

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES  
DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO  
PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC,  
PROVINCIA DE PASCO 2020**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL**

**DE INGENIERA CIVIL**

**AUTOR: Bach. Cristina Trujillo Gomez.**

**ASESOR: Ph. D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed.**

**Línea de Investigación: Nuevas Tecnologías y Procesos.**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2023**

**ASESOR:**

**Ph. D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed.**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Tapia Silguera, Rubén Darío  
PRESIDENTE

---

Mtro. Porras Olarte, Rando  
JURADO

---

Mtro. Gonzales Rojas, Carlos Alberto  
JURADO

---

Mtra. Ninahuanca Zavala, Yina Milagro  
JURADO

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza, Leonel  
SECRETARIO DOCENTE

### **Dedicatoria**

A mis padres, por ser mi soporte y apoyo moral, a todas aquellas personas que en mi vida academica me dieron el animo, la energia y sus conocimientos, y alentaron mi confianza y deseos para terminar mi carrera.

### **Agradecimientos**

Para mis colegas y amigos, quienes compartieron sus consejos y enseñanzas en el ámbito profesional, el cual afianzo más mi vocación de ingeniera.

## CONSTANCIA 170

### DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR EL SOFTWARE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO TURNITIN

La Dirección de Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, hace constar por la presente, que el informe final de tesis titulado:

**“RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE LA RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO 2020”.**

**Cuyo autor(es)** : Cristina, Trujillo Gomez

**Facultad** : Ingeniería

**Escuela Profesional** : Ingeniera Civil.

**Asesor(a)** : Ph. D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed

Que, fue presentado con fecha 18.05.2023 y después de realizado el análisis correspondiente en el software de prevención de plagio Turnitin con fecha 19.05.2023; con la siguiente configuración de software de prevención de plagio Turnitin:

- Excluye bibliografía.
- Excluye citas.
- Excluye cadenas menores de a 20 palabras.
- Otro criterio (especificar)

Dicho documento presenta un porcentaje de similitud de **18 %**. En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°11 del Reglamento de uso de software de prevención de plagio, el cual indica que no se debe superar el **30%**. Se declara, que el trabajo de investigación: si contiene un porcentaje aceptable de similitud. Observaciones: ninguna.

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presenta constancia.

