   | HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | PROF.: 1.50m                           |
| SOLICITADO POR LOS TESISTAS:   | BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   | METODO: "C"                            |
| SONDAJE:   | INCORPORACIÓN DEL 2% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)  | CALICATA: A                            |
| PROGRESIVA:  | 59.914KM   |  |

PROCTOR MODIFICADO

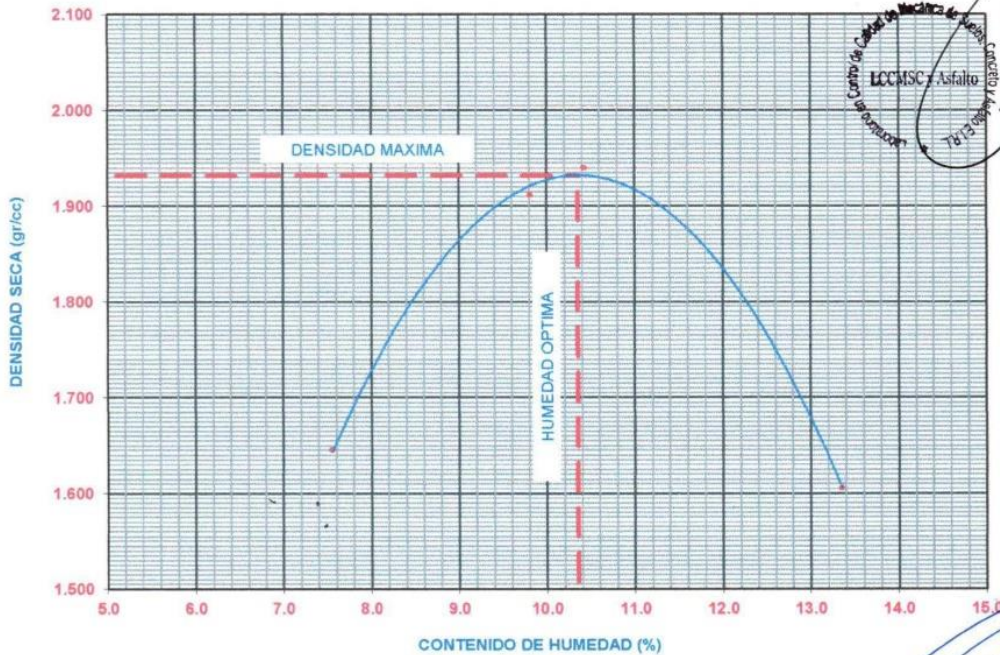
METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO

FECHA DE ENSAYO: 17 DE ENERO DEL 2021

|                                      |              |        |                      |        |         |            |        |        |
|--------------------------------------|--------------|--------|----------------------|--------|---------|------------|--------|--------|
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> ) | 2126         |        | PESO DEL MOLDE (gr): | 6441   |         | MOLDE Nro. | 1      |        |
| NUMERO DE ENSAYOS                    | 1            |        |                      | 2      |         |            | 3      |        |
| PESO SUELO + MOLDE                   | 10204        |        |                      | 10905  |         |            | 10997  |        |
| PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO         | 3763         |        |                      | 4464   |         |            | 4556   |        |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO              | 1.770        |        |                      | 2.100  |         |            | 2.143  |        |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                 |              |        |                      |        |         |            |        |        |
| RECIPIENTE Nro.                      | 2            |        | 4                    |        | 5       |            | 12     |        |
| PESO SUELO HUMEDO + TARA             | 125.00       | 135.00 | 120.00               | 100.00 | 115.00  | 120.00     | 100.00 | 114.00 |
| PESO SUELOS SECO + TARA              | 118.00       | 127.55 | 112.00               | 93.00  | 106.00  | 112.00     | 91.00  | 104.00 |
| PESO DE LA TARA                      | 26.73        | 27.40  | 26.54                | 24.74  | 27.53   | 26.73      | 26.73  | 25.28  |
| PESO DE AGUA                         | 7.00         | 7.45   | 8.00                 | 7.00   | 9.00    | 8.00       | 9.00   | 10.00  |
| PESO DE SUELO SECO                   | 91.27        | 100.15 | 85.46                | 68.26  | 78.47   | 85.27      | 64.27  | 78.72  |
| CONTENIDO DE AGUA                    | 7.67         | 7.44   | 9.36                 | 10.25  | 11.47   | 9.38       | 14.00  | 12.70  |
| % PROMEDIO DE AGUA                   | 7.55         |        | 9.81                 |        | 10.43   |            | 13.35  |        |
| PESO VOLUMETRICO SECO                | 1.646        |        | 1.912                |        | 1.941   |            | 1.606  |        |
| DENSIDAD MAXIMA SECA                 | 1.932 gr/cc. |        | HUMEDAD OPTIMA       |        | 10.35 % |            |        |        |

GRAFICO DEL PROCTOR



**Aurelio Nahui Salvatierra**  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. N° 113503

**Óscar Charité TAYRE LOPEZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

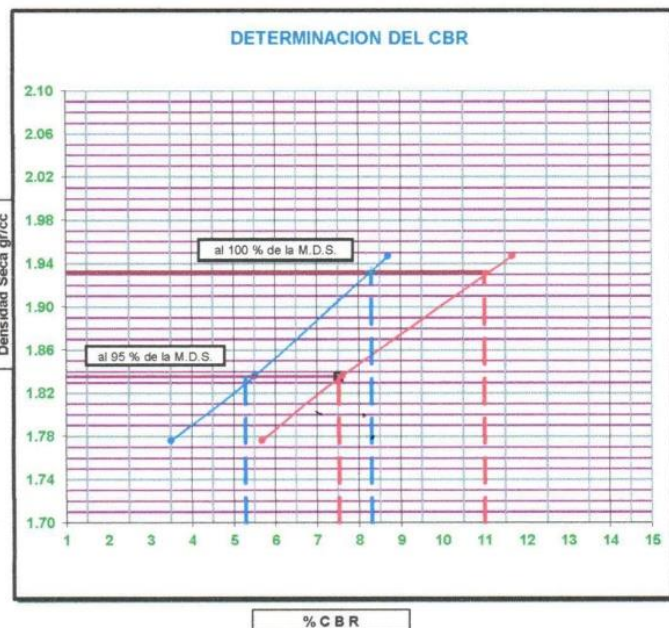
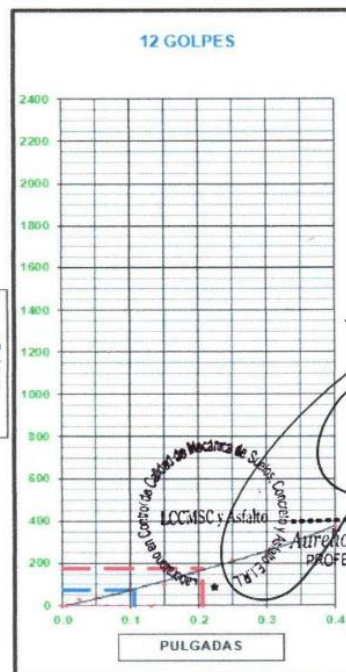
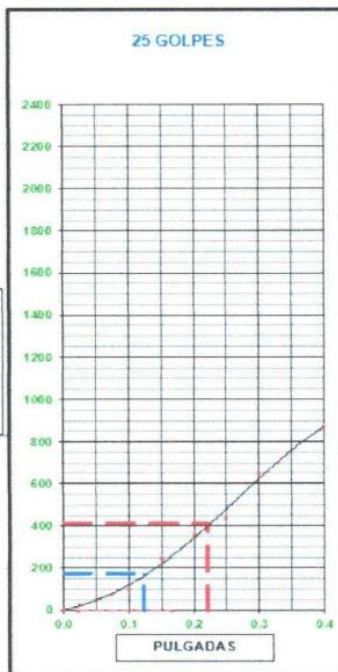
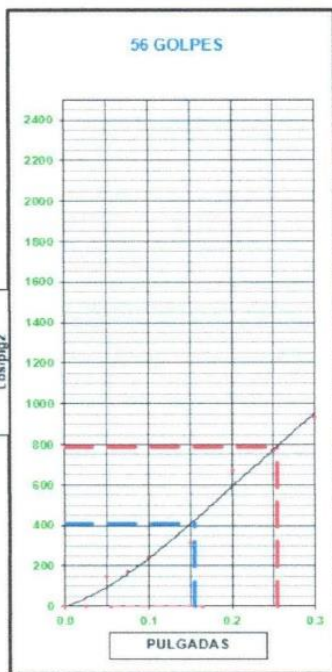
Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD





| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.  |   |
|---|---|
| TESIS: "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" | FECHA DE ENSAYO: 17 DE ENERO DEL 2021<br><br>FECHA DE ENTREGA: 01 DE MARZO DEL 2021 |
| SOLICITADO POR LOS TESISTAS: BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL, BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   | CALICATA: A   |
| UBICACIÓN: LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA   | MUESTRA: INCORPORACIÓN DEL 2% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)                            |
| FECHA DE ENSAYO: 17 DE ENERO DEL 2021   | PROFUND.: 1.50m   |
| LUGAR: HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914  |   |

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



| VALORES DEL CBR |      |           |
|-----------------|------|-----------|
| CBR AL 100%     | 0.1" | = 8.30 %  |
| CBR AL 95%      | 0.1" | = 5.28 %  |
| CBR AL 100%     | 0.2" | = 11.00 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" | = 7.52 %  |

| LEYENDA |              |
|---------|--------------|
|         | = 0.2" pulg. |
|         | = 0.1" pulg. |
|         | = Corrección |

| DATOS DEL PROCTOR     |                |
|-----------------------|----------------|
| DENSIDAD SECA al 100% | = 1.93 gr./cc. |
| DENSIDAD SECA al 95%  | = 1.84 gr./cc. |
| OPTIMO DE HUMEDAD     | = 10.35 %      |

| EXPANSION      |          |
|----------------|----------|
| % DE EXPANSION | = 3.55 % |

*Mano de firma*  
**Mano Charita TAYPE LOPEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 181691



Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD



CERTIFICACIÓN N° 00159-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L. |  |                   |                      |
|--|--|-------------------|----------------------|
| TESIS:   | "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" | FECHA DE ENSAYO:  | 17 DE ENERO DEL 2021 |
|  |  | FECHA DE ENTREGA: | 01 DE MARZO DEL 2021 |
| LUGAR:   | HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | PROF.:            | 1.50m                |
| SOLICITADO POR LOS TESISISTAS:   | BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   | METODO:           | "C"                  |
| SONDAJE:   | INCORPORACIÓN DEL 4% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)  | CALICATA:         | A                    |
| PROGRESIVA:  | 59.914KM   |                   |                      |

PROCTOR MODIFICADO

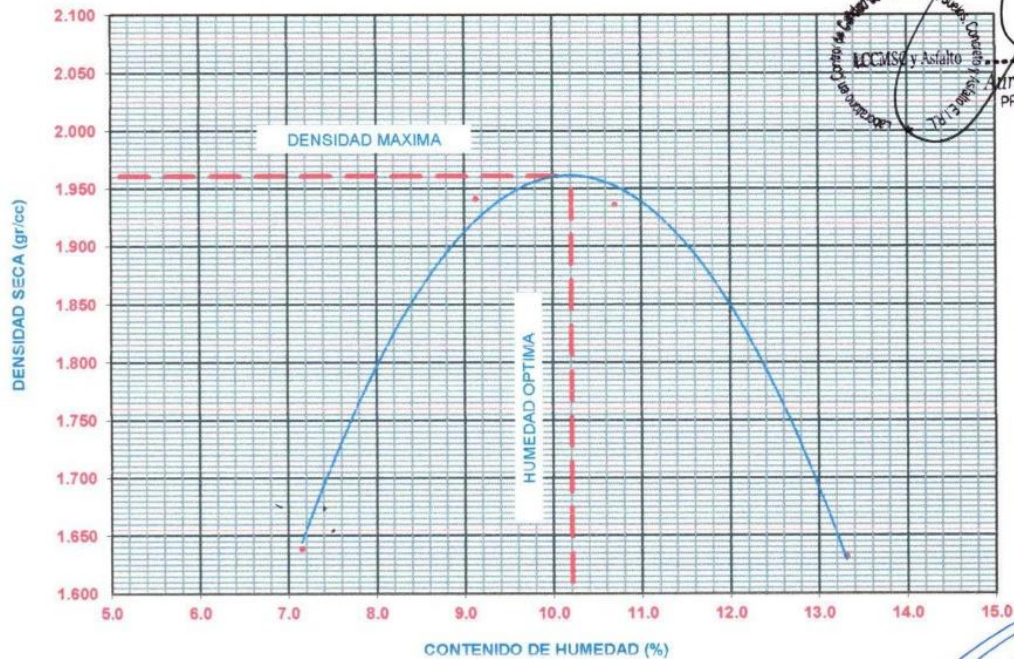
METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO

FECHA DE ENSAYO: 17 DE ENERO DEL 2021

| VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> ) | 2126         |        | PESO DEL MOLDE (gr): | 6411   |        | MOLDE Nro. | 1      |        |
|--------------------------------------|--------------|--------|----------------------|--------|--------|------------|--------|--------|
| NUMERO DE ENSAYOS                    | 1            |        | 2                    |        | 3      |            | 4      |        |
| PESO SUELO + MOLDE                   | 10175        |        | 10945                |        | 10998  |            | 10374  |        |
| PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO         | 3734         |        | 4504                 |        | 4557   |            | 3933   |        |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO              | 1.756        |        | 2.118                |        | 2.143  |            | 1.850  |        |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                 |              |        |                      |        |        |            |        |        |
| RECIPIENTE Nro.                      | 2            |        | 4                    |        | 5      |            | 12     |        |
|                                      | 7            |        | 2                    |        | 2      |            | 9      |        |
| PESO SUELO HUMEDO + TARA             | 114.55       | 119.00 | 120.00               | 155.00 | 125.00 | 120.00     | 129.00 | 120.00 |
| PESO SUELOS SECO + TARA              | 109.45       | 112.11 | 112.24               | 144.02 | 116.12 | 110.47     | 117.34 | 108.55 |
| PESO DE LA TARA                      | 26.73        | 27.40  | 26.54                | 24.74  | 27.53  | 26.73      | 26.73  | 25.28  |
| PESO DE AGUA                         | 5.10         | 6.89   | 7.76                 | 10.98  | 8.88   | 9.53       | 11.66  | 11.45  |
| PESO DE SUELO SECO                   | 82.72        | 84.71  | 85.70                | 119.28 | 88.59  | 83.74      | 90.61  | 83.27  |
| CONTENIDO DE AGUA                    | 6.17         | 8.13   | 9.05                 | 9.21   | 10.02  | 11.38      | 12.87  | 13.75  |
| % PROMEDIO DE AGUA                   | 7.15         |        | 9.13                 |        | 10.70  |            | 13.31  |        |
| PESO VOLUMETRICO SECO                | 1.639        |        | 1.941                |        | 1.936  |            | 1.633  |        |
| DENSIDAD MAXIMA SECA                 | 1.961 gr/cc. |        | HUMEDAD OPTIMA       |        | 10.21  |            | %      |        |

GRAFICO DEL PROCTOR



**Arrelio Nahui Salazar**  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503

**Omar Charlie TAYPE LOPEZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2019/OSD

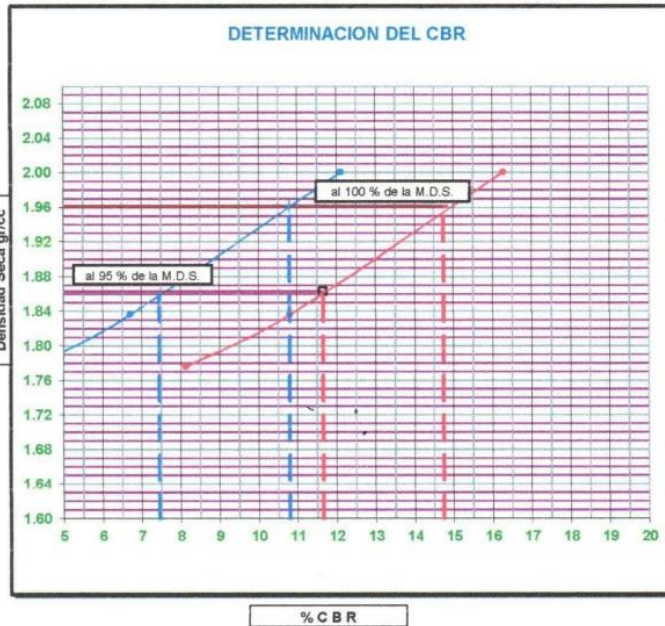
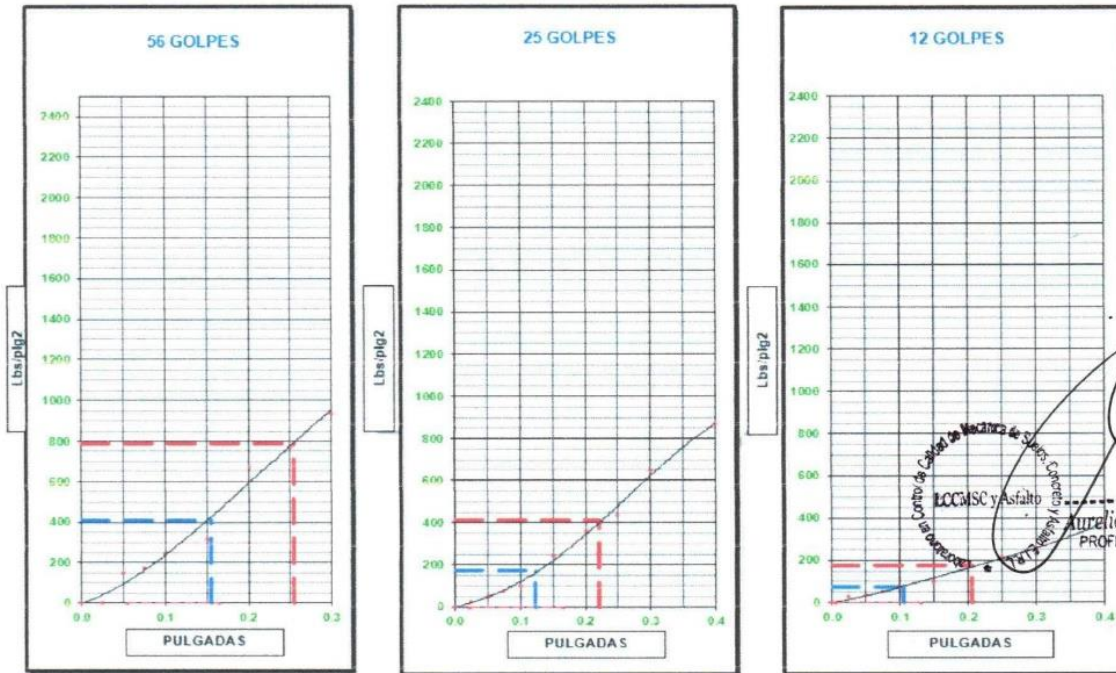




CERTIFICACIÓN N° 00159-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.  |   |
|---|---|
| <b>TESIS:</b> APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCVELICA - 2020 | <b>FECHA DE ENSAYO:</b> 17 DE ENERO DEL 2021<br><br><b>FECHA DE ENTREGA:</b> 01 DE MARZO DEL 2021 |
| <b>SOLICITADO POR LOS TESISTAS:</b> BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS COOICCA, CESAR  | <b>CALICATA:</b> A  |
| <b>UBICACIÓN:</b> LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA   | <b>MUESTRA:</b> INCORPORACIÓN DEL 4% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)                                   |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b> 17 DE ENERO DEL 2021  | <b>PROFUND.:</b> 1.50m  |
| <b>LUGAR:</b> HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914   |   |

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



| VALORES DEL CBR |      |           |
|-----------------|------|-----------|
| CBR AL 100%     | 0.1" | = 10.80 % |
| CBR AL 95%      | 0.1" | = 7.45 %  |
| CBR AL 100%     | 0.2" | = 14.74 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" | = 11.65 % |

| LEYENDA |              |
|---------|--------------|
|         | = 0.2" pulg. |
|         | = 0.1" pulg. |
|         | = Corrección |

| DATOS DEL PROCTOR     |                |
|-----------------------|----------------|
| DENSIDAD SECA al 100% | = 1.96 gr./cc. |
| DENSIDAD SECA al 95%  | = 1.86 gr./cc. |
| OPTIMO DE HUMEDAD     | = 10.21 %      |

| EXPANSION      |          |
|----------------|----------|
| % DE EXPANSION | = 2.77 % |

  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691



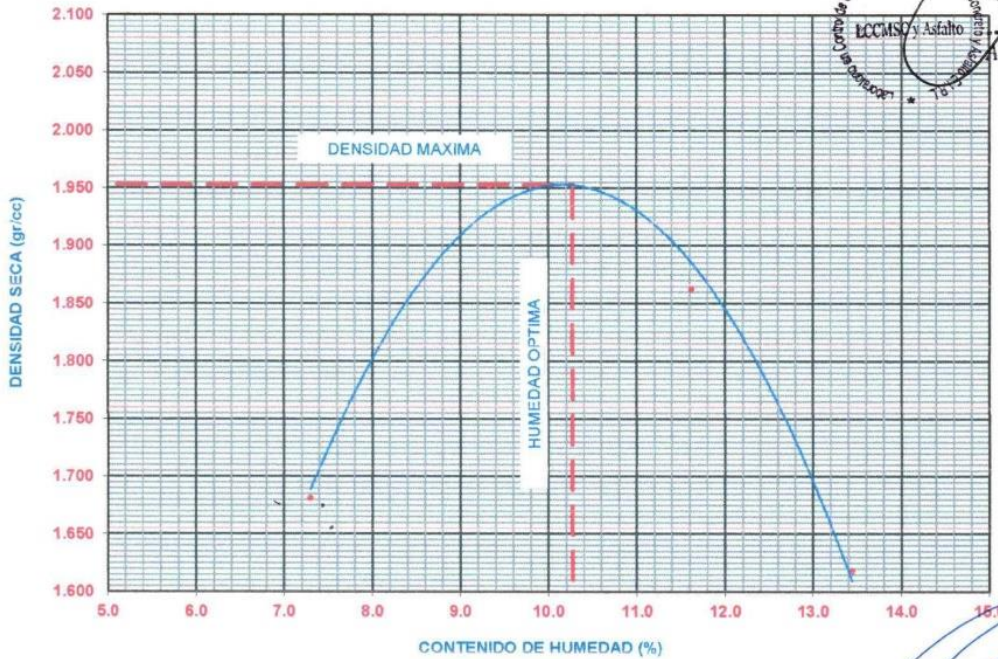
Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16190-2019/OSD