Huancayo 19 de mayo del 2023



Dr. Santiago Zevallos Salinas  
Director de la Unidad de Investigación

## ÍNDICE

|  |             |
|--|-------------|
| <b>Dedicatoria</b>                                     | <b>iv</b>   |
| <b>Agradecimientos</b>                                 | <b>v</b>    |
| <b>ÍNDICE</b>  | <b>vii</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b>                                | <b>x</b>    |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>                               | <b>xi</b>   |
| <b>RESUMEN</b>   | <b>xii</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>  | <b>xiii</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                                    | <b>xiv</b>  |
| <b>CAPÍTULO I</b>                                      | <b>16</b>   |
| <b>EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>                    | <b>16</b>   |
| <b>1.1. Planteamiento del problema</b>                 | <b>16</b>   |
| <b>1.2. Formulación y sistematización del problema</b> | <b>17</b>   |
| 1.2.1. Problema general                                | 17          |
| 1.2.2. Problemas específicos                           | 17          |
| <b>1.3. Justificación</b>                              | <b>18</b>   |
| 1.3.1. Práctica  | 18          |
| 1.3.2. Metodológica                                    | 18          |
| <b>1.4. Delimitación</b>                               | <b>18</b>   |
| 1.4.1. Espacial  | 18          |
| 1.4.2. Temporal  | 19          |
| 1.4.3. Económica                                       | 19          |
| <b>1.5. Limitaciones</b>                               | <b>19</b>   |
| <b>1.6. Objetivos</b>                                  | <b>20</b>   |
| 1.6.1. Objetivo general                                | 20          |
| 1.6.2. Objetivos específicos                           | 20          |
| <b>CAPÍTULO II</b>                                     | <b>21</b>   |
| <b>MARCO TEÓRICO</b>                                   | <b>21</b>   |
| <b>2.1. Antecedentes</b>                               | <b>21</b>   |
| 2.1.1. Internacionales                                 | 21          |
| 2.1.2. Nacionales                                      | 22          |
| <b>2.2. Marco conceptual</b>                           | <b>23</b>   |
| 2.2.1. Escoria de cobre (silicato de hierro)           | 23          |
| 2.2.2. Grado de fineza                                 | 24          |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.3. Grado de saturación                                  | 25        |
| 2.2.4. Forma vítrea   | 25        |
| 2.2.5. Subrasante   | 26        |
| 2.2.6. La capacidad de portante                             | 27        |
| 2.2.7. Contenido de humedad                                 | 27        |
| 2.2.8. Contracción y/o expansión                            | 27        |
| 2.2.9. Escoria  | 28        |
| 2.2.10. Superficie de rodadura                              | 29        |
| 2.2.11. Base  | 30        |
| 2.2.12. Sub base  | 30        |
| <b>2.3. Definición de términos</b>                          | <b>31</b> |
| <b>2.4. Hipótesis</b>                                       | <b>32</b> |
| 2.4.1. Hipótesis general                                    | 32        |
| 2.4.2. Hipótesis específicas                                | 32        |
| <b>2.5. Variables</b>                                       | <b>33</b> |
| 2.5.1. Definición conceptual de las variables               | 33        |
| 2.5.2. Definición operacional de las variables              | 33        |
| 2.5.3. Operacionalización de las variables                  | 33        |
| <b>CAPÍTULO III</b>   | <b>35</b> |
| <b>METODOLOGÍA</b>  | <b>35</b> |
| <b>3.1. Método de investigación</b>                         | <b>35</b> |
| <b>3.2. Tipo de investigación</b>                           | <b>35</b> |
| <b>3.3. Nivel de investigación</b>                          | <b>35</b> |
| <b>3.4. Diseño de investigación</b>                         | <b>36</b> |
| <b>3.5. Población y muestra</b>                             | <b>36</b> |
| 3.5.1. Población  | 36        |
| 3.5.2. Muestra  | 36        |
| <b>3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> | <b>36</b> |
| 3.6.1. Técnicas   | 36        |
| <b>3.7. Procesamiento de la información</b>                 | <b>37</b> |
| <b>3.8. Técnicas y análisis de datos</b>                    | <b>37</b> |
| <b>CAPÍTULO IV</b>  | <b>38</b> |
| <b>RESULTADOS</b>   | <b>38</b> |
| <b>4.1. Recolección de datos meteorológicos</b>             | <b>38</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4.2. Estudio de tráfico</b>  | <b>39</b> |
| <b>4.3. Análisis y aplicación de la escoria de cobre en la superficie de rodadura</b>   | <b>41</b> |
| 4.3.1. Calidad de la superficie de rodadura en carretera no pavimentada con la aplicación de la escoria                       | 41        |
| 4.3.2. Análisis del material suelo (arcilla)  | 42        |
| <b>4.4. Estudio de cantera</b>  | <b>44</b> |
| 4.4.1. Límites de Atterberg   | 45        |
| 4.4.2. Penetración  | 45        |
| 4.4.3. Polución   | 46        |
| <b>4.5. Impermeabilización de la superficie de rodadura en carretera no pavimentada con la aplicación de escoria de cobre</b> | <b>46</b> |
| <b>CAPÍTULO V</b>   | <b>48</b> |
| <b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>  | <b>48</b> |
| <b>CONCLUSIONES</b>   | <b>51</b> |
| <b>RECOMENDACIONES</b>  | <b>52</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>   | <b>53</b> |
| <b>ANEXOS</b>   | <b>55</b> |
| <b>Anexo N° 01: matriz de consistencia</b>  | <b>56</b> |
| <b>Anexo N° 02: ensayos de laboratorio.</b>   | <b>58</b> |
| <b>Anexo N° 03: panel fotográfico.</b>  | <b>79</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Categorías de la subrasante.....   | 26 |
| Tabla 2. Operacionalización de las variables.....   | 33 |
| Tabla 3. Clasificación de las características de superficie de rodadura en vías de un bajo volumen de tránsito..... | 39 |
| Tabla 4. Datos y resultados para la obtención del límite líquido y plástico. ....                                   | 41 |
| Tabla 5. Peso volumétrico del suelo patrón.....   | 42 |
| Tabla 6. Ensayos realizados a la cantera tramo Santo Rosario – Tactayoc.....  | 44 |
| Tabla 7. Resultados de los materiales en el tramo Santo Rosario – Tactayoc.....                                     | 44 |
| Tabla 8. Límites de Atterberg del afirmado con adición de la escoria de cobre. ....                                 | 45 |
| Tabla 9. Medición de la penetración en el afirmado con adición de escoria de cobre. ....                            | 45 |
| Tabla 10. Medición de la polución en el tramo de prueba (L=5.00 , A=4.50 m). ....                                   | 46 |
| Tabla 11. Tiempo de impermeabilización del afirmado con adición de escoria de cobre. ....                           | 46 |
| Tabla 12. Verificación de los ensayos realizados a la cantera tramo Santo Rosario – Tactayoc.....                   | 49 |
| Tabla 13. Límite Atterberg: afirmado más escoria de cobre. ....   | 49 |
| Tabla 14. Contrastación de la penetración.....  | 50 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación del área de estudio.....                      | 19 |
| Figura 2. Escoria metalúrgica. ....                               | 24 |
| Figura 3. Proceso de molienda.....                                | 25 |
| Figura 4. Sección transversal de un pavimento flexible. ....      | 27 |
| Figura 5. Vista de la superficie de una carretera asfaltada. .... | 30 |
| Figura 6. Datos de precipitación. ....                            | 38 |
| Figura 7. Conteo vehicular IMD- ....                              | 40 |
| Figura 8. Curva de fluidez. ....                                  | 41 |
| Figura 9. Análisis granulométrico por tamizado. ....              | 43 |
| Figura 10. Curva granulométrica de ceniza de cobre. ....          | 44 |

## RESUMEN

El desarrollo de esta investigación ha considera como principal problema de investigación: ¿Que la relación existirá la escoria de cobre y la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada tramo Santo Rosario – Tactayoc, provincia de Pasco 2020?, por lo que el objetivo general estuvo fundamentado en: Determinar la relación que existe entre la escoria de cobre y la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada tramo Santo Rosario – Tactayoc, provincia de Pasco 2020; mientras que la hipótesis general fue: La incorporación de escoria de cobre influye en las propiedades de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada tramo Santo Rosario – Tactayoc, provincia de Pasco 2020.

Esta investigación ha considerado como método el científico, además fue del tipo aplicado, con un nivel explicativo y un diseño experimental. La población fue el camino vecinal del tramo Piquilhuanca - Santo Rosario - Tactayoc, provincia de Pasco, mientras que la muestra, según un muestreo por conveniencia fue 1.5 km de la mencionada vía.

Como principal conclusión, se ha obtenido que existe una relación entre la escoria de cobre y la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada tramo Santo Rosario – Tactayoc, provincia de Pasco, porque mejora las superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas en cuanto a la calidad y la impermeabilización de la misma.

**Palabras clave:** Escoria de cobre, propiedades de capa, afirmado.

## **ABSTRACT**

The development of this research has considered as main research problem: That will exist the relationship between copper slag and the road surface of the unpaved road section Santo Rosario-Tactayoc, province of Pasco 2020, so the general objective was based on: To determine the relationship between copper slag and the road surface of the unpaved road Santo Rosario - Tactayoc, province of Pasco 2020; while the general hypothesis was: The incorporation of copper slag influences the properties of the road surface of the unpaved road Santo Rosario-Tactayoc, province of Pasco 2020.