CERTIFICACIÓN N° 00160-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L. |  |                      |                |  |        |        |        |        |
|--|--|----------------------|----------------|--|--------|--------|--------|--------|
| TESIS:   | "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |                      |                | FECHA DE ENSAYO: 17 DE ENERO DEL 2021  |        |        |        |        |
| LUGAR:   | HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  |                      |                | FECHA DE ENTREGA: 01 DE MARZO DEL 2021 |        |        |        |        |
| SOLICITADO POR LOS TESISISTAS:   | BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   |                      |                | PROF.: 1.50m                           |        |        |        |        |
| SONDAJE:   | INCORPORACIÓN DEL 6% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)  |                      |                | METODO: "C"                            |        |        |        |        |
| PROGRESIVA:  | 59.914KM   |                      |                | CALICATA: A                            |        |        |        |        |
| PROCTOR MODIFICADO   |  |                      |                |  |        |        |        |        |
| METODO ASTM D 1557   |  |                      |                |  |        |        |        |        |
| METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO  |  |                      |                |  |        |        |        |        |
| FECHA DE ENSAYO: 17 DE ENERO DEL 2021  |  |                      |                |  |        |        |        |        |
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )   | 2126   | PESO DEL MOLDE (gr): | 6441           | MOLDE Nro. 1                           |        |        |        |        |
| NUMERO DE ENSAYOS  | 1  | 2                    | 3              | 4                                      |        |        |        |        |
| PESO SUELO + MOLDE   | 10277  | 10978                | 10861          | 10344                                  |        |        |        |        |
| PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO   | 3836   | 4537                 | 4420           | 3903                                   |        |        |        |        |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO  | 1.804  | 2.134                | 2.079          | 1.836                                  |        |        |        |        |
| CONTENIDO DE HUMEDAD   |  |                      |                |  |        |        |        |        |
| RECIPIENTE Nro.  | 2  | 4                    | 5              | 12                                     | 7      | 2      | 2      | 9      |
| PESO SUELO HUMEDO + TARA   | 120.00   | 129.00               | 142.00         | 154.00                                 | 124.00 | 120.00 | 128.00 | 130.00 |
| PESO SUELOS SECO + TARA  | 114.25   | 121.45               | 132.11         | 143.01                                 | 114.14 | 110.11 | 116.41 | 117.17 |
| PESO DE LA TARA  | 26.73  | 27.40                | 26.54          | 24.74                                  | 27.53  | 26.73  | 26.73  | 25.28  |
| PESO DE AGUA   | 5.75   | 7.55                 | 9.89           | 10.99                                  | 9.86   | 9.89   | 11.59  | 12.83  |
| PESO DE SUELO SECO   | 87.52  | 94.05                | 105.57         | 118.27                                 | 86.61  | 83.38  | 89.68  | 91.89  |
| CONTENIDO DE AGUA  | 6.57   | 8.03                 | 9.37           | 9.29                                   | 11.38  | 11.86  | 12.92  | 13.96  |
| % PROMEDIO DE AGUA   | 7.30   |                      | 9.33           |  | 11.62  |        | 13.44  |        |
| PESO VOLUMETRICO SECO  | 1.681  |                      | 1.952          |  | 1.862  |        | 1.618  |        |
| DENSIDAD MAXIMA SECA   | 1.953 gr/cc.   |                      | HUMEDAD OPTIMA |  | 10.27  |        |        |        |

GRAFICO DEL PROCTOR



*Control de Calidad de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto*  
LCCMSC y Asfalto  
Aurelio Nahui Salvatierra  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503

*Omar Charlie TAYPE LOPEZ*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD

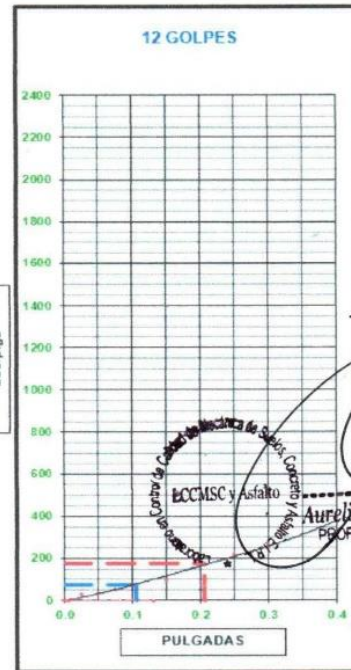
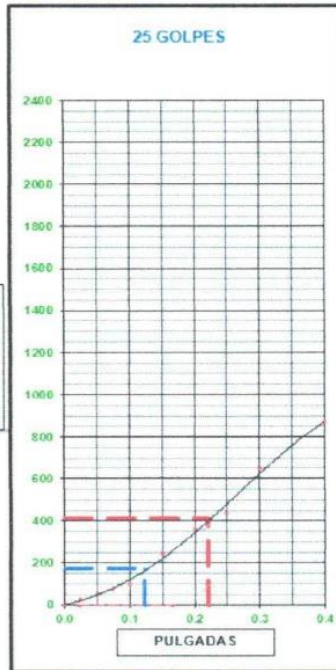
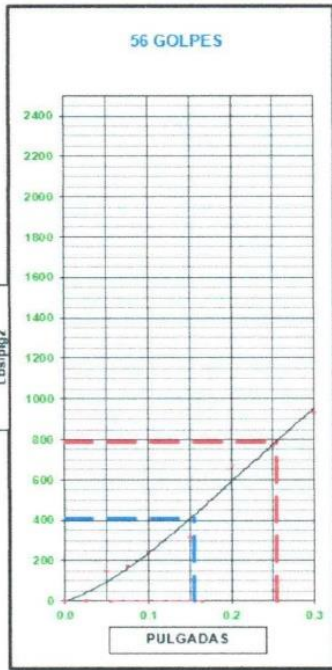




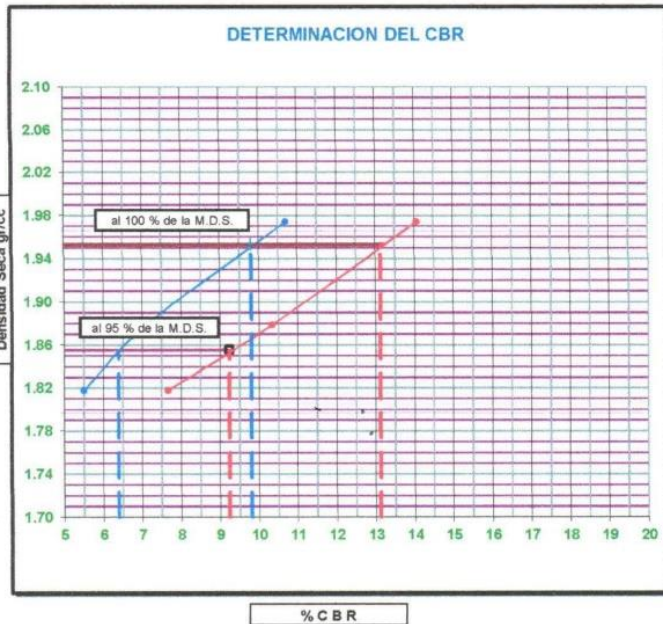
CERTIFICACIÓN N° 00160-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.   |   |
|--|---|
| <b>TESIS:</b> "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAVELICA - 2020" | <b>FECHA DE ENSAYO:</b> 17 DE ENERO DEL 2021                    |
|  | <b>FECHA DE ENTREGA:</b> 01 DE MARZO DEL 2021                   |
| <b>SOLICITADO POR LOS TESTISTAS:</b> BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR  | <b>CALICATA:</b> A  |
| <b>UBICACIÓN:</b> LIRCAY - ANGARAES - HUANCAVELICA   | <b>MUESTRA:</b> INCORPORACIÓN DEL 6% DE CLORURO DE SODIO (NaCl) |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b> 17 DE ENERO DEL 2021   |   |
| <b>LUGAR:</b> HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | <b>PROFUND.:</b> 1.50m  |

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



Control de Calidad de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto  
LCCMSC y Asfalto  
Aurelio Nahui Salvatierra  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503



| VALORES DEL CBR |      |           |
|-----------------|------|-----------|
| CBR AL 100%     | 0.1" | = 9.80 %  |
| CBR AL 95%      | 0.1" | = 6.39 %  |
| CBR AL 100%     | 0.2" | = 13.12 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" | = 9.24 %  |

| LEYENDA |              |
|---------|--------------|
|         | = 0.2" pulg. |
|         | = 0.1" pulg. |
|         | = Corrección |

| DATOS DEL PROCTOR     |                |
|-----------------------|----------------|
| DENSIDAD SECA al 100% | = 1.95 gr./cc. |
| DENSIDAD SECA al 95%  | = 1.86 gr./cc. |
| OPTIMO DE HUMEDAD     | = 10.27 %      |

| EXPANSION      |          |
|----------------|----------|
| % DE EXPANSION | = 2.44 % |

  
Omar Charlie TAYPE LOPEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en  **Indecopi** Resolución N° 16190-2019/OSD



• Resultados calicata B, progresiva 60+414 km



Laboratorio en Control de Calidad de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto E.I.R.L.

ENSAYOS GEOFÍSICOS.  
ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS.  
ENSAYO DE LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO.  
CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES  
PRUEBAS HIDRÁULICAS - ANÁLISIS QUÍMICO  
EXTRACCIÓN DE MUESTRA CON DIAMANTINA



CERTIFICACIÓN N° 00161-2021/LCCMSCyA.  
LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

TESIS : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020"

SOLICITANTE : BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS COOICCA, CESAR

UBICACIÓN DEL PROYECTO : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA

LUGAR : HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914

FECHA DE ENSAYO : Jueves, 28 de Enero de 2021

FECHA DE ENTREGA : Lunes, 1 de Marzo de 2021

Código de Muestra : CALICATA - (B)

Sondaje / Calicata : MUESTRA PATRÓN

N° de Muestra : M-1

Progresiva : 60.414KM

Profundidad : 0.20 - 1.50m

Norte : —

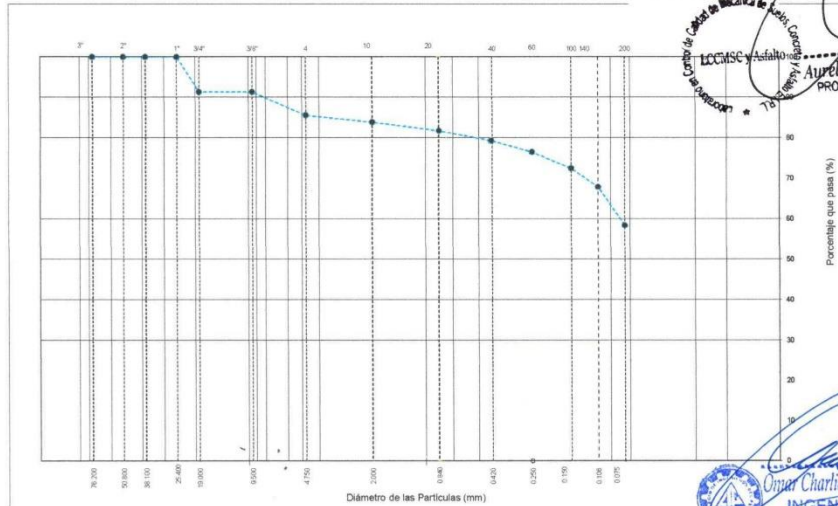
Este : —

Cota : —

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO<br>ASTM D6913 |               |                    |                      |                  |
|--|---------------|--------------------|----------------------|------------------|
| TAMIZ  | ABERTURA (mm) | PORCENTAJE PARCIAL | % ACUMULADO RETENIDO | % ACUMULADO PASA |
| 3"   | 76.200        | 0.00               | 0.00                 | 100.00           |
| 2"   | 50.800        | 0.00               | 0.00                 | 100.00           |
| 1 1/2"   | 38.100        | 0.00               | 0.00                 | 100.00           |
| 1"   | 25.400        | 0.00               | 0.00                 | 100.00           |
| 3/4"   | 19.000        | 8.70               | 8.70                 | 91.30            |
| 3/8"   | 9.500         | 0.00               | 8.70                 | 91.30            |
| N° 4   | 4.750         | 5.72               | 14.42                | 85.58            |
| N° 10  | 2.000         | 1.68               | 16.09                | 83.91            |
| N° 20  | 0.840         | 2.13               | 18.22                | 81.78            |
| N° 40  | 0.425         | 2.46               | 20.68                | 79.32            |
| N° 60  | 0.250         | 2.80               | 23.48                | 76.52            |
| N° 100   | 0.150         | 4.03               | 27.50                | 72.50            |
| N° 140   | 0.106         | 4.59               | 32.09                | 67.91            |
| N° 200   | 0.075         | 9.51               | 41.59                | 58.41            |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216                   |   |
|--|---|
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)                             | 11.27   |
| MÉTODO DE SECADO                                     | Horno a 110 +/-5°C  |
| MATERIALES EXCLUIDOS                                 | Ninguno   |
| TAMIZ SEPARADOR                                      | N°4   |
| DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL SUELO - LABORATORIO |   |
| CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL                        | Cl. suelos de color marrón claro de conformación de arcillas inorgánicas con presencia de gravas y arenas |
| NOTAS SOBRE LA MUESTRA                               | Muestra ensayada en laboratorio de LCCMSCyA   |
| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318                |   |
| LÍMITE LÍQUIDO                                       | 28.33   |
| LÍMITE PLÁSTICO                                      | 22.91   |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                                | 5.42  |
| ÍNDICE DE CONSISTENCIA (IC)                          | 3.15  |
| ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)                                | -2.15   |
| MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO                   | Multipunto  |

| Gravas |      | Arenas |       |      | Finos Líneas y arcillas |
|--------|------|--------|-------|------|-------------------------|
| Gruesa | Fina | Gruesa | Medía | Fina |                         |
|        |      |        |       |      |                         |



| COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS |       |
|---|-------|
| CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %                       | 8.70  |
| CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %                       | 32.90 |
| CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %                      | 58.41 |

| CLASIFICACIÓN DEL SUELO           |  |
|-----------------------------------|--|
| CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)   | CL                                     |
| CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282) | A-6                                    |
| NOMBRE DEL GRUPO                  | arcillas inorgánicas con arena y grava |

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2019/OSD

**Aurelio Nahui Salas Sierra**  
 PROFESIONAL RESPONSABLE  
 CIP. N° 113503

**Omar Charly TAYFE LOPEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 181691

LCCMSC y Asfalto

PJ. José Olaya N° 574 los Ángeles - Rimac - Lima  
Av. 13 de Octubre N° 572 - Pueblo Nuevo - Chincha.  
Jr. Huallaga N° 112 - Chilca - Huancayo.  
Jr. Virrey Toledo N° 398 - Huancavelica.

RUC: 20568484526  
Telf. 941876655 - (067) 480649  
laboratoriosuelosconcreto@hotmail.com



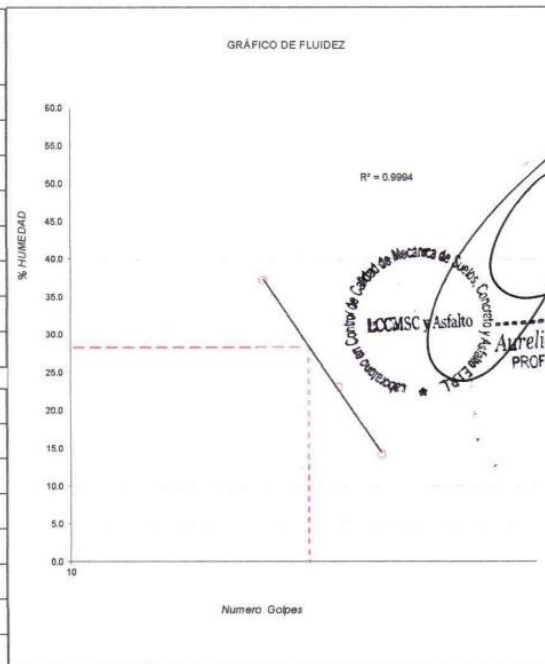
Laboratorio en Control de Calidad de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto E.I.R.L.



**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

|  |   |
|--|---|
| Tesis : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |   |
| Solicitante : BACH. ÑAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL, BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   |   |
| Ubicación de Proyecto : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA   | Fecha de Ensayo : jueves, 28 de Enero de 2021 |
| Lugar : HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | Fecha de Entrega : lunes, 1 de Marzo de 2021  |
| Código de Muestra : CALICATA - (B)   | Profundidad : 0.20 - 1.50m                    |
| Sondaje / Calicata : MUESTRA PATRÓN  | Norte : ---                                   |
| N° de Muestra : M-1  | Este : ---                                    |
| Progresiva : 60.414KM  | Cota : ---                                    |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216 |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| MÉTODO DE SECADO                   | Horno a 110 +/-5°C |
| MÉTODO DE REPORTE                  | "B"                |
| MATERIALES EXCLUIDOS               | Ninguno            |
| TARA N°                            | 6                  |
| PESO DE LA TARA                    | 125                |
| TARA + (m) HUMEDA                  | 611.24             |
| TARA + (m) SECO                    | 562                |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>        | <b>11.27</b>       |



| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318-84 |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| ENSAYO N°                        | 1            | 2            |
| N°. DE RECIPIENTE                | 49           | 11           |
| PESO DE RECIPIENTE               | 11.25        | 11.17        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO   | 26.16        | 27.13        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO SECO     | 22.67        | 24.39        |
| CANTIDAD MINIMA REQUERIDA 6g     | ¡Cumple!     | ¡Cumple!     |
| <b>RESULTADOS</b>                | <b>23.36</b> | <b>22.47</b> |

| DETALLES EN LABORATORIO               |                                 | LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318-84  |              |              |              |
|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA | *Secada al horno a 110 +/- 5°C* | DESCRIPCION                      | 1            | 2            | 3            |
| PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO             | Tamizado compuesto              | Nro. de Recipiente               | 3            | 29           | 35           |
| TAMIZ SEPARADOR                       | N°4                             | Peso de Recipiente               | 11.17        | 11.03        | 10.65        |
| MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS       | "B"                             | Peso Recipiente + Suelo Humedo   | 58.25        | 57.95        | 52.62        |
| MÉTODO DE SECADO                      | Horno                           | Peso Recipiente + Suelo Seco (B) | 52.36        | 49.15        | 41.25        |
| MÉTODO DE PREPARACION                 | Ambiente                        | N° De Golpes                     | 33           | 28           | 21           |
| MÉTODO DE EXTRACCIÓN                  | Manual                          | <b>RESULTADOS</b>                | <b>14.30</b> | <b>23.08</b> | <b>37.16</b> |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318 |            |
|---------------------------------------|------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 28.33      |
| LÍMITE PLÁSTICO                       | 22.91      |
| INDICE DE PLASTICIDAD                 | 5.42       |
| INDICE DE CONSISTENCIA (Ic)           | 5.23       |
| INDICE DE LIQUIDEZ (IL)               | -4.23      |
| MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO    | Multipunto |

  
Omar Charie, TAYPE LOPEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691



Registrado en indecopi Resolución N° 16130-2013/OSD



## PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

NORMA (ASTM D 4050 - NTP 339.128 - MTC E 107 y MTC E 109)

**PROYECTO:** "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020"

**SOLICITANTE:** BACH ÑAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL, BACH VALLEJOS CCOICCA, CESAR

**LUGAR:** HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914

**ING. RESPONSABLE:** ING. AÑS



**CALICATA:** MUESTRA PATRÓN

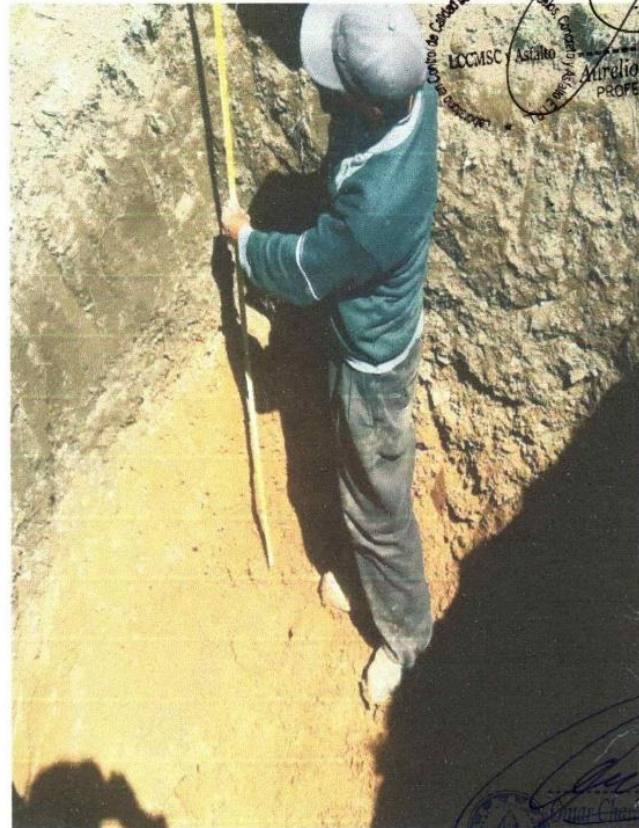
**FECHA:** lunes, 1 de Marzo de 2021

### ESTRATIFICACION DE SUELOS

**MUESTRAS :** M-01

**PROF. (m) :** 0.20 - 1.50m

| PROF. M. | ESTRATO                       | DESCRIPCION DEL SUELO   | CLASIFICACIÓN POR HORIZONTES DE ESTRATIFICACIÓN |      |   |           |                |                 |                     |           |
|----------|-------------------------------|---|---|------|---|-----------|----------------|-----------------|---------------------|-----------|
|          |                               |   | PROFUNDIDAD                                     | SUCS | SÍMBOLO   | HORIZONTE | ROCA FIRME (%) | ROCA SUELTA (%) | MATERIAL SUELTO (%) | TOTAL (%) |
| 0.00     | GRAFICO                       | Clasificación técnica: forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc. | 0.20m-0.50m                                     | SC   |  | E         | -              | 30              | 70                  | 100       |
|          |                               |   | 0.50m-1.50m                                     | CL   |  | E         | -              | 15              | 85                  | 100       |
| 0.20     |                               | Material orgánico, para limpieza y desbroce.  |   |      |   |           |                |                 |                     |           |
| 0.50     | ESTRATO DE COLOR MARRON       | capa mineral que presenta lixiviación de minerales, arcillas y cationes con mezcla de arenas y gravas   |   |      |   |           |                |                 |                     |           |
| 0.90     |                               | CLASIFICACION (SC)  |   |      |   |           |                |                 |                     |           |
| 1.10     | ESTRATO DE COLOR MARRON CLARO | Material de coloración marron claro, material con presencia de gravas de TN 3/4" con mayor porcentaje de arcillas inorgánicas, compactación baja a regular, contenido de humedad media y de media plasticidad   |   |      |   |           |                |                 |                     |           |
| 1.50     |                               | HORIZONTE (E)   |   |      |   |           |                |                 |                     |           |



Registro en **Indecopi** Resolución N° 16190-2019/OSD

**Andrés Nahui Salazar**  
 PROFESIONAL RESPONSABLE  
 C.I.F. 113503

**INGENIERO CIVIL**  
 CIP. N° 181691

#### RESULTADOS DEL AREA DE ESTUDIO A 1.50m

| DETALLE DE CARACTERIZACION   | CLASIFICACION |      | GRANULOMETRIA |                   |                | LIMITES % |       |      | HUM. NAT % |
|--|---------------|------|---------------|-------------------|----------------|-----------|-------|------|------------|
|  | AASHTO        | SUCS | 3" A Nro. 4   | Nro. 4 a Nro. 200 | Menor Nro. 200 | L.L.      | L.P.  | I.P. |            |
| NIVEL FREATICO: NO PRESENTA<br>COLOR - NATURAL: MARRON CLARO<br>MACIZO ROCOSO: NO PRESENTA | A-6           | CL   | 8.70          | 32.90             | 58.41          | 28.33     | 22.91 | 5.42 | 11.27      |



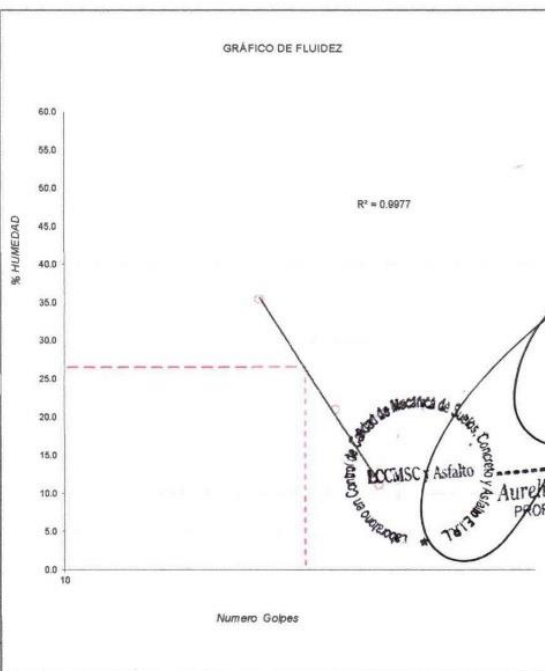


**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

|  |  |
|--|--|
| Tesis : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |  |
| Solicitante : BACH. ÑAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   |  |
| Ubicación de Proyecto : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA   | Fecha de Ensayo: jueves, 28 de Enero de 2021 |
| Lugar : HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | Fecha de Entrega: lunes, 1 de Marzo de 2021  |
| Código de Muestra : CALICATA - (B)   | Profundidad: 0.20 - 1.50m                    |
| Sondaje / Calicata : INCORPORACIÓN DEL 2% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)   | Norte: —                                     |
| N° de Muestra : M-2  | Este: —                                      |
| Progresiva : 60.414KM  | Cota: —                                      |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216 |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| MÉTODO DE SECADO                   | Horno a 110 +/-5°C |
| MÉTODO DE REPORTE                  | "B"                |
| MATERIALES EXCLUIDOS               | Ninguno            |
| TARA N°                            | 6                  |
| PESO DE LA TARA                    | 125                |
| TARA + (m) HUMEDA                  | 405.19             |
| TARA + (m) SECO                    | 375                |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>        | <b>12.08</b>       |

| LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D 4318-84 |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| ENSAYO N°                        | 1            | 2            |
| N° DE RECIPIENTE                 | 49           | 11           |
| PESO DE RECIPIENTE               | 11.25        | 11.17        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO   | 25.16        | 27.13        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO SECO     | 22.67        | 24.39        |
| CANTIDAD MÍNIMA REQUERIDA 6g     | ¡Cumple!     | ¡Cumple!     |
| <b>RESULTADOS</b>                | <b>20.78</b> | <b>20.10</b> |



| DETALLES EN LABORATORIO               |                                 |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA | "Secada al horno a 110 +/- 5°C" |
| PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO             | Tamizado compuesto              |
| TAMIZ SEPARADOR                       | N°4                             |
| MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS       | "B"                             |
| MÉTODO DE SECADO                      | Horno                           |
| MÉTODO DE PREPARACION                 | Ambiente                        |
| MÉTODO DE EXTRACCIÓN                  | Manual                          |

| LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D 4318-84  |              |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN                      | 1            | 2            | 3            |
| Nro. de Recipiente               | 3            | 29           | 35           |
| Peso de Recipiente               | 11.17        | 11.03        | 10.65        |
| Peso Recipiente + Suelo Humedo   | 40.71        | 45.62        | 41.25        |
| Peso Recipiente + Suelo Seco (B) | 37.75        | 39.62        | 33.25        |
| N° De Golpes                     | 33           | 28           | 21           |
| <b>RESULTADOS</b>                | <b>11.14</b> | <b>20.99</b> | <b>35.40</b> |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318 |            |
|---------------------------------------|------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 26.54      |
| LÍMITE PLÁSTICO                       | 20.44      |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                 | 6.10       |
| ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)           | 4.35       |
| ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)                 | -3.35      |
| MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO    | Multipunto |

Laboratorio en Control de Calidad de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto E.I.R.L.  
Aurelio Nahui Salvatierra  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD

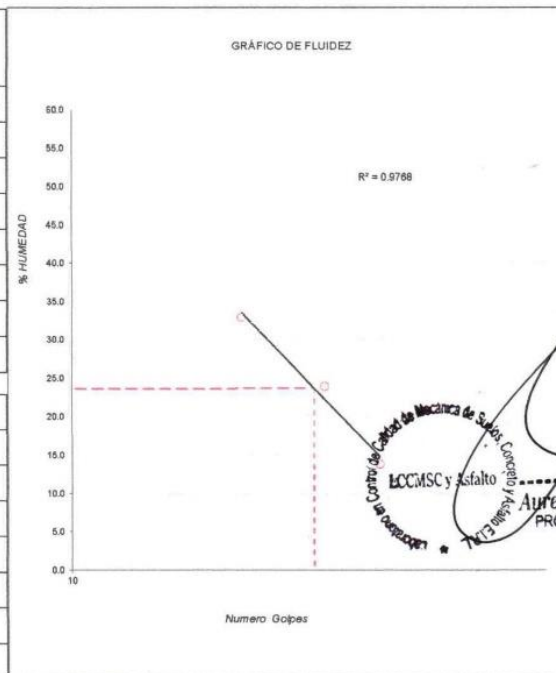


**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

|  |   |
|--|---|
| Tesis : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |   |
| Solicitante : BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   |   |
| Ubicación de Proyecto : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA   | Fecha de Ensayo : Jueves, 26 de Enero de 2021 |
| Lugar : HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | Fecha de Entrega : Lunes, 1 de Marzo de 2021  |
| Código de Muestra : CALICATA - (B)   | Profundidad : 0.20 - 1.50m                    |
| Sondaje / Calicata : INCORPORACIÓN DEL 4% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)   | Norte : —                                     |
| N° de Muestra : M-3  | Este : —                                      |
| Progresiva : 60.414KM  | Cota : —                                      |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216 |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| MÉTODO DE SECADO                   | Horno a 110 +/-5°C |
| MÉTODO DE REPORTE                  | "B"                |
| MATERIALES EXCLUIDOS               | Ninguno            |
| TARA N°                            | 6                  |
| PESO DE LA TARA                    | 125                |
| TARA + (m) HUMEDA                  | 485                |
| TARA + (m) SECO                    | 450                |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>        | <b>10.77</b>       |

| LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D 4318-84 |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| ENSAYO N°                        | 1            | 2            |
| N°. DE RECIPIENTE                | 49           | 11           |
| PESO DE RECIPIENTE               | 11.25        | 11.17        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO   | 25.16        | 27.13        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO SECO     | 22.67        | 24.39        |
| CANTIDAD MINIMA REQUERIDA 6g     | ¡Cumple!     | ¡Cumple!     |
| <b>RESULTADOS</b>                | <b>18.12</b> | <b>17.90</b> |



| DETALLES EN LABORATORIO               |                                |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA | *Secada al horno a 110 +/- 5°C |
| PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO             | Tamizado compuesto             |
| TAMIZ SEPARADOR                       | N°4                            |
| MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS       | "B"                            |
| MÉTODO DE SECADO                      | Horno                          |
| MÉTODO DE PREPARACION                 | Ambiente                       |
| MÉTODO DE EXTRACCIÓN                  | Manual                         |

| LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D 4318-84  |              |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN                      | 1            | 2            | 3            |
| Nro. de Recipiente               | 3            | 29           | 35           |
| Peso de Recipiente               | 11.17        | 11.03        | 10.65        |
| Peso Recipiente + Suelo Humedo   | 30.05        | 30.12        | 29.65        |
| Peso Recipiente + Suelo Seco (B) | 27.75        | 26.43        | 24.95        |
| N° De Golpes                     | 32           | 26           | 19           |
| <b>RESULTADOS</b>                | <b>13.87</b> | <b>23.96</b> | <b>32.87</b> |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318 |            |
|---------------------------------------|------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 23.70      |
| LÍMITE PLÁSTICO                       | 18.01      |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                 | 5.69       |
| ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)           | 4.16       |
| ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)               | -3.16      |
| MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO    | Multipunto |

*Autoreño Nahui Salvatierra*  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503

*Óscar Charlie TAYPE LOPEZ*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-9-013/OSD





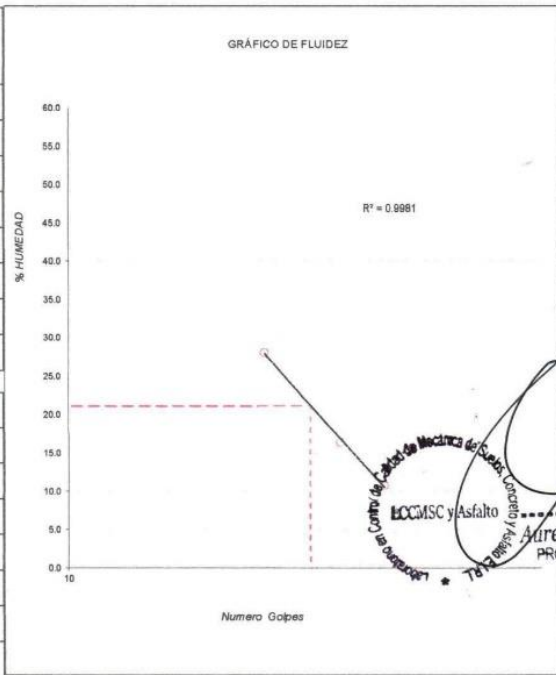


**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

|  |   |
|--|---|
| Tesis : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |   |
| Solicitante : BACH, ÑAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH, VALLEJOS CCOICCA, CESAR   |   |
| Ubicación de Proyecto : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA   | Fecha de Ensayo : Jueves, 28 de Enero de 2021 |
| Lugar : HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | Fecha de Entrega : Lunes, 1 de Marzo de 2021  |
| Código de Muestra : CALICATA - (B)   | Profundidad : 0.20 - 1.50m                    |
| Sondaje / Calicata : INCORPORACIÓN DEL 6% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)   | Norte : —                                     |
| N° de Muestra : M-4  | Este : —                                      |
| Progresiva : 60.414KM  | Cota : —                                      |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216 |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| MÉTODO DE SECADO                   | Horno a 110 +/-5°C |
| MÉTODO DE REPORTE                  | "B"                |
| MATERIALES EXCLUIDOS               | Ninguno            |
| TARA N°                            | 6                  |
| PESO DE LA TARA                    | 125                |
| TARA + (m) HUMEDA                  | 444                |
| TARA + (m) SECO                    | 412                |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>        | <b>11.15</b>       |

| LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D 4318-84 |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| ENSAYO N°                        | 1            | 2            |
| N°. DE RECIPIENTE                | 49           | 11           |
| PESO DE RECIPIENTE               | 11.25        | 11.17        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO   | 25.16        | 27.13        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO SECO     | 22.67        | 24.39        |
| CANTIDAD MINIMA REQUERIDA 6g     | ¡Cumple!     | ¡Cumple!     |
| <b>RESULTADOS</b>                | <b>16.16</b> | <b>16.91</b> |



| DETALLES EN LABORATORIO               |                                 | LÍMITE LIQUIDO - ASTM D 4318-84  |              |              |              |
|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA | "Secada al horno a 110 +/- 5°C" | DESCRIPCION                      | 1            | 2            | 3            |
| PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO             | Tamizado compuesto              | Nro. de Recipiente               | 3            | 29           | 35           |
| TAMIZ SEPARADOR                       | N°4                             | Peso de Recipiente               | 11.17        | 11.03        | 10.65        |
| MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS       | "B"                             | Peso Recipiente + Suelo Humedo   | 59           | 57           | 51           |
| MÉTODO DE SECADO                      | Horno                           | Peso Recipiente + Suelo Seco (B) | 54.32        | 50.51        | 42.15        |
| MÉTODO DE PREPARACION                 | Ambiente                        | N° De Golpes                     | 33           | 28           | 21           |
| MÉTODO DE EXTRACCIÓN                  | Manual                          | <b>RESULTADOS</b>                | <b>10.85</b> | <b>16.44</b> | <b>28.10</b> |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318 |            |
|---------------------------------------|------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 21.15      |
| LÍMITE PLÁSTICO                       | 16.53      |
| INDICE DE PLASTICIDAD                 | 4.62       |
| INDICE DE CONSISTENCIA (Ic)           | 4.58       |
| INDICE DE LIQUIDEZ (IL)               | -3.58      |
| MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO    | Multipunto |

*Charlie TAYPE LOPEZ*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD





CERTIFICACIÓN N° 00161-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L. |   |  |  |                   |                        |
|--|---|--|--|-------------------|------------------------|
| TESIS:   | "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCVELICA - 2020" |  |  | FECHA DE ENSAYO:  | 03 DE FEBRERO DEL 2021 |
|  |   |  |  | FECHA DE ENTREGA: | 01 DE MARZO DEL 2021   |
| LUGAR:   | HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914   |  |  | PROF.:            | 1.50m                  |
| SOLICITADO POR LOS TESISISTAS:   | BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS   |  |  | METODO:           | "C"                    |
| SONDAJE:   | MUESTRA PATRÓN  |  |  | CALICATA:         | B                      |
| PROGRESIVA:  | 60.414KM  |  |  |                   |                        |

**PROCTOR MODIFICADO**

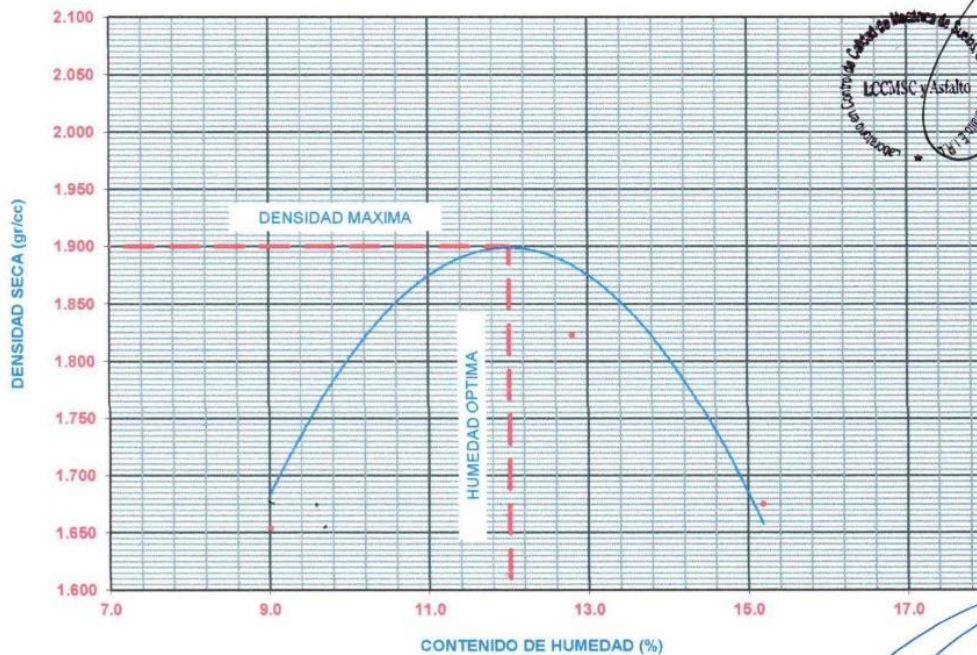
METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO

FECHA DE ENSAYO: 03 DE FEBRERO DEL 2021

| VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> ) | PESO DEL MOLDE (gr): |        | MOLDE Nro.     |        |         |        |        |        |
|--------------------------------------|----------------------|--------|----------------|--------|---------|--------|--------|--------|
| 2126                                 | 6441                 |        | 1              |        |         |        |        |        |
| NUMERO DE ENSAYOS                    | 1                    | 2      | 3              | 4      |         |        |        |        |
| PESO SUELO + MOLDE                   | 10275                | 10977  | 10814          | 10544  |         |        |        |        |
| PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO         | 3834                 | 4536   | 4373           | 4103   |         |        |        |        |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO              | 1.803                | 2.133  | 2.057          | 1.930  |         |        |        |        |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                 |                      |        |                |        |         |        |        |        |
| RECIPIENTE Nro.                      | 2                    | 4      | 5              | 12     | 7       | 2      | 2      | 9      |
| PESO SUELO HUMEDO + TARA             | 108.25               | 117.14 | 145.44         | 152.12 | 114.25  | 107.62 | 124.26 | 122.00 |
| PESO SUELOS SECO + TARA              | 102.12               | 109.06 | 133.64         | 140.24 | 104.42  | 98.42  | 111.41 | 109.24 |
| PESO DE LA TARA                      | 26.73                | 27.40  | 26.54          | 24.74  | 27.53   | 26.73  | 26.73  | 25.28  |
| PESO DE AGUA                         | 6.13                 | 8.08   | 11.80          | 11.88  | 9.83    | 9.20   | 12.85  | 12.76  |
| PESO DE SUELO SECO                   | 75.39                | 81.66  | 107.10         | 115.50 | 76.89   | 71.69  | 84.68  | 83.96  |
| CONTENIDO DE AGUA                    | 8.13                 | 9.89   | 11.02          | 10.29  | 12.78   | 12.83  | 15.17  | 15.20  |
| % PROMEDIO DE AGUA                   | 9.01                 |        | 10.65          |        | 12.81   |        | 15.19  |        |
| PESO VOLUMETRICO SECO                | 1.654                |        | 1.928          |        | 1.823   |        | 1.675  |        |
| DENSIDAD MAXIMA SECA                 | 1.900 gr/cc.         |        | HUMEDAD OPTIMA |        | 12.01 % |        |        |        |