This research has considered the scientific method, it was also of applied type, with an explanatory level and an experimental design. The population was the local road section Piquilhuanca - Santo Rosario - Tactayoc, province of Pasco, while the sample, according to a convenience sampling, was 1.5 km of the aforementioned road.

As main conclusion, it has been obtained that there is a relationship between copper slag and the road surface of the unpaved road section Santo Rosario - Tactayoc, province of Pasco, because it improves the road surfaces in unpaved roads in terms of quality and waterproofing of the same.

**Keywords:** Copper slag, layer properties, pavement, paved road

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación que tiene como título: “RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO 2020”, en la actualidad cuando se requiere proyectos de inversión para mejorar la calidad de vida de los pobladores de centros poblados un tanto alejados es fundamental la apertura de trocha Carrozable que servirá como medio de comunicación e integración entre estas mismas y lo que se busca es mejorar las opciones para el tratamiento de las mismas.

Para una mejor comprensión del tema de estudio su desarrollo se ha visto implicado en el seccionamiento de los siguientes capítulos.

El CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, el cual tiene como principal finalidad establecer el planteamiento del problema, la formulación, junto con las principales delimitaciones y la descripción de sus objetivos.

El CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO, en el que se desarrolla de manera detalla los antecedentes nacionales e internacionales; además se toma en cuenta el desarrollo de marco conceptual y la definición de los principales términos de la esta investigación, junto con las hipótesis y las variables.

El CAPÍTULO III: METODOLOGÍA, es el capítulo en el que se desarrolla el método, tipo, nivel y diseño de investigación, además este capítulo complementa su desarrollo con la población, la muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procesamiento de la información y las técnicas y análisis de datos.

El CAPÍTULO IV: RESULTADOS, en el desarrollo de este capítulo se consideró la evaluación de los datos obtenidos en campo, basados principalmente en la influencia de la escoria en las propiedades de los suelos.

El CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS, en este capítulo consiste en la descripción crítica de los resultados obtenidos, por lo que se compara los resultados obtenidos con los estimados en los antecedentes.

Finalmente, se culmina el desarrollo de esta investigación con la presentación de las conclusiones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Cristina Trujillo Gomez.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

El coste económico que pueden implicar las inversiones en caminos y carreteras, tienen a bien la reducción a futuro de los costos de transportes, con la implicancia de mayores accesos a mercados, la generación de empleo, el acceso a la atención médica y otros servicios que el estado puede ofrecer, lo cual genera que las economías se fortalezcan.

La función de una red vial de un país es fundamental, pues mediante ella se posibilita el flujo de personas, cargas y mercancías; lo cual genera el crecimiento económico de un país, logrando de esta manera un mayor impacto en las zonas rurales, ya que la mayoría de las redes viales del Perú se encuentran comprendidas en las redes terciarias, en las que se proyecta tránsitos de bajo volumen de tráfico. Sin embargo, la principal limitante para la generación de carreteras adecuadas y que cumplan con la demanda requerida, es el costo y mantenimiento; ya que los suelos del país son tan diversos, que la necesidad de mejoramiento es alta, lo cual implica la inversión de un mayor presupuesto para su construcción, o en el peor de los casos para su mantenimiento o reconstrucción.

La rehabilitación de estas vías, implica en muchos casos, la corrección del eje vial, y la implementación de materiales para la instalación y conformación de materiales granulares que sirven como afirmado de una vía, la cuales son obtenidas

de lugares cercanos pero que poseen la limitante de no cumplir con los estándares que las normativas establecen.

Además, la variabilidad climática del Perú y sus suelos, convierten al mantenimiento en una tarea tortuosa para el estado, pues además de estar alejadas, no existen métodos accesibles que faciliten esta actividad, por lo que finalmente, se termina aplicando métodos convencionales, cuya implementación implican mayores gastos. Es por lo descrito, que es necesario el estudio de nuevas fuentes de materiales para el mejoramiento de las propiedades de los suelos para que estos puedan utilizarse en el mantenimiento de vías terciarias, destacándose, especialmente, su viabilidad técnica y económica, con el que se pueda obtener conocimiento de nuevas tecnologías

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Qué relación existirá la escoria de cobre y la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada tramo Santo Rosario – Tactayoc, provincia de Pasco 2020?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuáles son las propiedades mecánicas que se alteran a la incorporación escoria de cobre en el momento del afirmado de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada tramo santo rosario - Tactayoc, provincia de Pasco 2020?
- b) ¿Cuál es la cantidad de escoria de cobre ideal para la adición del tratamiento de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada tramo santo rosario - Tactayoc, provincia de Pasco 2020?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Práctica**

La escoria de cobre es un residuo que en muchos lugares del Perú como, La Oroya, queda almacenada en lugares poco adecuados, afectando el ornato y la calidad del ambiente de la ciudad, por ello es necesario establecer medidas, mediante el cual puedan buscarse nuevas alternativas de uso. Es por ello, que el uso de este material, presenta perspectivas alentadoras para su uso en el mejoramiento de materiales granulares que puedan ser aplicados a afirmados de carreteras, ya que es un material con el que se puede complementar la parte granular de suelos, lo cual mejora de manera definitiva, el comportamiento mecánico del suelo

#### **1.3.2. Metodológica**

La justificación metodológica de esta investigación está ligada al esquema metodológica que se ha realizado para determinar la dosificación adecuada durante el mejoramiento de las propiedades de suelos y ver la factibilidad de su uso como afirmado; por ello, esto implicó la consideración de varias dosificaciones o proporciones utilizadas en el suelo con la finalidad de establecer la más óptima.