**GRAFICO DEL PROCTOR**



**Arrelio Nahui Salvatierra**  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503

**Omar Charlie TAYPE LÓPEZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD

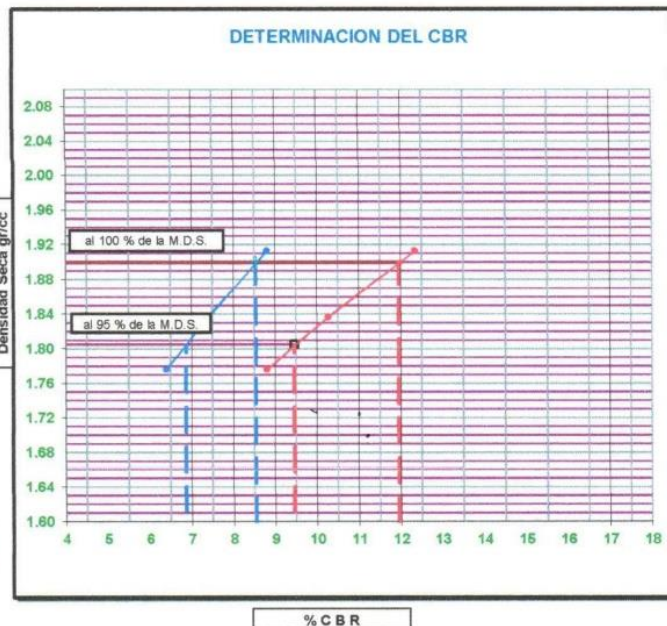
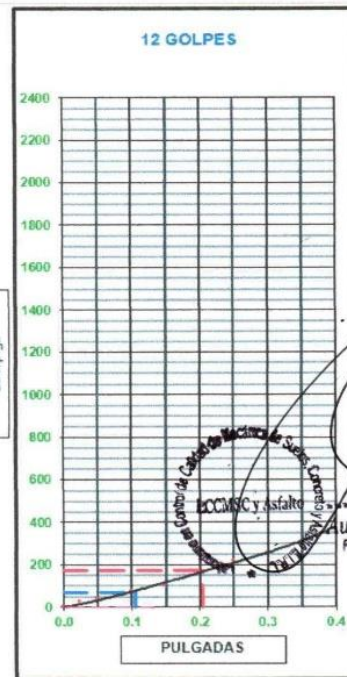
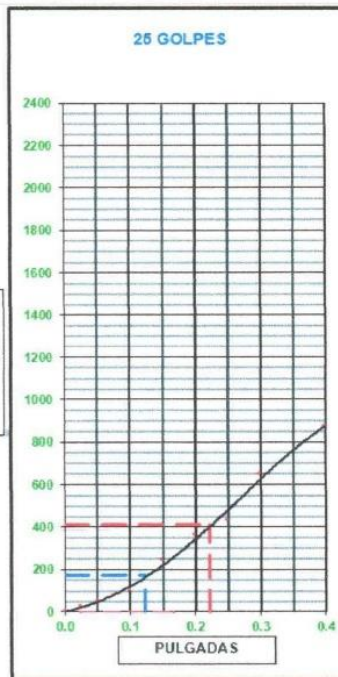
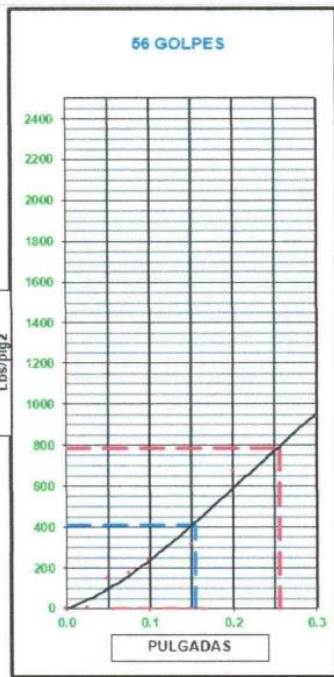




CERTIFICACIÓN N° 00161-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.   |  |
|--|--|
| <p>TESIS: "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCAVELICA - 2020"</p> | <p>FECHA DE ENSAYO: 03 DE FEBRERO DEL 2021</p> <p>FECHA DE ENTREGA: 01 DE MARZO DEL 2021</p> |
| <p>SOLICITADO POR LOS TESISTAS: BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL, BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR</p>   | <p>CALICATA: B</p>   |
| <p>UBICACIÓN: LIRCAY - ANGARAES - HUANCAVELICA</p>   | <p>MUESTRA: MUESTRA PATRÓN</p>   |
| <p>FECHA DE ENSAYO: 03 DE FEBRERO DEL 2021</p>   | <p>PROFUND: 1.50m</p>  |
| <p>LUGAR: HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914</p>  |  |

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



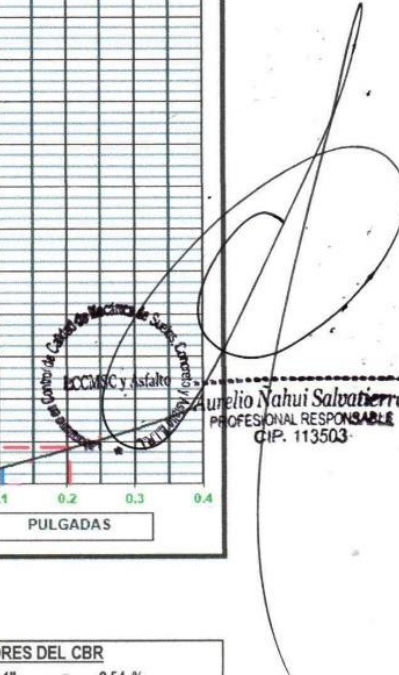
| VALORES DEL CBR |      |           |
|-----------------|------|-----------|
| CBR AL 100%     | 0.1" | = 8.54 %  |
| CBR AL 95%      | 0.1" | = 6.87 %  |
| CBR AL 100%     | 0.2" | = 11.95 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" | = 9.46 %  |

| LEYENDA |              |
|---------|--------------|
|         | = 0.2" pulg. |
|         | = 0.1" pulg. |
|         | = Corrección |

| DATOS DEL PROCTOR     |                |
|-----------------------|----------------|
| DENSIDAD SECA al 100% | = 1.90 gr./cc. |
| DENSIDAD SECA al 95%  | = 1.81 gr./cc. |
| OPTIMO DE HUMEDAD     | = 12.01 %      |

| EXPANSION      |          |
|----------------|----------|
| % DE EXPANSION | = 3.65 % |

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD

  
**Aurelio Nahui Salvatierra**  
 PROFESIONAL RESPONSABLE  
 CIP. 113503

  
**Omar Charlie TAYPE LOPEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 181691





CERTIFICACIÓN N° 00162-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L. |  |  |   |
|--|--|--|---|
| TESIS:   | "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |  | FECHA DE ENSAYO: 03 DE FEBRERO DEL 2021 |
|  |  |  | FECHA DE ENTREGA: 01 DE MARZO DEL 2021  |
| LUGAR:   | HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  |  | PROF.: 1.50m                            |
| SOLICITADO POR LOS TESISISTAS:   | BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   |  | METODO: "C"                             |
| SONDAJE:   | INCORPORACIÓN DEL 2% DE CLORURO DE SODIO NaCl  |  | CALICATA: B                             |
| PROGRESIVA:  | 60.414KM   |  |   |

PROCTOR MODIFICADO

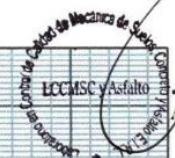
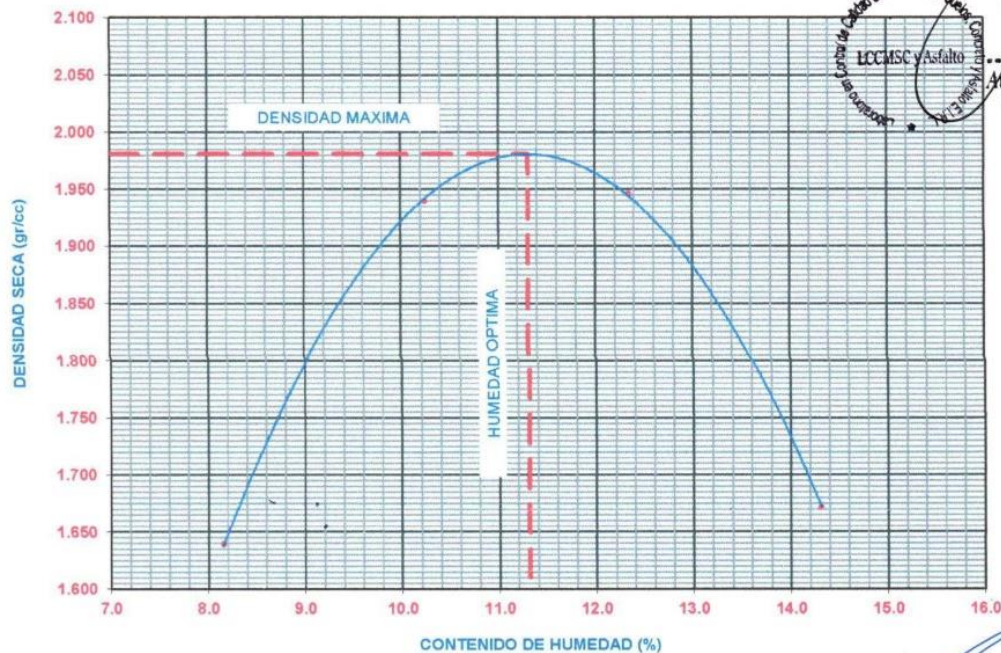
METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION: PROCTOR MODIFICADO

FECHA DE ENSAYO: 03 DE FEBRERO DEL 2021

| VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> ) | PESO DEL MOLDE (gr): |        |                |        | MOLDE Nro. |        |        |        |
|--------------------------------------|----------------------|--------|----------------|--------|------------|--------|--------|--------|
| 2126                                 | 6441                 |        |                |        | 1          |        |        |        |
| NUMERO DE ENSAYOS                    | 1                    | 2      | 3              | 4      |            |        |        |        |
| PESO SUELO + MOLDE                   | 10211                | 10988  | 11090          | 10504  |            |        |        |        |
| PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO         | 3770                 | 4547   | 4649           | 4063   |            |        |        |        |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO              | 1.773                | 2.139  | 2.187          | 1.911  |            |        |        |        |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                 |                      |        |                |        |            |        |        |        |
| RECIPIENTE Nro.                      | 2                    | 4      | 5              | 12     | 7          | 2      | 2      | 9      |
| PESO SUELO HUMEDO + TARA             | 122.00               | 118.00 | 134.00         | 154.00 | 111.00     | 125.00 | 120.00 | 136.00 |
| PESO SUELOS SECO + TARA              | 115.00               | 111.00 | 124.00         | 142.00 | 102.00     | 114.00 | 108.44 | 122.00 |
| PESO DE LA TARA                      | 26.73                | 27.40  | 26.54          | 24.74  | 27.53      | 26.73  | 26.73  | 25.28  |
| PESO DE AGUA                         | 7.00                 | 7.00   | 10.00          | 12.00  | 9.00       | 11.00  | 11.56  | 14.00  |
| PESO DE SUELO SECO                   | 88.27                | 83.60  | 97.46          | 117.26 | 74.47      | 87.27  | 81.71  | 96.72  |
| CONTENIDO DE AGUA                    | 7.93                 | 8.37   | 10.26          | 10.23  | 12.09      | 12.60  | 14.15  | 14.47  |
| % PROMEDIO DE AGUA                   | 8.15                 |        | 10.25          |        | 12.34      |        | 14.31  |        |
| PESO VOLUMETRICO SECO                | 1.640                |        | 1.940          |        | 1.946      |        | 1.672  |        |
| DENSIDAD MAXIMA SECA                 | 1.981 gr/cc.         |        | HUMEDAD OPTIMA |        | 11.31 %    |        |        |        |

GRAFICO DEL PROCTOR



**Aurelio Nahui Salvatierra**  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503

**Omar Charly TAYPE LOPEZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691



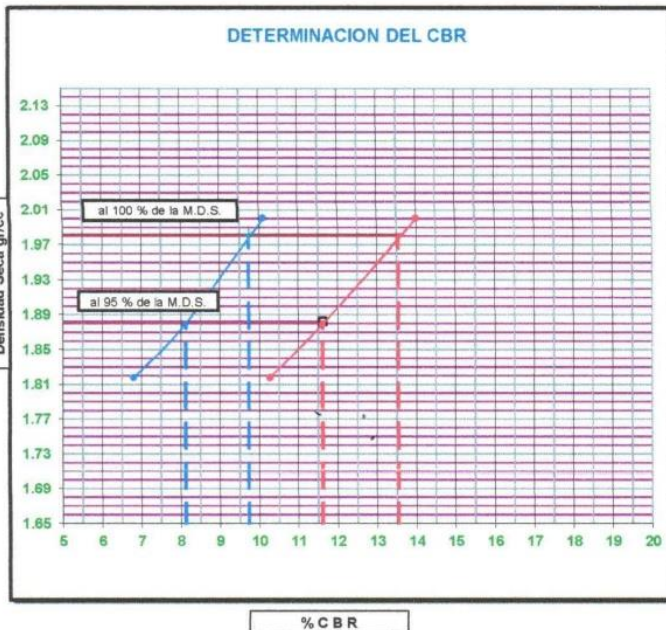
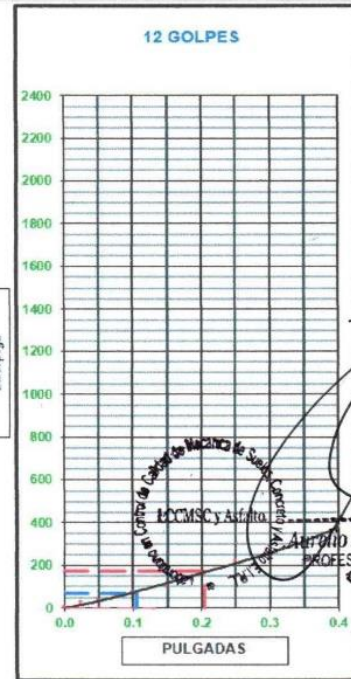
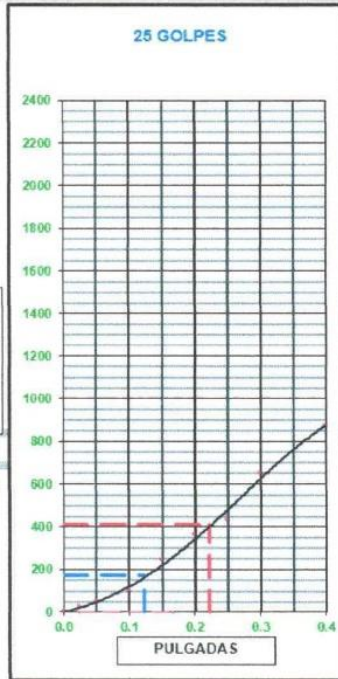
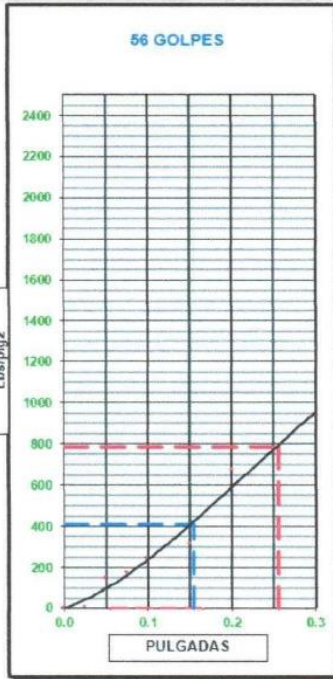
Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16190-2013/OSD



CERTIFICACIÓN N° 00162-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.   |   |
|--|---|
| <p>TESIS : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCVELICA - 2020"</p> | <p>FECHA DE ENSAYO: 03 DE FEBRERO DEL 2021</p> <p>FECHA DE ENTREGA 01 DE MARZO DEL 2021</p> |
| <p>SOLICITADO POR LOS TESISISTAS : BACH. ÑAHUI VELASQUE, BOSCO ABDEL; BACH. VALLEJOS COICOCA, CESAR</p>  | <p>CALICATA: B</p>  |
| <p>UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA</p>   | <p>MUESTRA : INCORPORACIÓN DEL 2% DE CLORURO DE SODIO NaCl</p>                              |
| <p>FECHA DE ENSAYO: 03 DE FEBRERO DEL 2021</p>   | <p>PROFUND.: 1.50m</p>  |
| <p>LUGAR: HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914</p>  |   |

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



| VALORES DEL CBR |                |
|-----------------|----------------|
| CBR AL 100%     | 0.1" = 9.73 %  |
| CBR AL 95%      | 0.1" = 8.13 %  |
| CBR AL 100%     | 0.2" = 13.54 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" = 11.62 % |

| LEYENDA |              |
|---------|--------------|
|         | = 0.2" pulg. |
|         | = 0.1" pulg. |
|         | = Corrección |

| DATOS DEL PROCTOR     |               |
|-----------------------|---------------|
| DENSIDAD SECA al 100% | = 1.98 gr/cc. |
| DENSIDAD SECA al 95%  | = 1.88 gr/cc. |
| OPTIMO DE HUMEDAD     | = 11.31 %     |

| EXPANSION      |          |
|----------------|----------|
| % DE EXPANSION | = 3.11 % |

*Omar Charlie TAYPE LOPEZ*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD





CERTIFICACIÓN N° 00163-2021/LCCMSCyA.

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L. |  |  |   |
| TESIS:   | "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |  | FECHA DE ENSAYO: 03 DE FEBRERO DEL 2021 |
|  |  |  | FECHA DE ENTREGA: 01 DE MARZO DEL 2021  |
| LUGAR:   | HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  |  | PROF.: 1.50m                            |
| SOLICITADO POR LOS TESISISTAS:   | BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   |  | METODO: "C"                             |
| SONDAJE:   | INCORPORACIÓN DEL 4% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)  |  | CALICATA: B                             |
| PROGRESIVA:  | 60.414KM   |  |   |

PROCTOR MODIFICADO

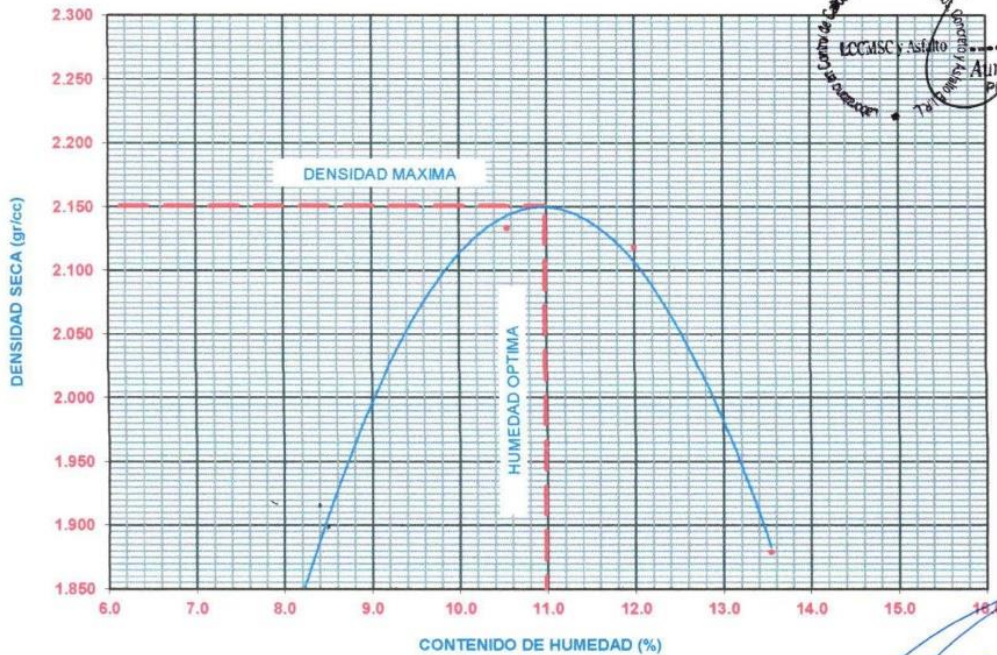
METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO

FECHA DE ENSAYO: 03 DE FEBRERO DEL 2021

|                                      |              |  |                      |      |         |            |        |  |
|--------------------------------------|--------------|--|----------------------|------|---------|------------|--------|--|
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> ) | 2126         |  | PESO DEL MOLDE (gr): | 6441 |         | MOLDE Nro. | 1      |  |
| NUMERO DE ENSAYOS                    | 1            |  | 2                    |      | 3       |            | 4      |  |
| PESO SUELO + MOLDE                   | 10688        |  | 11455                |      | 11485   |            | 10977  |  |
| PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO         | 4247         |  | 5014                 |      | 5044    |            | 4536   |  |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO              | 1.998        |  | 2.358                |      | 2.372   |            | 2.133  |  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                 |              |  |                      |      |         |            |        |  |
| RECIPIENTE Nro.                      | 2            |  | 4                    |      | 5       |            | 12     |  |
| PESO SUELO HUMEDO + TARA             | 120.00       |  | 124.00               |      | 115.00  |            | 126.00 |  |
| PESO SUELOS SECO + TARA              | 113.36       |  | 116.25               |      | 106.65  |            | 116.24 |  |
| PESO DE LA TARA                      | 26.73        |  | 27.40                |      | 26.54   |            | 24.74  |  |
| PESO DE AGUA                         | 6.64         |  | 7.75                 |      | 8.35    |            | 9.76   |  |
| PESO DE SUELO SECO                   | 86.63        |  | 88.85                |      | 80.11   |            | 91.50  |  |
| CONTENIDO DE AGUA                    | 7.66         |  | 8.72                 |      | 10.42   |            | 10.67  |  |
| % PROMEDIO DE AGUA                   | 8.19         |  | 10.54                |      | 12.00   |            | 13.54  |  |
| PESO VOLUMETRICO SECO                | 1.846        |  | 2.133                |      | 2.118   |            | 1.879  |  |
| DENSIDAD MAXIMA SECA                 | 2.151 gr/cc. |  | HUMEDAD OPTIMA       |      | 10.98 % |            |        |  |

GRAFICO DEL PROCTOR



**LCCMSC y Asfalto**  
Aurelio Nahui Salvatierra  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503

**Ortiz Charis, TAYPE LOPEZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16190-2013/OSD

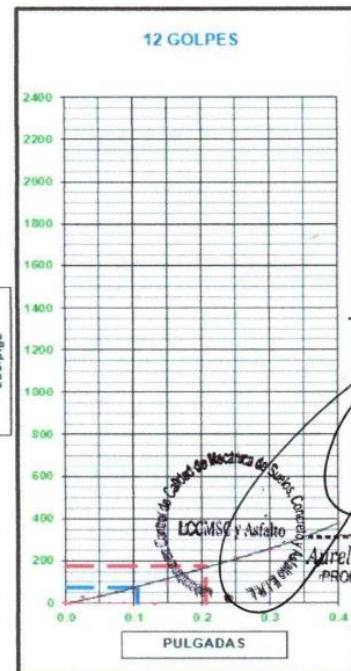
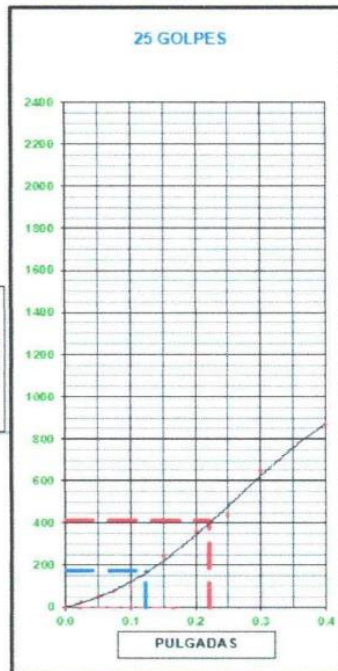
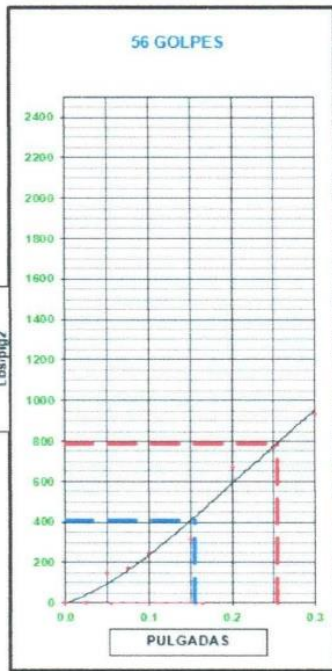




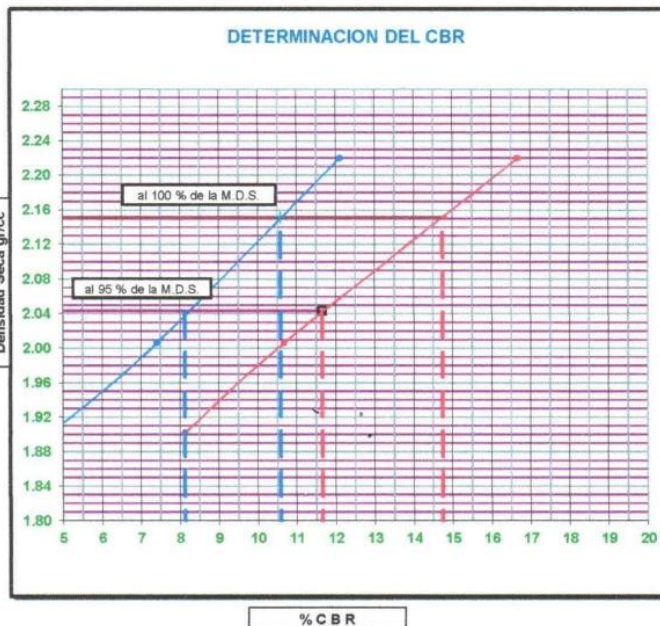
CERTIFICACIÓN N° 00163-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.  |  |
|---|--|
| <p>TEISIS: 'APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020'</p> | <p>FECHA DE ENSAYO: 03 DE FEBRERO DEL 2021</p> <p>FECHA DE ENTREGA: 01 DE MARZO DEL 2021</p> |
| <p>SOLICITADO POR LOS TESISTAS: BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL, BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR</p>  | <p>CALICATA: B</p>   |
| <p>UBICACIÓN: LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA</p>  | <p>MUESTRA: INCORPORACIÓN DEL 4% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)</p>                              |
| <p>FECHA DE ENSAYO: 03 DE FEBRERO DEL 2021</p>  | <p>PROFUND.: 1.50m</p>   |
| <p>LUGAR: HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914</p>   |  |

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



*Autoreli Nahui Salazar*  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503



| VALORES DEL CBR |      |           |
|-----------------|------|-----------|
| CBR AL 100%     | 0.1" | = 10.58 % |
| CBR AL 95%      | 0.1" | = 8.13 %  |
| CBR AL 100%     | 0.2" | = 14.74 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" | = 11.65 % |

| LEYENDA |              |
|---------|--------------|
|         | = 0.2" pulg. |
|         | = 0.1" pulg. |
|         | = Corrección |

| DATOS DEL PROCTOR     |               |
|-----------------------|---------------|
| DENSIDAD SECA al 100% | = 2.15 gr/cc. |
| DENSIDAD SECA al 95%  | = 2.04 gr/cc. |
| OPTIMO DE HUMEDAD     | = 10.98 %     |

| EXPANSION      |          |
|----------------|----------|
| % DE EXPANSION | = 2.45 % |

*Omar Charly TAYPE LOPEZ*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD





CERTIFICACIÓN N° 00164-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L. |  |                   |                        |
|--|--|-------------------|------------------------|
| TESIS:   | "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" | FECHA DE ENSAYO:  | 03 DE FEBRERO DEL 2021 |
| LUGAR:   | HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | FECHA DE ENTREGA: | 01 DE MARZO DEL 2021   |
| SOLICITADO POR LOS TESISTAS:   | BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   | PROF.:            | 1.50m                  |
| SONDAJE:   | INCORPORACIÓN DEL 6% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)  | METODO:           | "C"                    |
| PROGRESIVA:  | 60.414KM   | CALICATA:         | B                      |

PROCTOR MODIFICADO

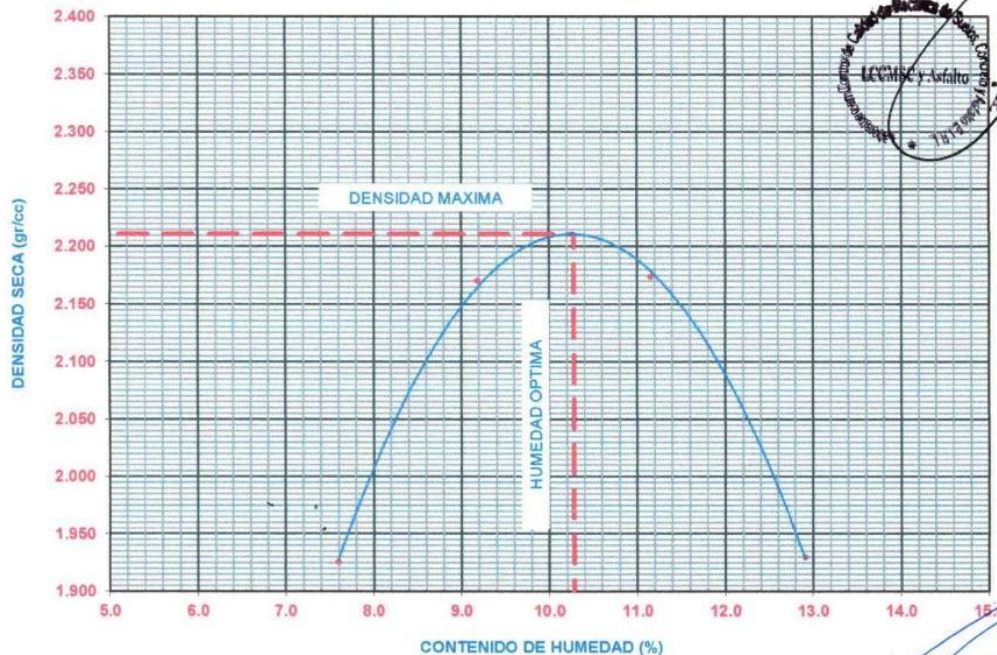
METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO

FECHA DE ENSAYO: 03 DE FEBRERO DEL 2021

| VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> ) | 2126         | PESO DEL MOLDE (gr): | 6441           | MOLDE Nro. | 1       |        |        |        |
|--------------------------------------|--------------|----------------------|----------------|------------|---------|--------|--------|--------|
| NUMERO DE ENSAYOS                    | 1            | 2                    | 3              | 4          |         |        |        |        |
| PESO SUELO + MOLDE                   | 10847        | 11479                | 11578          | 11074      |         |        |        |        |
| PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO         | 4406         | 5038                 | 5137           | 4633       |         |        |        |        |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO              | 2.072        | 2.370                | 2.416          | 2.179      |         |        |        |        |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                 |              |                      |                |            |         |        |        |        |
| RECIPIENTE Nro.                      | 2            | 4                    | 5              | 12         | 7       | 2      | 2      | 9      |
| PESO SUELO HUMEDO + TARA             | 125.00       | 124.00               | 140.00         | 145.00     | 120.00  | 118.00 | 125.00 | 128.00 |
| PESO SUELOS SECO + TARA              | 118.00       | 117.24               | 130.11         | 135.25     | 111.12  | 108.45 | 114.26 | 115.74 |
| PESO DE LA TARA                      | 26.73        | 27.40                | 26.54          | 24.74      | 27.53   | 26.73  | 26.73  | 25.28  |
| PESO DE AGUA                         | 7.00         | 6.76                 | 9.89           | 9.75       | 8.88    | 9.55   | 10.74  | 12.26  |
| PESO DE SUELO SECO                   | 91.27        | 89.84                | 103.57         | 110.51     | 83.59   | 81.72  | 87.53  | 90.46  |
| CONTENIDO DE AGUA                    | 7.67         | 7.52                 | 9.55           | 8.82       | 10.62   | 11.69  | 12.27  | 13.55  |
| % PROMEDIO DE AGUA                   | 7.60         |                      | 9.19           |            | 11.15   |        | 12.91  |        |
| PESO VOLUMETRICO SECO                | 1.926        |                      | 2.170          |            | 2.174   |        | 1.930  |        |
| DENSIDAD MAXIMA SECA                 | 2.211 gr/cc. |                      | HUMEDAD OPTIMA |            | 10.28 % |        |        |        |

GRAFICO DEL PROCTOR



**Aurelio Nahui Salvatierra**  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. N° 113503



**Omar Charlie TAYPE LOPEZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD

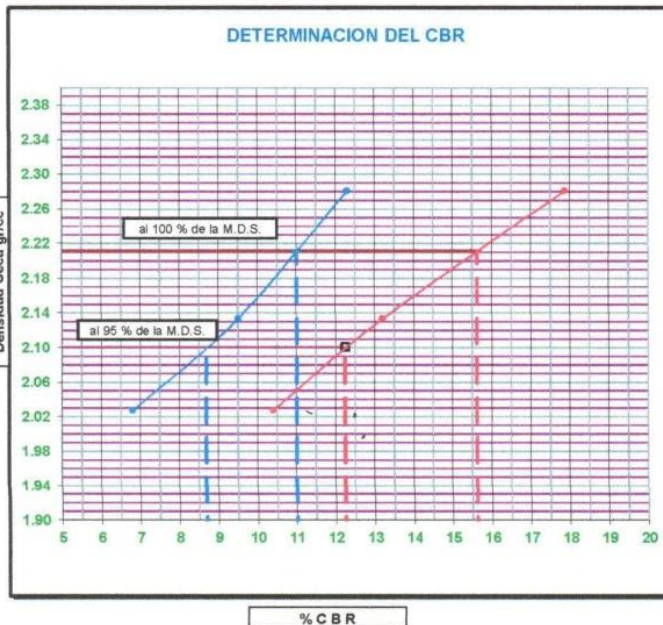
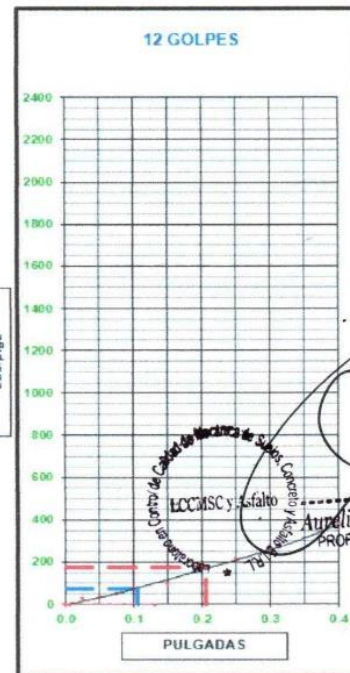
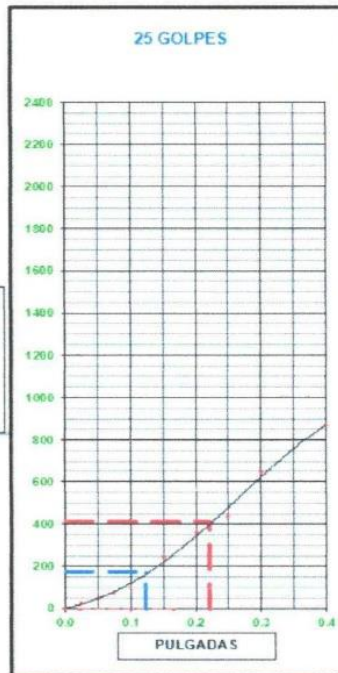
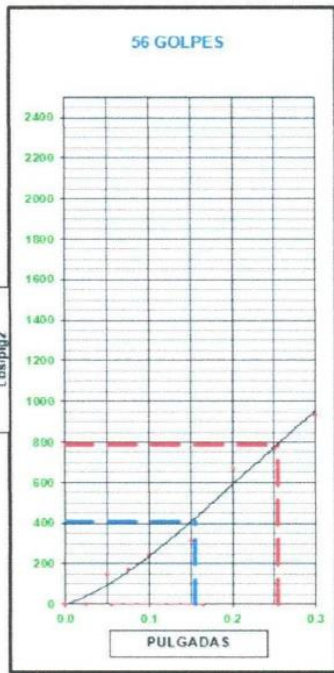




CERTIFICACIÓN Nº 00164-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.  |   |
|---|---|
| <b>TESIS:</b> "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCVELICA - 2020" | <b>FECHA DE ENSAYO:</b> 03 DE FEBRERO DEL 2021                  |
|   | <b>FECHA DE ENTREGA:</b> 01 DE MARZO DEL 2021                   |
| <b>SOLICITADO POR LOS TESISTAS:</b> BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR  | <b>CALICATA:</b> B  |
| <b>UBICACIÓN:</b> LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA   | <b>MUESTRA:</b> INCORPORACIÓN DEL 6% DE CLORURO DE SODIO (NaCl) |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b> 03 DE FEBRERO DEL 2021  | <b>PROFUND.:</b> 1,50m  |
| <b>LUGAR:</b> HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914   |   |

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



| VALORES DEL CBR |      |           |
|-----------------|------|-----------|
| CBR AL 100%     | 0.1" | = 11.01 % |
| CBR AL 95%      | 0.1" | = 8.69 %  |
| CBR AL 100%     | 0.2" | = 15.62 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" | = 12.25 % |

| LEYENDA |              |
|---------|--------------|
|         | = 0.2" pulg. |
|         | = 0.1" pulg. |
|         | = Corrección |

| DATOS DEL PROCTOR     |                |
|-----------------------|----------------|
| DENSIDAD SECA al 100% | = 2.21 gr./cc. |
| DENSIDAD SECA al 95%  | = 2.10 gr./cc. |
| OPTIMO DE HUMEDAD     | = 10.28 %      |

| EXPANSION      |          |
|----------------|----------|
| % DE EXPANSION | = 2.35 % |

*Handwritten signature and stamp*  
**Angelia Nahui Salvatierra**  
 PROFESIONAL RESPONSABLE  
 CIP. 113503

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD





• Resultados calicata C, progresiva 60+914 km



ENSAYOS GEOFÍSICOS.  
 ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS.  
 ENSAYO DE LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO.  
 CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES  
 PRUEBAS HIDRÁULICAS - ANÁLISIS QUÍMICO  
 EXTRACCIÓN DE MUESTRA CON DIAMANTINA



CERTIFICACIÓN N° 00165-2021/LCCMSCyA.  
 LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

TESIS : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCVELICA - 2020"

SOLICITANTE : BACH. ÑAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS COOICCA, CESAR

UBICACIÓN DEL PROYECTO : LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA

LUGAR : HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914

FECHA DE ENSAYO : sábado, 20 de Febrero de 2021

FECHA DE ENTREGA : lunes, 1 de Marzo de 2021

Código de Muestra : CALICATA - (C) Profundidad : 0.20 - 1.50m

Sondaje / Calicata : MUESTRA PATRÓN Norte : ---

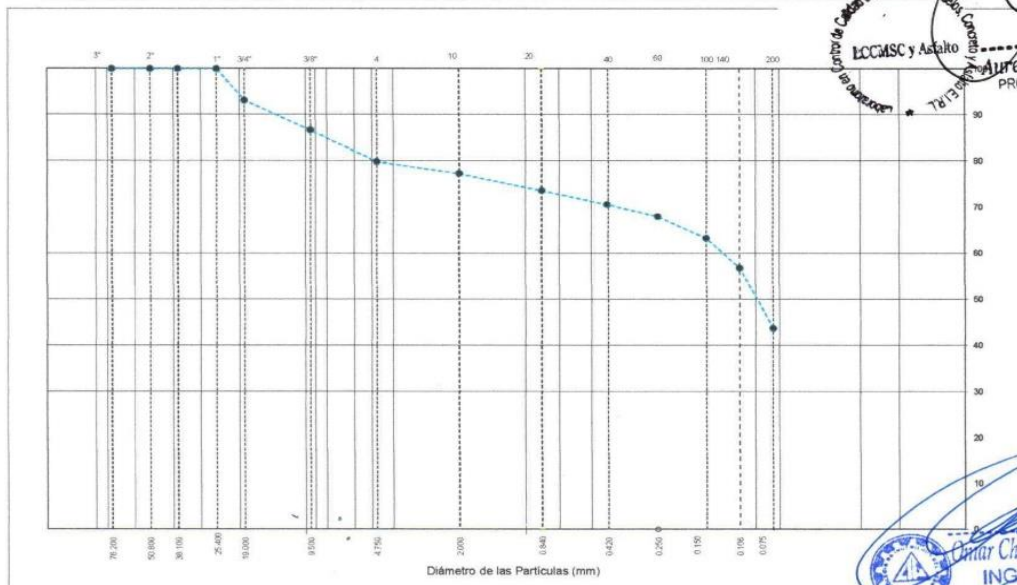
N° de Muestra : M-1 Este : ---

Progresiva : 60.914KM Cota : ---

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO<br>ASTM D6913 |               |                    |                      |                  |
|--|---------------|--------------------|----------------------|------------------|
| TAMIZ  | ABERTURA (mm) | PORCENTAJE PARCIAL | % ACUMULADO RETENIDO | % ACUMULADO PASA |
| 3"   | 76.200        | 0.00               | 0.00                 | 100.00           |
| 2"   | 50.800        | 0.00               | 0.00                 | 100.00           |
| 1 1/2"   | 38.100        | 0.00               | 0.00                 | 100.00           |
| 1"   | 25.400        | 0.00               | 0.00                 | 100.00           |
| 3/4"   | 19.000        | 6.86               | 6.86                 | 93.14            |
| 3/8"   | 9.500         | 6.41               | 13.27                | 86.73            |
| N° 4   | 4.750         | 6.86               | 20.14                | 79.86            |
| N° 10  | 2.000         | 2.61               | 22.75                | 77.25            |
| N° 20  | 0.840         | 3.65               | 26.40                | 73.60            |
| N° 40  | 0.425         | 3.03               | 29.43                | 70.57            |
| N° 60  | 0.250         | 2.61               | 32.04                | 67.96            |
| N° 100   | 0.150         | 4.70               | 36.73                | 63.27            |
| N° 140   | 0.106         | 6.47               | 43.20                | 56.80            |
| N° 200   | 0.075         | 13.05              | 56.25                | 43.75            |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216                   |   |
|--|---|
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)                             | 10.58   |
| MÉTODO DE SECADO                                     | Horno a 110 +/-5°C  |
| MATERIALES EXCLUIDOS                                 | Ninguno   |
| TAMIZ SEPARADOR                                      | N°4   |
| DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL SUELO - LABORATORIO |   |
| CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL                        | SC suelos de color marrón de conformación uniforme de arenas arcillosas con presencia de gravas de 2" |
| NOTAS SOBRE LA MUESTRA                               | Muestra ensayada en laboratorio de LCCMSCyA   |
| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318                |   |
| LÍMITE LÍQUIDO                                       | 38.12   |
| LÍMITE PLÁSTICO                                      | 28.15   |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                                | 9.97  |
| ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)                          | 2.76  |
| ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)                                | -1.76   |
| MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO                   | Multipunto  |

| Gravas |      | Arenas |       |      |
|--------|------|--------|-------|------|
| Gruesa | Fina | Gruesa | Media | Fina |
| 0.00   | 0.00 | 0.00   | 0.00  | 0.00 |



Profesional responsable  
**Aurelio Nahui Salvatierra**  
 PROFESIONAL RESPONSABLE  
 CIP. N° 113503