### **1.4. Delimitación**

#### **1.4.1. Espacial**

La investigación se desarrolló en los tramos de la carretera carrozable de los centros poblados del tramo Santo Rosario – Tactayoc, distrito de Santo Rosario, Provincia de Pasco. La zona de estudio está representada en la siguiente figura, obtenida de una imagen satelital.



Figura 1. Ubicación del área de estudio.  
Fuente: Google Earth (2020).

#### **1.4.2. Temporal**

El proceso de investigación ha considerado un periodo de dos años, implicando el estudio y recolección de información necesaria durante el 2019 y 2020.

#### **1.4.3. Económica**

Los gastos de inversión que se han generado durante el desarrollo de esta investigación fueron asumidos totalitariamente por el investigador, por lo que no existen sesgos que pueden generarse por la influencia de alguna entidad pública o privada.

#### **1.5. Limitaciones**

Durante el desarrollo de la presente investigación, la principal limitación fue la falta de información de la composición química de la escoria de cobre, pues a pesar que un material abundante en zonas como la región Junín, son pocos los estudios realizados a dicho material. A ello, también es factible mencionar que el acceso a la obtención del material mencionado es restringido.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar la relación que existe entre la escoria de cobre y la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada tramo Santo Rosario – Tactayoc, provincia de Pasco 2020.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Identificar las propiedades mecánicas que se modifican a la incorporación escoria de cobre en el momento del afirmado de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada tramo santo rosario - Tactayoc, provincia de Pasco 2020.
- b) Identificar la cantidad de escoria de cobre ideal para la adición del tratamiento de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada tramo santo rosario - Tactayoc, provincia de Pasco 2020.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Internacionales**

Lopes T., Hernandez J., Horta J., Coronado A. y Castaño V., (2010); artículo de investigación Iberoamericana de Polímeros “Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas”, tuvieron como principal consideración analizar el comportamiento de las propiedades de las arcillas expansivas, ya que estos poseen la capacidad de modificar su volumen debida a la alta capilaridad que posee. Para desarrollar el objetivo mencionado, la investigación ha considerado el uso del poliuretano espumado, con el cual se puede sellar grietas, por lo que la aplicación del material mencionado es factible para la estabilización de suelos. Los resultados que obtuvieron detallan de gran manera que la mezcla de suelo – polímero, disminuye la expansión hasta 40 % al ser comparado con un suelo natural; además es importante resaltar que el desecho que se genera después del uso del polietileno, es un producto que es capaz de resistir soluciones ácidas, básicas, salinas, entre otras que deriven de las generadas por el medio ambiente.

Ramírez, L (2011); Tesis “Pavimentos con polímeros reciclados” ha considerado como principal finalidad la comparación de las principales

propiedades mecánicas que posee el asfalto cuando a este se le adiciona polímeros reciclados como caucho o icopor con uno convencional. Para tal finalidad, la investigación buscó analizar variables cuantitativas mediante un diseño experimental, en el que mediante la revisión de antecedentes pudo determinar diseños de mezclas adecuados. Como principales resultados ha demostrado que el caucho es un material que posee facilidad de dispersión en la matriz del asfalto, pues este es un polímero reticulado sus partículas son microporosas, estos poros pueden servir como punto de anclaje para ser penetrados por las partículas de asfalto, además debido a la presencia del calor hace que se expandan las partículas de caucho, y después cuando se enfría la mezcla, las partículas de asfalto que penetraron los poros formando la unión por adherencia se contraen generando una mejor unión entre el asfalto y el caucho. Gracias a esto se plantea la posibilidad de utilizar el poliestireno como un agregado pétreo de la carpeta asfáltica, para su utilización se requiere de la realización de algunos ensayos para verificar que cumpla con las normas que regulan los agregados pétreos.

### **2.1.2. Nacionales**

Delgado (2011); “Estabilización de suelos para atenuar efectos de plasticidad del material de subrasante de la carretera Montecristi”, ha considerado en su investigación como principal finalidad elaborar muestras de asfalto diferentes contenidos de cal con los que se pueda analizar su resistencia mecánica de compresión simple y durabilidad. Como parte de la metodología aplicada en la investigación, consideró grupos conformados por aquellos elementos que poseen un valor de contenido de cal inicial, seguido del valor de cal inicial más 2 % y culmina con 4 %. Los testigos que fueron elaborados in situ, fueron curados por 28 días en temperaturas que bordearon los 23 °C. Otro grupo también consideró el uso de curadores acelerados por un periodo de 48 h a una temperatura de 49 °C. Finalmente, la investigación culmina con la comparación de los testigos con los valores establecidos en las normativas y se selecciona a aquel que cumpla con la durabilidad requerida.

Ramos, G (2014); Tesis “Mejoramiento de subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014”, Como objetivo fue mejorar la subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras. Con la adición de polímeros reciclados (PR), obtenidos de las botellas descartables PET, solo se mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo como material para subrasante, el suelo estudiado presenta gran presencia de arcillas, siendo su granulometría muy fina y carente de partículas de mayor diámetro que son muy importantes para una buena capacidad portante, razón por la cual al adicionar los PR al 1.5% del peso seco del suelo, con dimensiones entre 5 y 10 mm de forma rectangular, se aprecia un incremento porcentual en promedio del CBR en 26% debido a que el PET es un material resistente y al adicionar al suelo hace que tenga mayor fricción y por ende presente mayor resistencia al corte.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Escoria de cobre (silicato de hierro)**

Según O. Onuaguluchi (2012), son residuos de procedencia industrial procedentes durante el tratamiento y generación de placas de cobre llamadas ánodos, el cual es un material semi terminado de 225 kg y que poseen un grado de pureza al 99.7 %. Estas pueden ser vertidas y enfriadas al aire, mediante chorros de agua, mientras que las que pueden ser enfriadas con agua son amorfas y granulares.



Figura 2. Escoria metalúrgica.  
Fuente: Cordillera Andina, Perú, Etapa 52.

En la figura nro. 2, La revista Cordillera Andina, publicó una foto donde se muestra los cúmulos de escoria de cobre depositados en el lugar denominado Huachan, situado a las afueras de la ciudad Metalúrgica de la Oroya, se ubican próximas al Rio Mantaro. De acuerdo a investigaciones recientes, este material tiene características que facilitan de manera garantizada una adecuada eficiencia durante la operación pirometalúrgico, siendo estas características:

- El residuo o escoria debe estar en un estado líquido a temperatura de fusión del metal.
- Es un material que debe ser manejable durante toda la producción pirometalúrgico.
- La presencia de escoria en los metales deben ser los mínimos posibles.

### **2.2.2. Grado de fineza**

El grado de fineza se encuentra dentro del proceso de extracción del cobre, según lo establece Aguilar (2013).

Molienda: La principal finalidad de este procedimiento es la disminución del tamaño de las partículas entre un 10 % a 60 % de su tamaño inicial, con ello se puede tener certeza de la liberación de los elementos valiosos en la MENA. Existen diversos tipos de molinos, pero normalmente, los más utilizados son los molinos de barras y bolas. Con el mencionado procedimiento es factible realizar el siguiente procedimiento conocido como concentración o flotación.

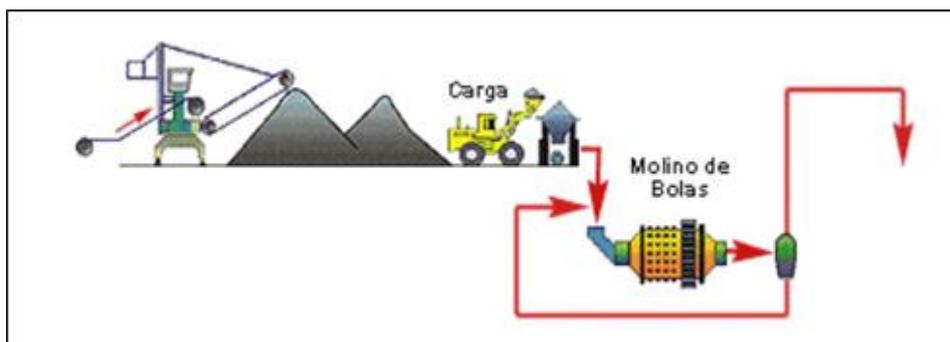


Figura 3. Proceso de molienda.  
Fuente: Aguilar (2013, p14).

Donde se muestra las diferentes estaciones y procesos, por los cuales es recorrida la escoria de cobre, como parte principal se logra visualizar el molino de bolas lugar donde son triturados y pulverizados, con la finalidad de obtener su grado de molienda.

### 2.2.3. Grado de saturación

Un estudio realizado por J. Brito y N. Saikira (2013), refiere que una aptitud interesante que tienen las escorias de cobre y que presentan es su baja absorción de agua las cuales pueden variar entre 0,15 – 0,55 %.

Micromeritics (2016), El grado de saturación está relacionado al término de porosimetría, la cual se utiliza frecuentemente para incluir las mediciones relacionadas con la porosidad de un material, la técnica porosimetría de intrusión de mercurio (PIM) se basa en la intrusión de mercurio en una estructura porosa bajo presiones controladas rigurosamente. Según la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), los poros se clasifican en micro poros ( $\text{Ø} < 2\text{nm}$ ), capilares o meso poros ( $2\text{nm} < \text{Ø} < 50\text{nm}$ ) y macro poros ( $\text{Ø} > 50\text{nm}$ ).

### 2.2.4. Forma vítrea

Según F. Puertas (1993), Las escorias que poseen dentro de su composición mayores contenidos de materiales vítreos, por lo general son de naturaleza ácida. Por lo mencionado, existen diversos procedimientos de granulación para poder conseguir con altas proporciones de fase vítrea. Generalmente, el porcentaje de materia vítrea en la ceniza o escoria se encuentra dentro del rango de 85 % a 95 % del su peso total. De acuerdo a la teoría de Zachariasen, se puede comprender como vidrio a una malla

tridimensional deformada de átomos, bordadas por otras 4 de oxígeno, para de esta manera formar tetraedros.

También se puede considerar la fase vítrea como una red que se compone de aluminosilicatos, donde el aluminio es el elemento posicionados en los nódulos y los extremos son copados por varias cadenas de silicatos. Además, según Calleja, un factor con mayor predominancia que la composición química de la escoria, es la forma que esta puede poseer, pues se han logrado observar elementos con índices de hidraulicidad no favorables con resultados adecuados, para que este material posee una cantidad de fase vítrea elevada.

### 2.2.5. Subrasante

Esta capa de una carretera es conocida como el soporte natural, por lo que debe ser preparada y compactada, para que pueda construirse sobre ella; su principal función es de brindar un apoyo a las demás capas, por lo que no debe de poseer variaciones bruscas de su capacidad de soporte. Otro aspecto de relevancia es el cambio brusco de volumen al contacto con el agua (AASHTO. 1993, p. 4). Por su parte, Méndez (2013) menciona que las propiedades con mayor relevancia de estudio para establecer la factibilidad de la subrasante son “la granulometría, los límites de consistencia, densidad y el contenido de agua, el módulo de resiliencia, el CBR, el coeficiente de drenaje, la permeabilidad y el coeficiente de expansión.