Profesional responsable  
**Charly TAYPE KOPEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 181691

| COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS |       |
|---|-------|
| CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %                       | 13.27 |
| CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %                       | 42.98 |
| CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %                      | 43.75 |

| CLASIFICACIÓN DEL SUELO           |                             |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)   | SC                          |
| CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282) | A-2-4                       |
| NOMBRE DEL GRUPO                  | arenas arcillosas con grava |

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16190-2013/OSD

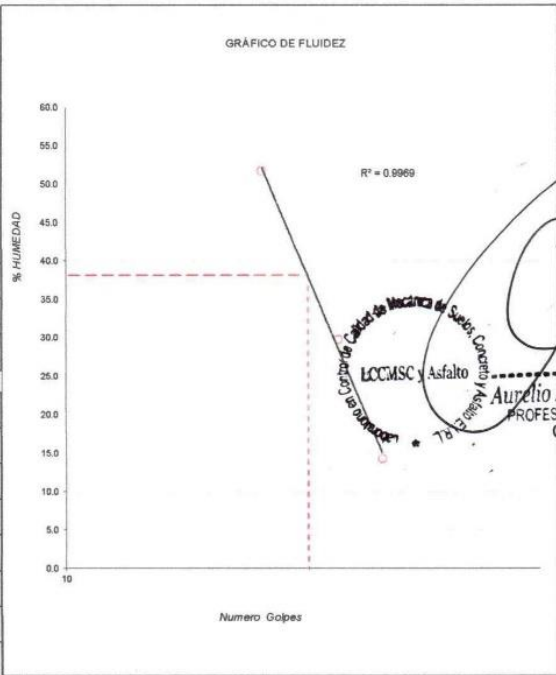


**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

|  |   |
|--|---|
| Tesis : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |   |
| Solicitante : BACH. ÑAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS COOICCA, CESAR   |   |
| Ubicación de Proyecto : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA   | Fecha de Ensayo : sábado, 20 de Febrero de 2021 |
| Lugar : HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | Fecha de Entrega : lunes, 1 de Marzo de 2021    |
| Código de Muestra : CALICATA - (C)   | Profundidad : 0.20 - 1.50m                      |
| Sondaje / Calicata : MUESTRA PATRÓN  | Norte : —                                       |
| N° de Muestra : M-1  | Este : —  |
| Progresiva : 60.914KM  | Cota : —  |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216 |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| MÉTODO DE SECADO                   | Horno a 110 +/-5°C |
| MÉTODO DE REPORTE                  | "B"                |
| MATERIALES EXCLUIDOS               | Ninguno            |
| TARA N°                            | 6                  |
| PESO DE LA TARA                    | 125                |
| TARA + (m) HUMEDA                  | 608.24             |
| TARA + (m) SECO                    | 562                |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>        | <b>10.58</b>       |

| LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D 4318-84 |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| ENSAYO N°                        | 1            | 2            |
| N° DE RECIPIENTE                 | 49           | 11           |
| PESO DE RECIPIENTE               | 11.25        | 11.17        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO   | 25.16        | 27.13        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO SECO     | 22.67        | 24.39        |
| CANTIDAD MINIMA REQUERIDA 6g     | (Cumple)     | (Cumple)     |
| <b>RESULTADOS</b>                | <b>28.07</b> | <b>28.24</b> |



| DETALLES EN LABORATORIO               |                                 |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA | "Secada al horno a 110 +/- 5°C" |
| PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO             | Tamizado compuesto              |
| TAMIZ SEPARADOR                       | N°4                             |
| MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS       | "B"                             |
| MÉTODO DE SECADO                      | Horno                           |
| MÉTODO DE PREPARACION                 | Ambiente                        |
| MÉTODO DE EXTRACCIÓN                  | Manual                          |

| LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D 4318-84  |              |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN                      | 1            | 2            | 3            |
| Nro. de Recipiente               | 3            | 29           | 35           |
| Peso de Recipiente               | 11.17        | 11.03        | 10.65        |
| Peso Recipiente + Suelo Humedo   | 45           | 47           | 40           |
| Peso Recipiente + Suelo Seco (B) | 40.75        | 38.75        | 30           |
| N° De Golpes                     | 33           | 28           | 21           |
| <b>RESULTADOS</b>                | <b>14.37</b> | <b>29.76</b> | <b>51.68</b> |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318 |            |
|---------------------------------------|------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 38.12      |
| LÍMITE PLÁSTICO                       | 28.15      |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                 | 9.97       |
| ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)           | 3.83       |
| ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)               | -2.83      |
| MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO    | Multipunto |

  
Omar Charlie TAYPE LOPEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691


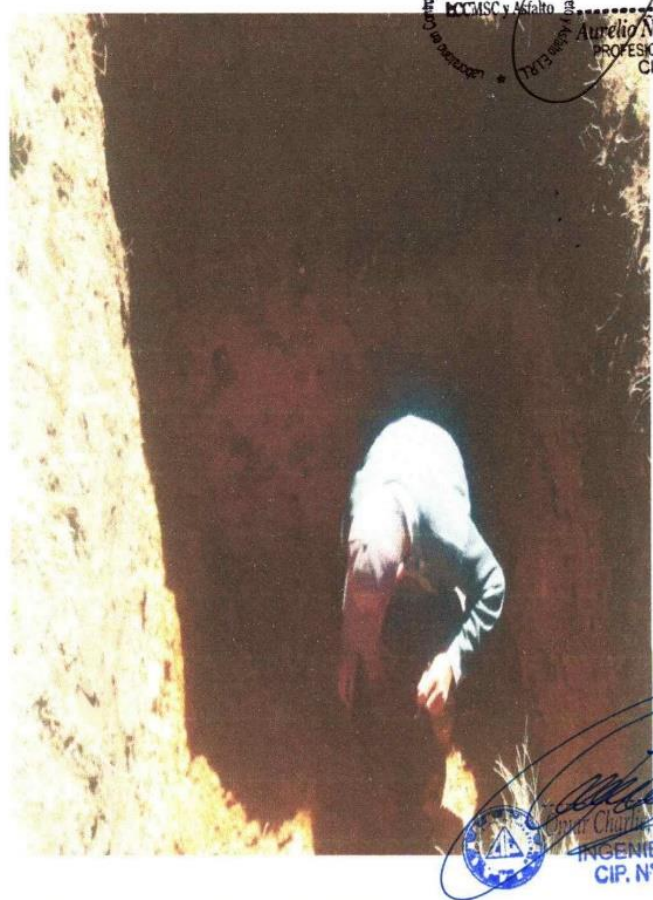
Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD





## PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

NORMA (ASTM D 4050 - NTP 339.128 - MTC E 107 y MTC E 109)

| <b>PROYECTO:</b> "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCVELICA - 2020" |    |                               |                             |   |   |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
|--|----|-------------------------------|-----------------------------|---|---|------|--|-------------------|----------------|-----------------|---------------------|-----------|------------|
| <b>SOLICITANTE:</b> BACH, NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH, VALLEJOS COOICCA, CESAR   |    |                               |                             |   |   |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
| <b>LUGAR:</b> HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914  |    |                               |                             |   | <b>ING. RESPONSABLE:</b> ING. AÑS   |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
| <b>CALICATA:</b> MUESTRA PATRÓN  |    |                               |                             |   | <b>FECHA:</b> lunes, 1 de Marzo de 2021   |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
| ESTRATIFICACION DE SUELOS  |    |                               |                             |   |   |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
| <b>MUESTRAS :</b> M-01   |    |                               |                             |   |   |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
| <b>PROF. (m) :</b> 0.20 - 1.50m  |    |                               |                             |   |   |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
| PROF.  | M. | ESTRATO                       |                             | DESCRIPCION DEL SUELO   | CLASIFICACIÓN POR HORIZONTES DE ESTRATIFICACIÓN                                     |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
|  |    | GRAFICO                       | Espesor (CM.)               |   | PROFUNDIDAD   | SUCS | SÍMBOLO  | HORIZONTE         | ROCA FIRME (%) | ROCA SUELTA (%) | MATERIAL SUELTO (%) | TOTAL (%) |            |
| 0.00   |    |                               |                             | Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc. | 0.20m-1.50m   | SC   |  | E                 | -              | 40              | 60                  | 100       |            |
| 0.20   |    |                               |                             | Material orgánico, para limpieza y desbroce.  |   |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
| 0.50   |    |                               |                             | Material de coloración marrón, material con presencia de gravas de TN 3/4" con mayor porcentaje de arenas arcillosas, compactación regular, contenido de humedad media y de media plasticidad con presencia de gravas de 2"                                       |   |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
| 0.90   |    | ESTRATO DE COLOR MARRON CLARO | arenas arcillosas con grava |   |   |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
| 1.10   |    |                               |                             |   |   |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
| 1.50   |    |                               |                             |   |   |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
| HORIZONTE (E)  |    |                               |                             |   |  |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
|  |    |                               |                             |   |   |      |  |                   |                |                 |                     |           |            |
| RESULTADOS DEL AREA DE ESTUDIO A 1.50m   |    |                               |                             |   | CLASIFICACION   |      | GRANULOMETRIA  |                   |                | LIMITES %       |                     |           | HUM. NAT % |
| DETALLE DE CARACTERIZACION   |    |                               |                             |   | AASHTO  | SUCS | 3" A Nro. 4  | Nro. 4 a Nro. 200 | Menor Nro. 200 | L.L.            | L.P.                | I.P.      |            |
| NIVEL FREATICO: NO PRESENTA<br>COLOR - NATURAL: MARRON<br>MACIZO ROCOSO: NO PRESENTA   |    |                               |                             |   | A-2-4   | SC   | 13.27  | 42.98             | 43.75          | 38.12           | 28.15               | 9.97      | 10.58      |


 Aurelio Nahui Salazar  
 PROFESIONAL RESPONSABLE  
 CIP. N° 113503

Registrado en  
**Indecopi** Resolución N° 16130-2019/OSD


 Christian TATELOPEZ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 181691



**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

|  |  |
|--|--|
| Tesis : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAVELICA - 2020" |  |
| Solicitante : BACH. ÑAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS COOICCA, CESAR   | Fecha de Ensayo: sábado, 20 de Febrero de 2021 |
| Ubicación de Proyecto : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAVELICA   | Fecha de Entrega: lunes, 1 de Marzo de 2021    |
| Lugar : HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  |  |
| Código de Muestra : CALICATA - (C)   | Profundidad: 0.20 - 1.50m                      |
| Sondaje / Calicata : INCORPORACIÓN DEL 2% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)   | Norte: —                                       |
| N° de Muestra : M-2  | Este: —  |
| Progresiva : 60.914KM  | Cota: —  |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216   |                    | GRÁFICO DE FLUIDEZ |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
|--|--------------------|--------------------|----------------------------------|--|--|-----------|---|---|-------------------|----|----|--------------------|-------|-------|--------------------------------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|------------------------------|----------|----------|-------------------|--------------|--------------|
| MÉTODO DE SECADO   | Horno a 110 +/-5°C |                    |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| MÉTODO DE REPORTE  | "B"                |                    |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| MATERIALES EXCLUIDOS   | Ninguno            |                    |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| TARA N°  | 6                  |                    |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| PESO DE LA TARA  | 125                |                    |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| TARA + (m) HUMEDA  | 395.19             |                    |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| TARA + (m) SECO  | 375                |                    |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>  | <b>8.08</b>        |                    |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D 4318-84</th> </tr> <tr> <th>ENSAYO N°</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N°. DE RECIPIENTE</td> <td>49</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>PESO DE RECIPIENTE</td> <td>11.25</td> <td>11.17</td> </tr> <tr> <td>PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO</td> <td>25.16</td> <td>27.13</td> </tr> <tr> <td>PESO RECIPIENTE + SUELO SECO</td> <td>22.67</td> <td>24.39</td> </tr> <tr> <td>CANTIDAD MÍNIMA REQUERIDA 6g</td> <td>(Cumple)</td> <td>(Cumple)</td> </tr> <tr> <td><b>RESULTADOS</b></td> <td><b>27.69</b></td> <td><b>27.73</b></td> </tr> </tbody> </table> |                    |                    | LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D 4318-84 |  |  | ENSAYO N° | 1 | 2 | N°. DE RECIPIENTE | 49 | 11 | PESO DE RECIPIENTE | 11.25 | 11.17 | PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | 25.16 | 27.13 | PESO RECIPIENTE + SUELO SECO | 22.67 | 24.39 | CANTIDAD MÍNIMA REQUERIDA 6g | (Cumple) | (Cumple) | <b>RESULTADOS</b> | <b>27.69</b> | <b>27.73</b> |
| LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D 4318-84   |                    |                    |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| ENSAYO N°  | 1                  | 2                  |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| N°. DE RECIPIENTE  | 49                 | 11                 |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| PESO DE RECIPIENTE   | 11.25              | 11.17              |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO   | 25.16              | 27.13              |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| PESO RECIPIENTE + SUELO SECO   | 22.67              | 24.39              |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| CANTIDAD MÍNIMA REQUERIDA 6g   | (Cumple)           | (Cumple)           |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |
| <b>RESULTADOS</b>  | <b>27.69</b>       | <b>27.73</b>       |                                  |  |  |           |   |   |                   |    |    |                    |       |       |                                |       |       |                              |       |       |                              |          |          |                   |              |              |

| DETALLES EN LABORATORIO               |                                | LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D 4318-84  |              |              |              |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA | "Secada al horno a 110 +/-5°C" | DESCRIPCION                      | 1            | 2            | 3            |
| PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO             | Tamizado compuesto             | Nro. de Recipiente               | 3            | 29           | 35           |
| TAMIZ SEPARADOR                       | N°4                            | Peso de Recipiente               | 11.17        | 11.03        | 10.65        |
| MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS       | "B"                            | Peso Recipiente + Suelo Humedo   | 40           | 38           | 40           |
| MÉTODO DE SECADO                      | Horno                          | Peso Recipiente + Suelo Seco (B) | 35.75        | 32.14        | 30.25        |
| MÉTODO DE PREPARACION                 | Ambiente                       | N° De Golpes                     | 33           | 28           | 21           |
| MÉTODO DE EXTRACCIÓN                  | Manual                         | <b>RESULTADOS</b>                | <b>17.29</b> | <b>27.76</b> | <b>49.74</b> |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318 |            |
|---------------------------------------|------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 37.11      |
| LÍMITE PLÁSTICO                       | 27.71      |
| INDICE DE PLASTICIDAD                 | 9.40       |
| INDICE DE CONSISTENCIA (Ic)           | 3.95       |
| INDICE DE LIQUIDEZ (IL)               | -2.95      |
| MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO    | Multipunto |

  
**Aurelio Nahui Salvatierra**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD





**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

|  |   |
|--|---|
| Tesis : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |   |
| Solicitante : BACH. ÑAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS COOICCA, CESAR   |   |
| Ubicación de Proyecto : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA   | Fecha de Ensayo : sábado, 20 de Febrero de 2021 |
| Lugar : HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | Fecha de Entrega : lunes, 1 de Marzo de 2021    |
| Código de Muestra : CALICATA - (C)   | Profundidad : 0.20 - 1.50m                      |
| Sondaje / Calicata : INCORPORACIÓN DEL 4% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)   | Norte : —                                       |
| N° de Muestra : M-3  | Este : —  |
| Progresiva : 60.914KM  | Cota : —  |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216 |                    | GRÁFICO DE FLUIDEZ<br>R <sup>2</sup> = 0.9822<br>% HUMEDAD<br>Numero Golpes |
|------------------------------------|--------------------|---|
| MÉTODO DE SECADO                   | Horno a 110 +/-5°C |   |
| MÉTODO DE REPORTE                  | "B"                |   |
| MATERIALES EXCLUIDOS               | Ninguno            |   |
| TARA N°                            | 6                  |   |
| PESO DE LA TARA                    | 125                |   |
| TARA + (m) HUMEDA                  | 485                |   |
| TARA + (m) SECO                    | 450                |   |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>        | <b>10.77</b>       |   |
| LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D 4318-84   |                    |   |
| ENSAYO N°                          | 1                  | 2   |
| N°. DE RECIPIENTE                  | 49                 | 11  |
| PESO DE RECIPIENTE                 | 11.25              | 11.17   |
| PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO     | 25.16              | 27.13   |
| PESO RECIPIENTE + SUELO SECO       | 22.67              | 24.39   |
| CANTIDAD MÍNIMA REQUERIDA 6g       | ¡Cumple!           | ¡Cumple!  |
| <b>RESULTADOS</b>                  | <b>26.77</b>       | <b>27.24</b>  |

*Aurelio Nahui Salvatierra*  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503

| DETALLES EN LABORATORIO               |                                 | LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D 4318-84  |              |              |              |
|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA | "Secado al horno a 110 +/- 5°C" | DESCRIPCION                      | 1            | 2            | 3            |
| PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO             | Tamizado compuesto              | Nro. de Recipiente               | 3            | 29           | 35           |
| TAMIZ SEPARADOR                       | N°4                             | Peso de Recipiente               | 11.17        | 11.03        | 10.65        |
| MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS       | "B"                             | Peso Recipiente + Suelo Humedo   | 29           | 30           | 32           |
| MÉTODO DE SECADO                      | Horno                           | Peso Recipiente + Suelo Seco (B) | 26.15        | 25.01        | 24.75        |
| MÉTODO DE PREPARACION                 | Ambiente                        | N° De Golpes                     | 32           | 26           | 19           |
| MÉTODO DE EXTRACCIÓN                  | Manual                          | <b>RESULTADOS</b>                | <b>19.03</b> | <b>35.69</b> | <b>51.42</b> |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318 |            |
|---------------------------------------|------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 35.78      |
| LÍMITE PLÁSTICO                       | 27.01      |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                 | 8.77       |
| ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)           | 4.08       |
| ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)               | -3.08      |
| MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO    | Multipunto |

*Omar Charlie TAYPE LOPEZ*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16190-2019/OSD



**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

|  |  |
|--|--|
| Tesis : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" |  |
| Solicitante : BACH. ÑAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL, BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   |  |
| Ubicación de Proyecto : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA   | Fecha de Ensayo: sábado, 20 de Febrero de 2021 |
| Lugar : HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | Fecha de Entrega: lunes, 1 de Marzo de 2021    |
| Código de Muestra : CALICATA - (C)   | Profundidad: 0.20 - 1.50m                      |
| Sondaje / Calicata : INCORPORACIÓN DEL 6% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)   | Norte: —                                       |
| N° de Muestra : M-4  | Este: —  |
| Progresiva : 60.914KM  | Cota: —  |

| CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ASTM D2216 |                    | GRÁFICO DE FLUIDEZ<br>R <sup>2</sup> = 0.9977<br>% HUMEDAD<br>Numero Golpes |
|------------------------------------|--------------------|---|
| MÉTODO DE SECADO                   | Horno a 110 +/-5°C |   |
| MÉTODO DE REPORTE                  | "B"                |   |
| MATERIALES EXCLUIDOS               | Ninguno            |   |
| TARA N°                            | 6                  |   |
| PESO DE LA TARA                    | 125                |   |
| TARA + (m) HUMEDA                  | 434                |   |
| TARA + (m) SECO                    | 412                |   |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>        | <b>7.67</b>        |   |

| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318-84 |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| ENSAYO N°                        | 1            | 2            |
| N° DE RECIPIENTE                 | 49           | 11           |
| PESO DE RECIPIENTE               | 11.25        | 11.17        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDC   | 25.16        | 27.13        |
| PESO RECIPIENTE + SUELO SECO     | 22.67        | 24.39        |
| CANTIDAD MINIMA REQUERIDA Eg     | (Cumple)     | (Cumple)     |
| <b>RESULTADOS</b>                | <b>24.64</b> | <b>24.24</b> |

*Aurelio Nahui Salvatierra*  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503

| DETALLES EN LABORATORIO               |                                 | LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318-84  |              |              |              |
|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA | "Secada al horno a 110 +/- 5°C" | DESCRIPCION                      | 1            | 2            | 3            |
| PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO             | Tamizado compuesto              | Nro. de Recipiente               | 3            | 29           | 35           |
| TAMIZ SEPARADOR                       | N°4                             | Peso de Recipiente               | 11.17        | 11.03        | 10.65        |
| MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS       | "B"                             | Peso Recipiente + Suelo Humedo   | 48           | 40           | 45           |
| MÉTODO DE SECADO                      | Horno                           | Peso Recipiente + Suelo Seco (B) | 42           | 34           | 35.14        |
| MÉTODO DE PREPARACION                 | Ambiente                        | N° De Golpes                     | 33           | 28           | 21           |
| MÉTODO DE EXTRACCIÓN                  | Manual                          | <b>RESULTADOS</b>                | <b>19.46</b> | <b>26.12</b> | <b>40.26</b> |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D4318 |            |
|---------------------------------------|------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 32.12      |
| LÍMITE PLÁSTICO                       | 24.44      |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                 | 7.68       |
| ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)           | 4.18       |
| ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)               | -3.18      |
| MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO    | Multipunto |

*Charlie TAYBE LOPEZ*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16190-2019/OSD





CERTIFICACIÓN N° 00165-2021/LCCMSCyA.

|  |   |   |
|--|---|---|
| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L. |   | FECHA DE ENSAYO: 22 DE FEBRERO DEL 2021 |
| TESIS:   | "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCVELICA - 2020" | FECHA DE ENTREGA: 01 DE MARZO DEL 2021  |
| LUGAR:   | HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914   | PROF.: 1.50m                            |
| SOLICITADO POR LOS TESISISTAS:   | BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR  | METODO: "C"                             |
| SONDAJE:   | MUESTRA PATRÓN  | CALICATA: C                             |
| PROGRESIVA:  | 60.914KM  |   |