Tabla 1. Categorías de la subrasante.

| <b>CATEGORIAS DE LA SUBRASANTE</b> | <b>CBR</b>               |
|------------------------------------|--------------------------|
| So: Subrasante Inadecuado          | CBR < 3%                 |
| S1: Subrasante Pobre               | De CBR ≥ 3% A CBR < 6%   |
| S2: Subrasante Regular             | De CBR ≥ 6% A CBR < 10%  |
| S3: Subrasante Buena               | De CBR ≥ 10% A CBR < 20% |
| S4: Subrasante Muy Buena           | De CBR ≥ 20% A CBR < 30% |
| S5: Subrasante Excelente           | De CBR ≥ 30%             |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

Un aspecto normado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones es que solo se consideran como materiales aptos, aquellos suelos que posean un valor de capacidad de soporte (CBR) con un valor igual o mayor a 6 %.



Figura 4. Sección transversal de un pavimento flexible.  
Fuente: Ramón (2008).

Los aspectos con mayor relevancia para el comportamiento de la subrasante, tiene como base tres puntos que están relacionadas unas con otras, las cuales son mencionadas por Ramón, B. (2013, p. 7).

#### 2.2.6. La capacidad de portante

La subrasante debe tener la capacidad de soportar las cargas transmitidas por la estructura del pavimento. La capacidad de carga es función del tipo de suelo, del grado de compactación y de su contenido de humedad. El propósito del pavimento es proporcionar una superficie confortable al tránsito de vehículos. Consecuentemente, es necesario que la subrasante sea capaz de soportar un número grande de repeticiones de carga sin presentar deformaciones (Ramón, B. 2013, p. 7).

#### 2.2.7. Contenido de humedad

La cantidad de agua que puede concentrarse en las capas de la carretera, afecta de manera determinante en su capacidad de soporte, ya que puede llegar a generar variaciones de volúmenes por la presencia de humedad, especialmente si estos son materiales finos como limos o arcillas. El contenido de humedad puede ser afectado en gran manera por las condiciones de drenaje, elevación del nivel freático, infiltración etc. Una subrasante con un elevado contenido de humedad sufrirá deformaciones prematuras ante el paso de las cargas de sollicitación de los vehículos (Ramón, B. 2013, p. 7).

#### 2.2.8. Contracción y/o expansión

Algunos suelos se contraen o se expanden, dependiendo de su grado de plasticidad y su contenido de humedad. Cualquier pavimento construido sobre estos suelos, si no se adoptan las medidas pertinentes, tenderán a deformarse y/o deteriorarse prematuramente. Para evitar que las deflexiones admisibles en la subrasante excedan los límites establecidos, debe cumplirse que la presión transmitida por la carga se mantenga por debajo del valor de la carga máxima transmitida al suelo, para lo cual deberá tomarse en cuenta el tránsito de diseño a través del número de repeticiones de carga, las deflexiones máximas esperadas y el CBR del material con el que se ejecutará el mejoramiento (Ramón, B. 2013, p. 7).

#### **2.2.9. Escoria**

Es el procedimiento Linz-Donawitz para la transformación del arrabio en acero, el fino se lleva a cabo inyectando con una lanza oxígeno a presión en el baño que contiene el arrabio y adicionando fundentes necesarios para la formación de una ceniza que atrape los elementos no deseables en el acero final.

##### **a) Ceniza Waelz slag:**

Es una ceniza con cierto porcentaje vitrificada, la cual es obtenida en procesos industriales al momento de reciclar los polvos de acería mediante el proceso Waelz. Generalmente, está conformada por un 50 % de óxido de hierro, pero que muchas veces puede poseer porciones de elementos pesados como zinc, plomo u cromo.

##### **b) Residuos industriales:**

Según la Fundación Iberoamericana de Seguridad y Salud Ocupacional, los residuos generados industrialmente, son aquellos elementos que se encuentran en los tres estados de la materia conocida, y que se obtiene de un proceso de fabricación de un bien o servicio, o de aquella que puede estar vinculada de manera directa con la actividad, tales como emergencias o accidentes. Estos residuos son elementos que sobran, por lo que es una muestra indirecta de la falta de rendimiento o ineficacia de la actividad de la cual se ha obtenidos este material. Las grandes industrias son las principales

fuentes de generación de residuos que pueden incidir de manera directa en el ambiente como el agua, aire o suelo, que adicionalmente puede traer consigo daños complementarios como ruidos.

Generalmente, los residuos industriales pueden ser diversificado en dos bloques: residuos inertes, y los asimilables (generados en la urbe).

c) Ceniza Granulada:

Según Juan Felipe Carbajal Vinasco (2012 p19), tesis “Evaluación de escorias de Córdoba para utilización en la industria del cemento portland”, menciona que es factible usar de manera común la escoria de alto horno mezclada con el mortero de cemento, de tal forma que se pueda reducir la proporción de este último. Los resultados que ha observado, le han llevado a concluir que las cenizas de alto horno reacción con el agua, generándose propiedades cementantes; además, el mortero con ceniza, puede desarrollar una gran resistencia durante largo tiempo, ofreciendo una menor permeabilidad y mayor durabilidad. Finalmente, como también se reduce el contenido de cemento Portland,

d) MENA:

Según Amstutz, G. C. (1971), es un mineral del que se puede extraer aquel elemento porque lo contiene en cantidad suficiente para poderlo aprovechar. Así, se dice que un mineral es mena de un elemento químico, o más concretamente de un metal, cuando mediante un proceso de minería se puede extraer ese mineral de un yacimiento y luego, mediante metalurgia, obtener el metal a partir de ese mineral

#### **2.2.10. Superficie de rodadura**

Según Ibañez (2012) se manifiesta que “Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma” (Pag.26).



Figura 5. Vista de la superficie de una carretera asfaltada.

Fuente: Tomada de Cárdenas (2014), Fundamentos de vías de comunicación y Carreteras.

### 2.2.11. Base

Según Ibañez (2012) en su trabajo publicado menciona que: “Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una sub-base o de la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños” (pág.56).



Figura 5. Conformación de la base de una vía.

Fuente: Tomada de Cárdenas (2014), Fundamentos de vías de comunicación y Carreteras.