PROCTOR MODIFICADO

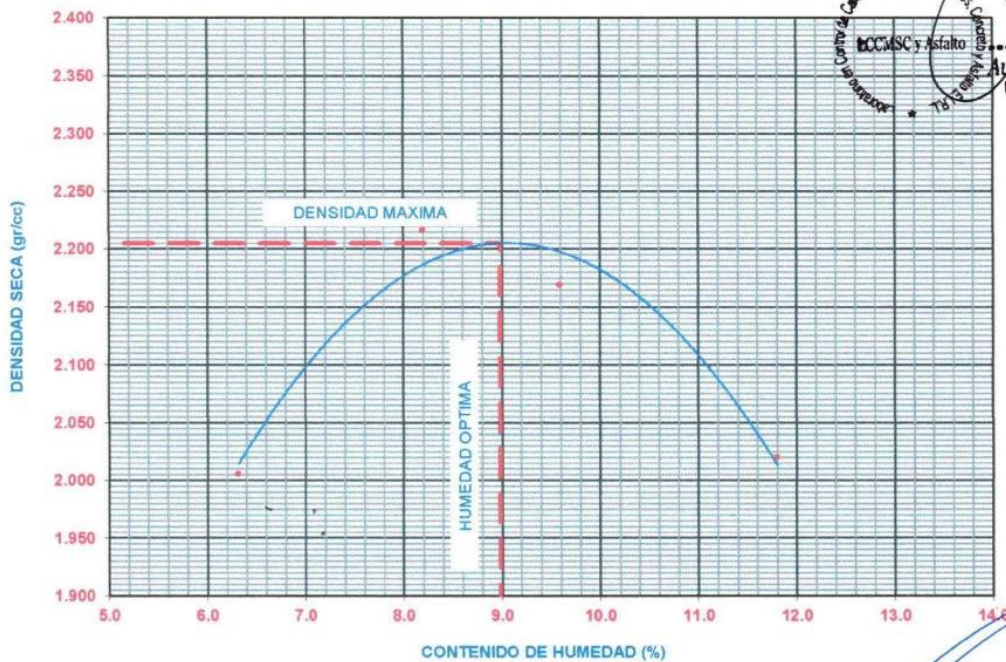
METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO

FECHA DE ENSAYO: 22 DE FEBRERO DEL 2021

|                                      |              |        |                      |        |        |            |        |        |
|--------------------------------------|--------------|--------|----------------------|--------|--------|------------|--------|--------|
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> ) | 2126         |        | PESO DEL MOLDE (gr): | 6441   |        | MOLDE Nro. | 1      |        |
| NUMERO DE ENSAYOS                    | 1            | 2      | 3                    | 4      |        |            |        |        |
| PESO SUELO + MOLDE                   | 10975        | 11541  | 11495                | 11244  |        |            |        |        |
| PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO         | 4534         | 5100   | 5054                 | 4803   |        |            |        |        |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO              | 2.133        | 2.399  | 2.377                | 2.259  |        |            |        |        |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                 |              |        |                      |        |        |            |        |        |
| RECIPIENTE Nro.                      | 2            | 4      | 5                    | 12     | 7      | 2          | 2      | 9      |
| PESO SUELO HUMEDO + TARA             | 110.00       | 120.00 | 135.00               | 144.00 | 120.00 | 110.00     | 120.00 | 134.00 |
| PESO SUELOS SECO + TARA              | 105.41       | 114.11 | 127.44               | 134.26 | 112.24 | 102.42     | 110.41 | 122.24 |
| PESO DE LA TARA                      | 26.73        | 27.40  | 26.54                | 24.74  | 27.53  | 26.73      | 26.73  | 25.28  |
| PESO DE AGUA                         | 4.59         | 5.89   | 7.56                 | 9.74   | 7.76   | 7.58       | 9.59   | 11.76  |
| PESO DE SUELO SECO                   | 78.68        | 86.71  | 100.90               | 109.52 | 84.71  | 75.69      | 83.68  | 96.96  |
| CONTENIDO DE AGUA                    | 5.83         | 6.79   | 7.49                 | 8.89   | 9.16   | 10.01      | 11.46  | 12.13  |
| % PROMEDIO DE AGUA                   | 6.31         |        | 8.19                 |        | 9.59   |            | 11.79  |        |
| PESO VOLUMETRICO SECO                | 2.006        |        | 2.217                |        | 2.169  |            | 2.021  |        |
| DENSIDAD MAXIMA SECA                 | 2.205 gr/cc. |        | HUMEDAD OPTIMA       |        | 8.98 % |            |        |        |

GRAFICO DEL PROCTOR



**LCCMSC y Asfalto**  
Laboratorio en Control de Calidad de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto E.I.R.L.  
**Aurelio Nahui Salvatierra**  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. N° 113503

**Orlando Charly TAYPE LOPEZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181891

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16190-2013/OSD

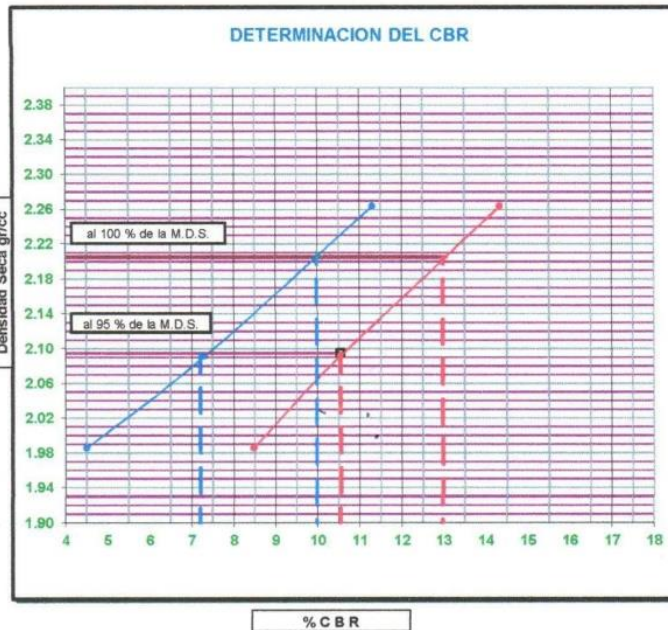
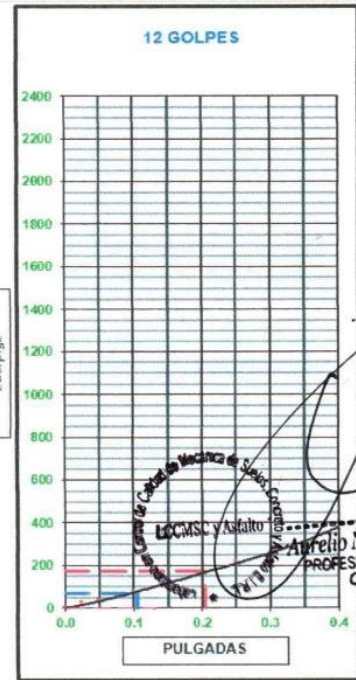
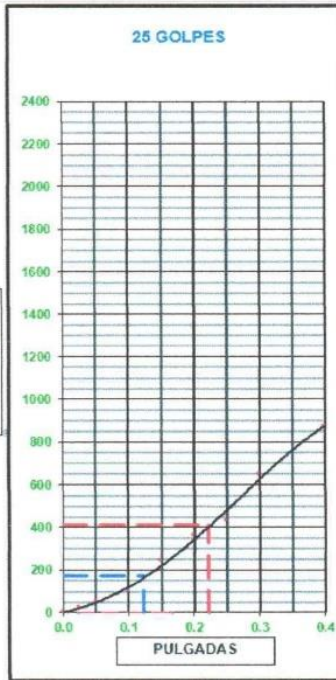
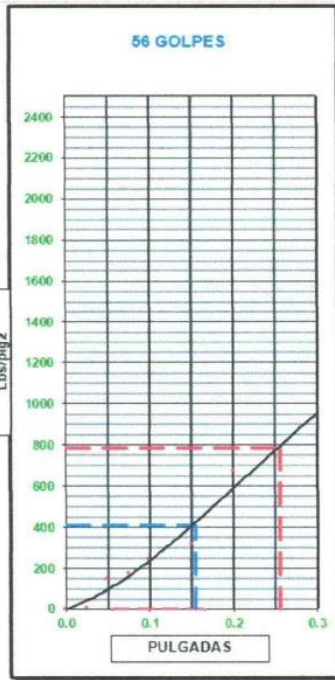




CERTIFICACIÓN N° 00165-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.   |  |
|--|--|
| <b>TESIS:</b> "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" | <b>FECHA DE ENSAYO:</b> 22 DE FEBRERO DEL 2021 |
|  | <b>FECHA DE ENTREGA:</b> 01 DE MARZO DEL 2021  |
| <b>SOLICITADO POR LOS TESISTAS:</b> BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL, BACH. VALLEJOS COOICCA, CESAR   | <b>CALICATA:</b> C                             |
| <b>UBICACIÓN:</b> LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA   | <b>MUESTRA:</b> MUESTRA PATRÓN                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b> 22 DE FEBRERO DEL 2021   | <b>PROFUND.:</b> 1.50m                         |
| <b>LUGAR:</b> HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  |  |

**GRÁFICO DE PENETRACION DE CBR**



| VALORES DEL CBR |      |           |
|-----------------|------|-----------|
| CBR AL 100%     | 0.1" | = 9.98 %  |
| CBR AL 95%      | 0.1" | = 7.21 %  |
| CBR AL 100%     | 0.2" | = 12.98 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" | = 10.55 % |

| LEYENDA |              |
|---------|--------------|
|         | = 0.2" pulg. |
|         | = 0.1" pulg. |
|         | = Corrección |

| DATOS DEL PROCTOR     |                |
|-----------------------|----------------|
| DENSIDAD SECA al 100% | = 2.21 gr./cc. |
| DENSIDAD SECA al 95%  | = 2.09 gr./cc. |
| OPTIMO DE HUMEDAD     | = 8.98 %       |

| EXPANSION      |          |
|----------------|----------|
| % DE EXPANSION | = 3.05 % |

*[Signature]*  
Omar Charic, TAYPE LOPEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181891



Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD



CERTIFICACIÓN N° 00166-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L. |  |  |   |
|--|--|--|---|
| TESIS :  | "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCAVELICA - 2020" |  | FECHA DE ENSAYO: 22 DE FEBRERO DEL 2021 |
|  |  |  | FECHA DE ENTREGA: 01 DE MARZO DEL 2021  |
| LUGAR:   | HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914  |  | PROF. : 1.50m                           |
| SOLICITADO POR LOS TESISTAS :  | BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   |  | METODO : "C"                            |
| SONDAJE :  | INCORPORACIÓN DEL 2% DE CLORURO DE SODIO NaCl  |  | CALICATA : C                            |
| PROGRESIVA :   | 60.914KM   |  |   |

PROCTOR MODIFICADO

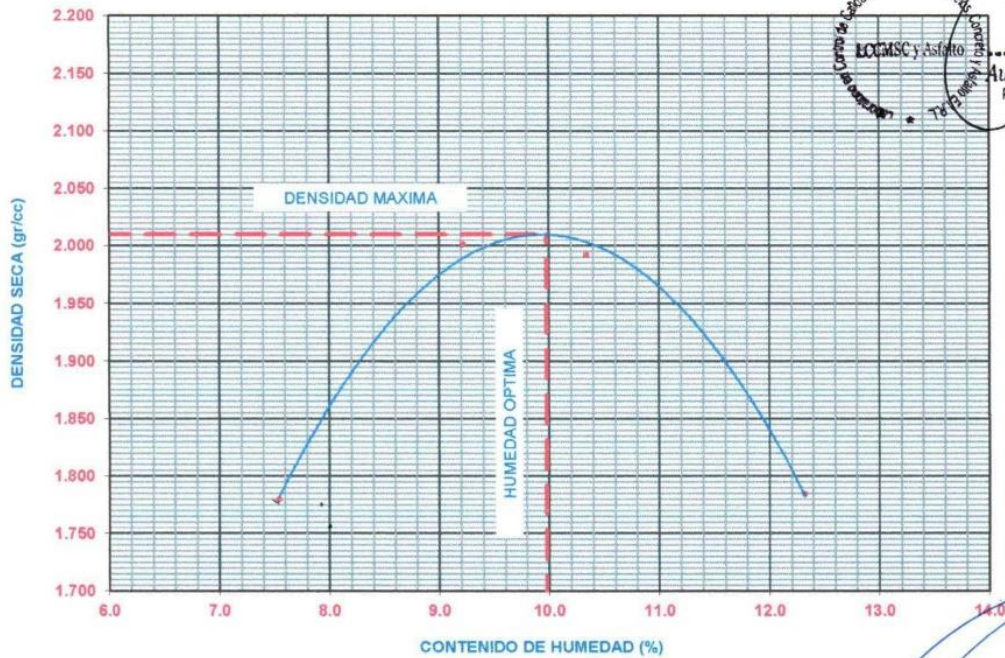
METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO

FECHA DE ENSAYO: 22 DE FEBRERO DEL 2021

| VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> ) | PESO DEL MOLDE (gr) : |        | MOLDE Nro.     |        |        |        |        |        |
|--------------------------------------|-----------------------|--------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2126                                 | 6441                  |        | 1              |        |        |        |        |        |
| NUMERO DE ENSAYOS                    | 1                     | 2      | 3              | 4      |        |        |        |        |
| PESO SUELO + MOLDE                   | 10511                 | 11088  | 11115          | 10704  |        |        |        |        |
| PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO         | 4070                  | 4647   | 4674           | 4263   |        |        |        |        |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO              | 1914                  | 2.186  | 2.198          | 2.005  |        |        |        |        |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                 |                       |        |                |        |        |        |        |        |
| RECIPIENTE Nro.                      | 2                     | 4      | 5              | 12     | 7      | 2      | 2      | 9      |
| PESO SUELO HUMEDO + TARA             | 122.00                | 118.00 | 134.00         | 154.00 | 111.00 | 125.00 | 120.00 | 136.00 |
| PESO SUELOS SECO + TARA              | 116.00                | 111.00 | 125.00         | 143.00 | 103.00 | 116.00 | 109.64 | 124.00 |
| PESO DE LA TARA                      | 26.73                 | 27.40  | 26.54          | 24.74  | 27.53  | 26.73  | 26.73  | 25.28  |
| PESO DE AGUA                         | 6.00                  | 7.00   | 9.00           | 11.00  | 8.00   | 9.00   | 10.36  | 12.00  |
| PESO DE SUELO SECO                   | 89.27                 | 83.60  | 98.46          | 118.26 | 75.47  | 89.27  | 82.91  | 98.72  |
| CONTENIDO DE AGUA                    | 6.72                  | 8.37   | 9.14           | 9.30   | 10.60  | 10.08  | 12.50  | 12.16  |
| % PROMEDIO DE AGUA                   | 7.55                  |        | 9.22           |        | 10.34  |        | 12.33  |        |
| PESO VOLUMETRICO SECO                | 1.780                 |        | 2.001          |        | 1.992  |        | 1.785  |        |
| DENSIDAD MAXIMA SECA                 | 2.010 gr/cc.          |        | HUMEDAD OPTIMA |        | 9.98 % |        |        |        |

GRAFICO DEL PROCTOR



*Registrado en indecopi Resolución N° 16130-2013/OSD*

**LCCMSC y Asfalto**  
Aurelio Nahui Salvatierra  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. 113503

*Omar Charlie LAYPE LOPEZ*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

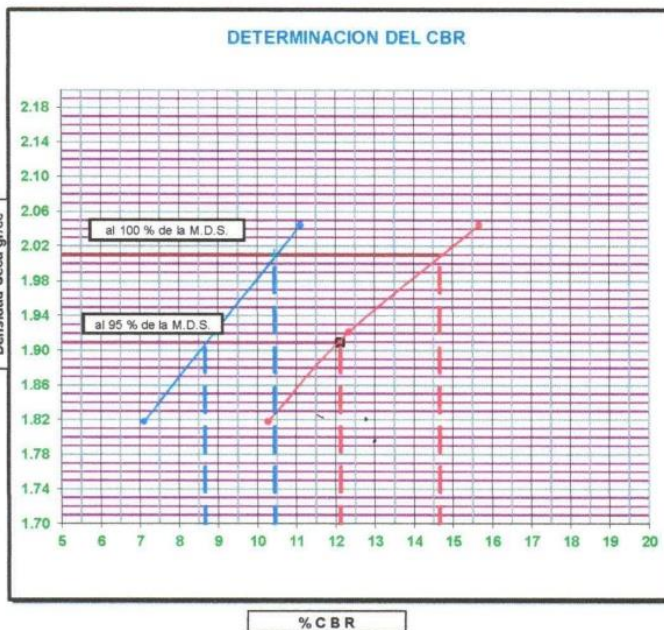
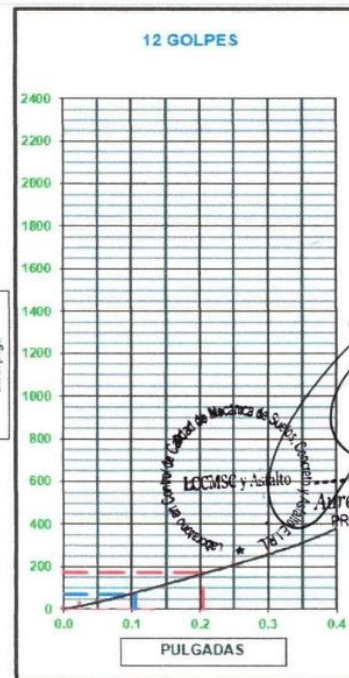
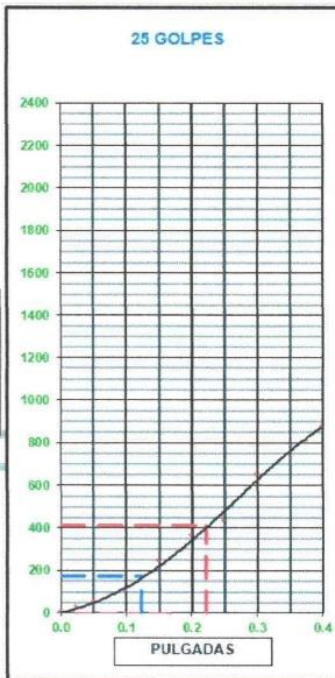
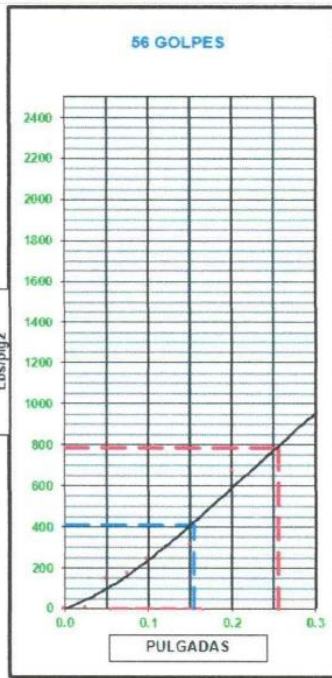




CERTIFICACIÓN N° 00166-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.   |   |
|--|---|
| <b>TESIS:</b> "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" | <b>FECHA DE ENSAYO:</b> 22 DE FEBRERO DEL 2021                |
|  | <b>FECHA DE ENTREGA:</b> 01 DE MARZO DEL 2021                 |
| <b>SOLICITADO POR LOS TESTISTAS:</b> BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ABDEL, BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR  | <b>CALICATA:</b> C  |
| <b>UBICACIÓN:</b> LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA   | <b>MUESTRA:</b> INCORPORACIÓN DEL 2% DE CLORURO DE SODIO NaCl |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b> 22 DE FEBRERO DEL 2021   | <b>PROFUND.:</b> 1.50m  |
| <b>LUGAR:</b> HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914  |   |

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



| VALORES DEL CBR |      |           |
|-----------------|------|-----------|
| CBR AL 100%     | 0.1" | = 10.43 % |
| CBR AL 95%      | 0.1" | = 8.66 %  |
| CBR AL 100%     | 0.2" | = 14.66 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" | = 12.12 % |

| LEYENDA |              |
|---------|--------------|
|         | = 0.2" pulg. |
|         | = 0.1" pulg. |
|         | = Corrección |

| DATOS DEL PROCTOR     |               |
|-----------------------|---------------|
| DENSIDAD SECA al 100% | = 2.01 gr/cc. |
| DENSIDAD SECA al 95%  | = 1.91 gr/cc. |
| OPTIMO DE HUMEDAD     | = 9.98 %      |

| EXPANSION      |          |
|----------------|----------|
| % DE EXPANSION | = 2.74 % |

*Signature*  
**Omar Charlie, TAYPE LOPEZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2019/OSD





CERTIFICACIÓN N° 00167-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L. |  |                   |                        |
|--|--|-------------------|------------------------|
| TESIS:   | "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020" | FECHA DE ENSAYO:  | 22 DE FEBRERO DEL 2021 |
|  |  | FECHA DE ENTREGA: | 01 DE MARZO DEL 2021   |
| LUGAR:   | HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914  | PROF.:            | 1.50m                  |
| SOLICITADO POR LOS TESISISTAS:   | BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR   | METODO:           | "C"                    |
| SONDAJE:   | INCORPORACIÓN DEL 4% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)  | CALICATA:         | C                      |
| PROGRESIVA:  | 60.914KM   |                   |                        |

PROCTOR MODIFICADO

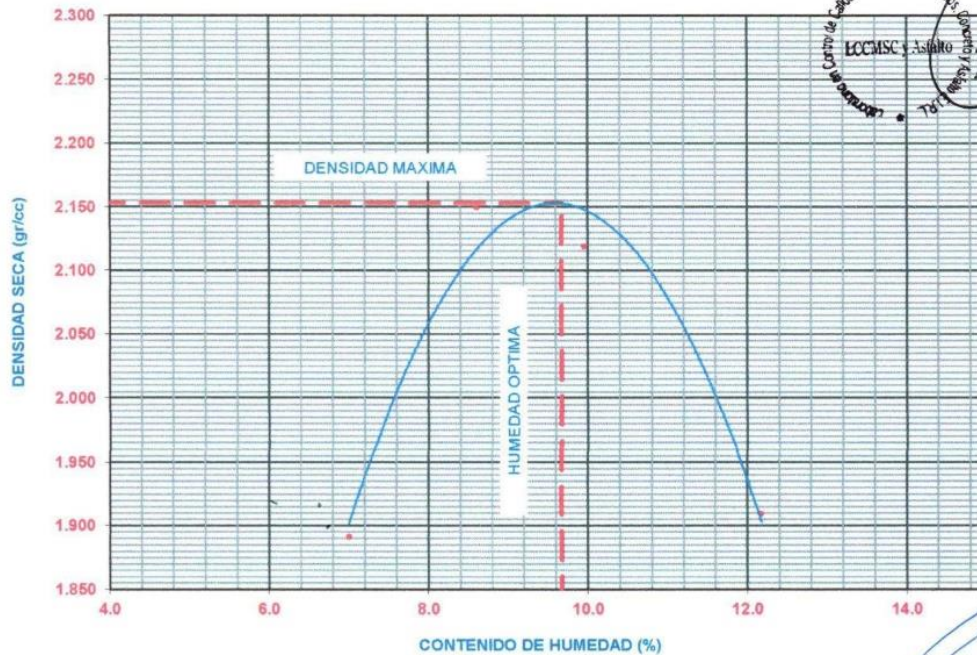
METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO

FECHA DE ENSAYO: 22 DE FEBRERO DEL 2021

| VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> ) | PESO DEL MOLDE (gr): |        | MOLDE Nro.     |        |        |        |        |        |
|--------------------------------------|----------------------|--------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2126                                 | 1                    | 2      | 3              | 4      |        |        |        |        |
| NUMERO DE ENSAYOS                    | 1                    | 2      | 3              | 4      |        |        |        |        |
| PESO SUELO + MOLDE                   | 10744                | 11405  | 11395          | 10995  |        |        |        |        |
| PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO         | 4303                 | 4964   | 4954           | 4554   |        |        |        |        |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO              | 2.024                | 2.335  | 2.330          | 2.142  |        |        |        |        |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                 |                      |        |                |        |        |        |        |        |
| RECIPIENTE Nro.                      | 2                    | 4      | 5              | 12     | 7      | 2      | 2      | 9      |
| PESO SUELO HUMEDO + TARA             | 120.00               | 124.00 | 115.00         | 126.00 | 117.00 | 120.00 | 124.00 | 119.00 |
| PESO SUELOS SECO + TARA              | 113.36               | 118.25 | 108.65         | 117.24 | 109.00 | 111.45 | 113.01 | 109.25 |
| PESO DE LA TARA                      | 26.73                | 27.40  | 26.54          | 24.74  | 27.53  | 26.73  | 26.73  | 25.28  |
| PESO DE AGUA                         | 6.64                 | 5.75   | 6.35           | 8.76   | 8.00   | 8.55   | 10.99  | 9.75   |
| PESO DE SUELO SECO                   | 86.63                | 90.85  | 82.11          | 92.50  | 81.47  | 84.72  | 86.28  | 83.97  |
| CONTENIDO DE AGUA                    | 7.66                 | 6.33   | 7.73           | 9.47   | 9.82   | 10.09  | 12.74  | 11.61  |
| % PROMEDIO DE AGUA                   | 7.00                 |        | 8.60           |        | 9.96   |        | 12.17  |        |
| PESO VOLUMETRICO SECO                | 1.892                |        | 2.150          |        | 2.119  |        | 1.909  |        |
| DENSIDAD MAXIMA SECA                 | 2.153 gr/cc.         |        | HUMEDAD OPTIMA |        | 9.67 % |        |        |        |

GRAFICO DEL PROCTOR



LCCMSC y Asfalto  
Aurelio Nahui Salvatierra  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. N° 118503

Omar Charlie TAYPE LOPEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD

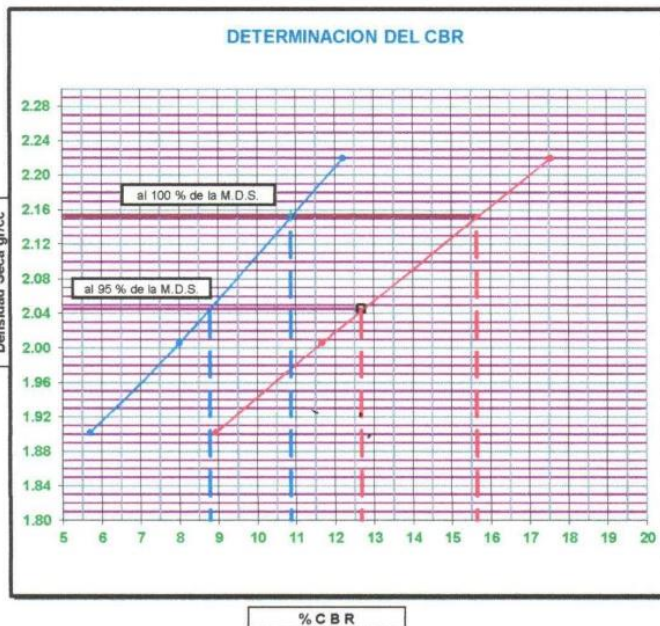
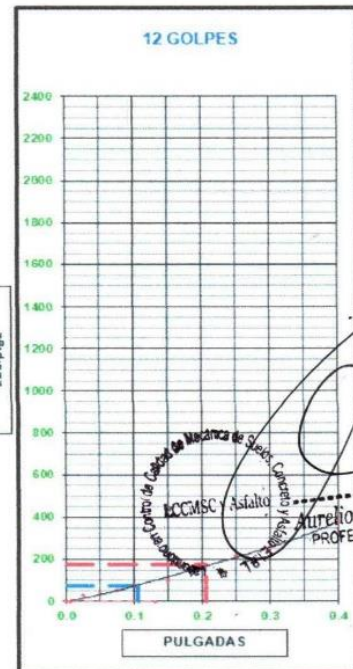
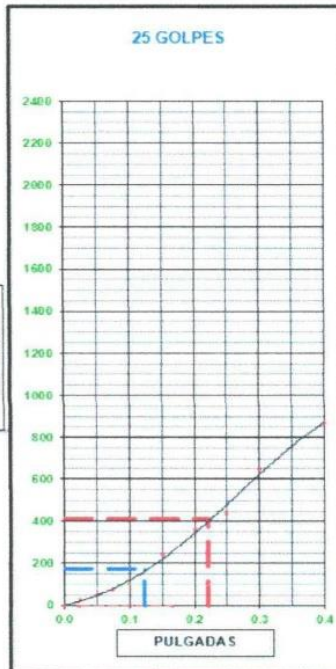
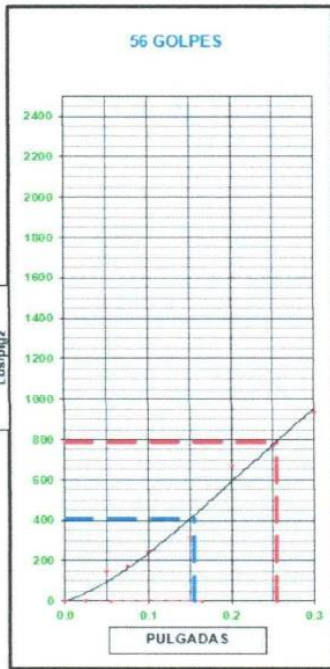




CERTIFICACIÓN N° 00167-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.   |  |
|--|--|
| <p>TESES: 'APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCAVELICA - 2020'</p> | <p>FECHA DE ENSAYO: 22 DE FEBRERO DEL 2021</p> <p>FECHA DE ENTREGA: 01 DE MARZO DEL 2021</p> |
| <p>SOLICITADO POR LOS TESISISTAS: BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ABDEL, BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR</p>   | <p>CALICATA: C</p>   |
| <p>UBICACIÓN: LIRCAY - ANGARAES - HUANCAVELICA</p>   | <p>MUESTRA: INCORPORACIÓN DEL 4% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)</p>                              |
| <p>FECHA DE ENSAYO: 22 DE FEBRERO DEL 2021</p>   | <p>PROFUND.: 1.50m</p>   |
| <p>LUGAR: HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914</p>  |  |

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



| VALORES DEL CBR |      |           |
|-----------------|------|-----------|
| CBR AL 100%     | 0.1" | = 10.87 % |
| CBR AL 95%      | 0.1" | = 8.79 %  |
| CBR AL 100%     | 0.2" | = 15.64 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" | = 12.68 % |

| LEYENDA |              |
|---------|--------------|
|         | = 0.2" pulg. |
|         | = 0.1" pulg. |
|         | = Corrección |

| DATOS DEL PROCTOR     |                |
|-----------------------|----------------|
| DENSIDAD SECA al 100% | = 2.15 gr./cc. |
| DENSIDAD SECA al 95%  | = 2.05 gr./cc. |
| OPTIMO DE HUMEDAD     | = 9.67 %       |

| EXPANSION      |          |
|----------------|----------|
| % DE EXPANSION | = 2.35 % |

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD

  
**Omar Charlie, TAYPE LOPEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 181691





CERTIFICACIÓN N° 00168-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L. |   |  |   |
|--|---|--|---|
| TESIS:   | "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914, HUANCVELICA - 2020" |  | FECHA DE ENSAYO: 22 DE FEBRERO DEL 2021 |
|  |   |  | FECHA DE ENTREGA: 01 DE MARZO DEL 2021  |
| LUGAR:   | HV116 TRAMO KM 59.914 - KM 60.914   |  | PROF.: 1.50m                            |
| SOLICITADO POR LOS TESISISTAS:   | BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS CCOICCA, CESAR  |  | METODO: "C"                             |
| SONDAJE:   | INCORPORACIÓN DEL 6% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)   |  | CALICATA: C                             |
| PROGRESIVA:  | 60.914KM  |  |   |

PROCTOR MODIFICADO

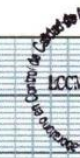
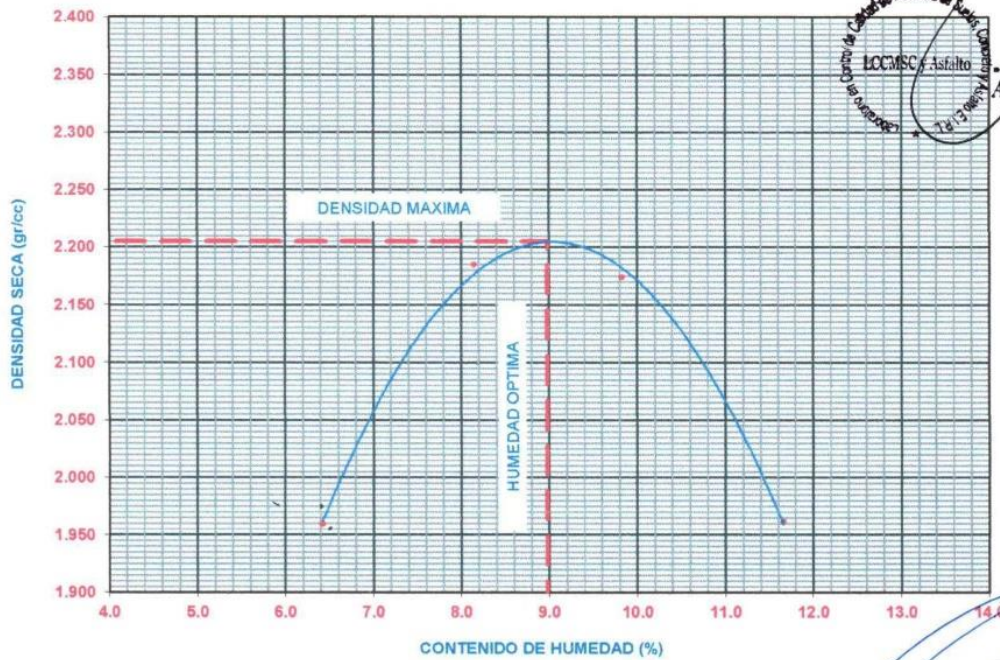
METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION: PROCTOR MODIFICADO

FECHA DE ENSAYO: 22 DE FEBRERO DEL 2021

| VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> ) | PESO DEL MOLDE (gr): |        | MOLDE Nro.     |        |        |        |        |        |
|--------------------------------------|----------------------|--------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2126                                 | 6441                 |        | 1              |        |        |        |        |        |
| NUMERO DE ENSAYOS                    | 1                    | 2      | 3              | 4      |        |        |        |        |
| PESO SUELO + MOLDE                   | 10875                | 11465  | 11518          | 11098  |        |        |        |        |
| PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO         | 4434                 | 5024   | 5077           | 4657   |        |        |        |        |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO              | 2.085                | 2.363  | 2.388          | 2.190  |        |        |        |        |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                 |                      |        |                |        |        |        |        |        |
| RECIPIENTE Nro.                      | 2                    | 4      | 5              | 12     | 7      | 2      | 2      | 9      |
| PESO SUELO HUMEDO + TARA             | 125.00               | 124.00 | 140.00         | 145.00 | 120.00 | 118.00 | 125.00 | 128.00 |
| PESO SUELOS SECO + TARA              | 119.00               | 118.24 | 132.11         | 135.25 | 112.12 | 109.45 | 115.26 | 116.74 |
| PESO DE LA TARA                      | 26.73                | 27.40  | 26.54          | 24.74  | 27.53  | 26.73  | 26.73  | 25.28  |
| PESO DE AGUA                         | 6.00                 | 5.76   | 7.89           | 9.75   | 7.88   | 8.55   | 9.74   | 11.26  |
| PESO DE SUELO SECO                   | 92.27                | 90.84  | 105.57         | 110.51 | 84.59  | 82.72  | 88.53  | 91.46  |
| CONTENIDO DE AGUA                    | 6.50                 | 6.34   | 7.47           | 8.82   | 9.32   | 10.34  | 11.00  | 12.31  |
| % PROMEDIO DE AGUA                   | 6.42                 |        | 8.15           |        | 9.83   |        | 11.66  |        |
| PESO VOLUMETRICO SECO                | 1.960                |        | 2.185          |        | 2.174  |        | 1.962  |        |
| DENSIDAD MAXIMA SECA                 | 2.205 gr/cc.         |        | HUMEDAD OPTIMA |        | 8.98 % |        |        |        |

GRAFICO DEL PROCTOR



**Augusto Nahui Salazar**  
PROFESIONAL RESPONSABLE  
CIP. N° 113503



**Omar Charlie TAYPE LOPEZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 181691



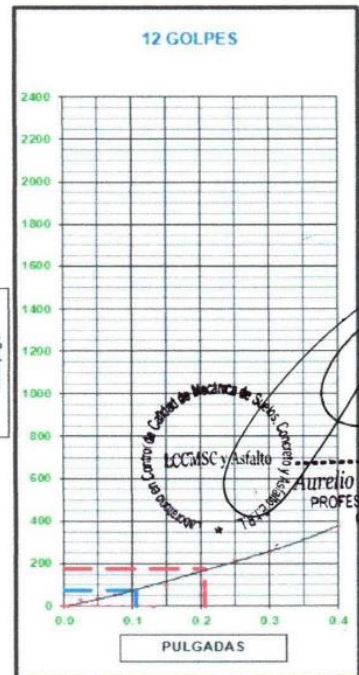
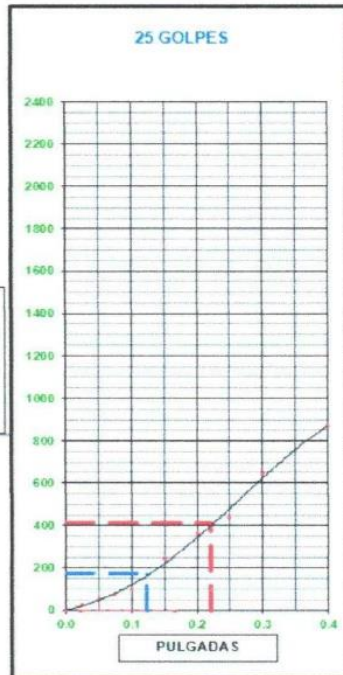
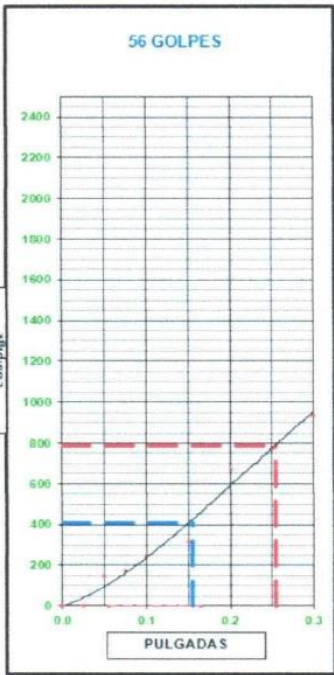
Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD



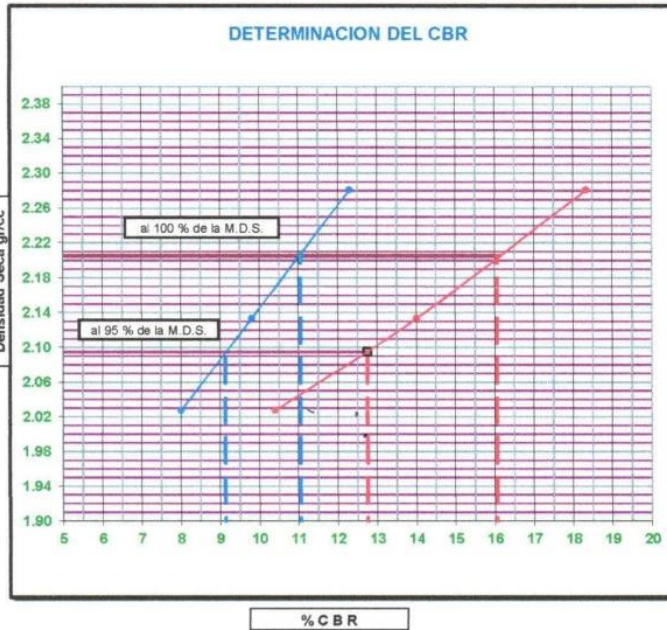
CERTIFICACIÓN N° 00168-2021/LCCMSCyA.

| LABORATORIO EN CONTROL DE CALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.   |  |
|--|--|
| <p>TESIS : "APLICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO CLORURO DE SODIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL HV 116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914, HUANCAMELICA - 2020"</p> | <p>FECHA DE ENSAYO: 22 DE FEBRERO DEL 2021</p>                   |
| <p>SOLICITADO POR LOS TESISTAS : BACH. NAHUI VELASQUE, BOSCO ADBEL; BACH. VALLEJOS COOICCA, CESAR</p>  | <p>FECHA DE ENTREGA 01 DE MARZO DEL 2021</p>                     |
| <p>UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA</p>  | <p>CALICATA: C</p>   |
| <p>FECHA DE ENSAYO: 22 DE FEBRERO DEL 2021</p>   | <p>MUESTRA : INCORPORACIÓN DEL 6% DE CLORURO DE SODIO (NaCl)</p> |
| <p>LUGAR: HV116 TRAMO KM 59.914 – KM 60.914</p>  | <p>PROFUND.: 1.50m</p>   |

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



*Handwritten signature*  
**Aurelio Nahui Salvatierra**  
 PROFESIONAL RESPONSABLE  
 CIP. 113503



| VALORES DEL CBR |                |
|-----------------|----------------|
| CBR AL 100%     | 0.1" = 11.05 % |
| CBR AL 95%      | 0.1" = 9.13 %  |
| CBR AL 100%     | 0.2" = 16.05 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" = 12.75 % |

| LEYENDA |              |
|---------|--------------|
|         | = 0.2" pulg. |
|         | = 0.1" pulg. |
|         | = Corrección |

| DATOS DEL PROCTOR     |                |
|-----------------------|----------------|
| DENSIDAD SECA al 100% | = 2.21 gr./cc. |
| DENSIDAD SECA al 95%  | = 2.09 gr./cc. |
| OPTIMO DE HUMEDAD     | = 8.98 %       |

| EXPANSION      |          |
|----------------|----------|
| % DE EXPANSION | = 2.22 % |

*Handwritten signature*  
**Omar Charlie TAYPE LOPEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 181697

Registrado en **Indecopi** Resolución N° 16130-2013/OSD



## Panel fotográfico



**Fotografía 1.** Procedimiento del análisis por cribado de las muestras.  
**Fuente:** elaboración propia.



**Fotografía 2.** Resultados del análisis por cribado de las muestras.  
**Fuente:** elaboración propia.





**Fotografía 3.** Resultados del análisis por cribado de las muestras incorporando cloruro de sodio NaCl.

**Fuente:** elaboración propia.



**Fotografía 4.** Procedimiento de compactación de los suelos  
**Fuente:** elaboración propia.



**Fotografía 5.** Procedimiento de compactación de los suelos incorporando NaCl.  
**Fuente:** elaboración propia.



**Fotografía 6.** Resultados de la densidad seca máxima de los suelos.  
**Fuente:** elaboración propia.