### 2.2.12. Sub base

Para Ibañez (2012) menciona que esta es una “Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de base”.



Figura 5. Conformación de la sub base de una carretera.

Fuente: Tomada de Cárdenas (2014), Fundamentos de vías de comunicación y Carreteras.

### 2.3. Definición de términos

- **Conservación vial.** – Son aquellas actividades que tienen el fin de conservar el estado de una carretera, para garantizar un adecuado servicio que beneficie a los usuarios. Generalmente esta se clasifica en periódica o rutinaria (MTC, 2013).
- **Fisuras finas.** – Son espacios estrechos y delgados originados a diversas causas, y que generalmente poseen anchos promedio de 1 mm (MTC, 2013).
- **Fisura media.** - Son hendiduras que se ramifican y que poseen como principal característica poseer un ancho comprendido entre 1 mm a 3 mm, también no se observan pérdidas de material (MTC, 2013).
- **Fisura gruesa (grietas).** - Se puede mencionar que estas son grietas con gran abertura, además presentan ramificaciones con pérdida de material. El ancho de estas fisuras es mayor a 3 mm (MTC, 2013).
- **Rehabilitación.** - Son aquellas actividades reflejadas en obras que son necesarias realizarlas para poder regresar a su estado anterior a una vía y de esta manera asegurar su funcionamiento para la siguiente etapa (MTC, 2013).
- **Reparación.** - Es el procedimiento mediante el cual, se puede arreglar los componentes de una vía que se haya encontrado en mal estado debido a los efectos de la naturaleza o tráfico (MTC, 2013).
- **Seguridad vial.** - Son acciones que tienen la finalidad de prevenir accidentes o su defecto minimizarlas al máximo (MTC, 2013).

- **Pulverizado.** - Pérez y Merino (2013), mencionan que es la acción difuminar una sustancia en partículas más pequeñas, hasta que se hagan polvo. Para entender, considera que, de manera simbólica, pulverizar es destruir algo.
- **Fuerza Axial.** - Según el Diccionario de Arquitectura y Construcción, es una fuerza, es aquella que tiene una incidencia dentro de un eje longitudinal de un elemento, y que pasa por su centroide y que por ello puede generar un gran esfuerzo de manera uniforme. Otra denominación de la fuerza axial es carga axial.
- **Explanación.** - Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2007) describe que “Se denomina explanación al movimiento de tierras conformado por cortes y rellenos, para obtener la plataforma de la carretera” (Pag.25).
- **Terraplen.** - para Cárdenas (2015), “El terraplén es la parte de la explanación situada sobre el terreno preparado. También se le conoce como relleno” (Pag.120).

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

La incorporación de escoria de cobre influye en las propiedades de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada tramo Santo Rosario – Tactayoc, provincia de Pasco 2020.

### 2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Las propiedades mecánicas se modifican al incorporar ceniza de cobre en el momento del afirmado de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada tramo santo rosario - Tactayoc, provincia de Pasco 2020.

- b) La cantidad de escoria de cobre estará en función al grado de plasticidad del tramo a compactar de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada tramo santo rosario - Tactayoc, provincia de Pasco 2020

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual de las variables

**Escoria de cobre (X):** Propuesto por D. Amin Nazer Valera (2016) son aquellos elementos que pueden poseer características cementantes, mediante el cual pueden inmovilizar elementos como los metales, por lo que es factible su uso en la construcción, ya que puede poseer un comportamiento similar al concreto.

**Propiedades de la superficie de rodadura (Y):** Son propiedades físicas que describen el comportamiento de un material sólidos al aplicarle fuerzas de tracción compresión y torsión.

### 2.5.2. Definición operacional de las variables

**Escoria de cobre (X):** La determinación de las propiedades de la escoria de cobre considera para su medición el grado de fineza, el grado de saturación y la forma vítrea que le corresponda.

**Propiedades de la superficie de rodadura (Y):** Son propiedades físicas que describen el comportamiento de un material sólidos al aplicarle fuerzas de tracción compresión y torsión.

### 2.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 2. Operacionalización de las variables.

| TIPO DE VARIABLE       | NOMBRE DE LA VARIABLE | DIMENSIONES           | INDICADORES |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| VARIABLE INDEPENDIENTE | Escoria de cobre      | • Grado de Fineza     | Porcentaje  |
|                        |                       | • Grado de Saturación | Porcentaje  |
|                        |                       | • Forma Vítrea        | Porcentaje  |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>VARIABLE<br/>DEPENDIENTE</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Propiedades<br/>de la<br/>superficie de<br/>rodadura</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia</li> <li>• Limite liquido</li> <li>• Limite plástico</li> <li>• Contenido de humedad</li> <li>• Densidad</li> </ul> | <p style="text-align: right;">%</p> <p style="text-align: right;">%</p> <p style="text-align: right;">%</p> <p style="text-align: right;">%</p> <p style="text-align: right;">Gr/cc</p> |
|--|--|--|---|

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Método de investigación**

El desarrollo de esta investigación tomó en consideración la aplicación del método científico, basada en la modalidad experimental y analítica, ya que, según ANDER, Egg (1984:56), “El estudio del método científico es objeto de estudio de la epistemología. Asimismo, el significado de la palabra “método” ha variado. Ahora se le conoce como el conjunto de técnicas y procedimientos que le permiten al investigador realizar sus objetivos y aplicar sus hipótesis mediante procesamiento de datos”.

### **3.2. Tipo de investigación**

Para SIERRA, Restituto (2002:123) el tipo de aplicación que se tomó como referencia fue la aplicada ya que “en estos estudios se deben determinar y definir previamente las variables, luego se formulan hipótesis, los mismos que deben probarse por los cálculos e iteraciones, los cuales se llevarán a cuadros estadísticos, trabajándose con una muestra específica y llegando al final a las conclusiones”.

### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel considerado durante el desarrollo de la presente investigación fue el explicativo, ya que de acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2010), busca

establecer la relación entre las variables que están presente en el desarrollo de la investigación, además que, de manera complementaria, describirlas cada una de ellas.

### **3.4. Diseño de investigación**

Según lo mencionado por Fideas G. Arias (2012), el diseño de la presente investigación consideró un estudio experimental, debido a que durante la ejecución del presente proyecto de investigación se ha manipulado de manera deliberada una de las variables de investigación; además se ha considerado grupos de control con el que se realiza comparaciones de los grupos de investigación.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

Para Hernández Sampieri, (2014), “una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (pág. 65). Para el caso de investigación la población fue el camino vecinal del camino vecinal tramo Piquilhuanca - Santo Rosario - Tactayoc, provincia Daniel Alcides Carrión provincia de Pasco.

#### **3.5.2. Muestra**

Una muestra, obtenida por un tipo de muestreo por conveniencia, según carrasco (2005, p. 243) es donde “el investigador selecciona sobre la base de su propio criterio las unidades de análisis”. Para este caso será por el tramo de 1.5 kilómetros para efecto de la presente investigación, donde se obtendrá las calicatas que se establecieron cada 500 metros.

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

#### **3.6.1. Técnicas**

##### **Observación directa**

Fue una de las principales técnicas consideradas en el desarrollo de la investigación y que aplicada durante la visita a campo de la vía estudiada. Esta técnica fue útil para la estimación del estado de la vía, ya que se

consideraron aspectos situacionales como la plataforma, el drenaje, las señalizaciones y otras obras complementarias.

### **Análisis de documentos**

Otras de las técnicas consideradas durante el desarrollo de la presente investigación fue el análisis documentario, ya que es una de las técnicas mediante la cual se puede realizar la revisión crítica de información digital o física. Su aplicación durante el desarrollo de la presente investigación está basada en la búsqueda de información antes del trabajo en campo.

### **3.7. Procesamiento de la información**

La información que se ha recopilado en campo fue procesada mediante el uso de elementos complementarios como tablas y figuras, la cuales fueron elaboradas mediante la aplicación de programas de computación especializados como Microsoft Excel y SPSS. Es importante mencionar que para un mejor entendimiento, se han elaborado matrices de representación, junto con figuras que explican la variación de la tendencia de los resultados obtenidos.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

El análisis de los datos durante el desarrollo de la presente investigación estuvo ligado al enfoque cuantitativo de la investigación, por lo que fue necesario la consideración de métodos estadísticos.

El principal método estadístico considerado durante el desarrollo de esta investigación, fue la determinación de la media, valore mediante el cual se ha podido caracterizar los grupos participantes. Además, para la demostración de las hipótesis planteadas se ha considerado métodos estadísticos como ANOVA, mediante el cual se ha comparado las medias de los grupos analizados.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS

### 4.1. Recolección de datos meteorológicos

Se tomó los datos meteorológicos de la estación YANAHUANCA ubicado en el Distrito de Yanahuanca, Provincia de Daniel Alcides Carrión, durante los meses de diciembre 2019 a enero del 2020.

| ESTACION YANAHUANCA |                      |                     |                    |               |
|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------|
| <b>REGION:</b>      | <b>PASCO</b>         | <b>PROVINCIA:</b>   | <b>CARRION</b>     |               |
| <b>LATITUD:</b>     | <b>10°29'22.57"</b>  | <b>76°30'46.48"</b> |                    |               |
| <b>ALTITUD :</b>    | <b>3137 msnm.</b>    |                     |                    |               |
| <b>TIPO:</b>        | <b>METEREOLÓGICA</b> | <b>CODIGO:</b>      | <b>110007</b>      |               |
| AÑO/MES/DIA         | TEMPERATURA          |                     | HUMEDAD RELATIVA % | (mm/día)TOTAL |
|                     | MAX                  | MIN                 |                    |               |
| 31/01/2019          | 20.6                 | 10                  | 82.5               | 1.8           |
| 28/02/20219         | 20                   | 9                   | 78.8               | 11.8          |
| 31/03/2019          | 19.4                 | 7.8                 | 87.3               | 1.4           |
| 30/04/2019          | 21.4                 | 7.6                 | 84.4               | 2.3           |
| 31/05/2019          | 24.8                 | 9.8                 | 82.6               | 1.4           |
| 30/06/2019          | 23.4                 | 9.6                 | 94.8               | 4.7           |
| 31/07/2029          | 22                   | 9                   | 76.3               | 0.4           |
| 31/08/2019          | 19.6                 | 9.6                 | 84.8               | 2.4           |
| 30/09/2019          | 22.2                 | 8.2                 | 78.2               | 13.9          |
| 31/10/2019          | 22.6                 | 8.6                 | 86.1               | 0.5           |
| 30/11/2019          | 20.4                 | 10                  | 81.9               | 0.5           |
| 31/12/2019          | 21                   | 9                   | 87.4               | 6.5           |
| 31/01/2020          | 17                   | 8.8                 | 89.4               | 15            |
| 29/02/2020          | 18                   | 8                   | 89.1               | 3.4           |
| 31/03/2020          | 2                    | 9                   | 82.7               | 2.4           |
| 30/04/2020          | 24.4                 | 10                  | 86.2               | 10.6          |
| 31/05/2020          | 20.4                 | 9                   | 86.3               | 3.3           |
| 30/06/202           | 19.6                 | 9.8                 | 88.5               | 18.7          |
| 31/07/2020          | 20                   | 8.6                 | 81.1               | 16.9          |
| 31/08/2020          | 22.2                 | 9.8                 | 87.7               | 3.7           |
| 30/09/2020          | 21.4                 | 10                  | 86.7               | 11.3          |
| 31/10/2020          | 21                   | 10.2                | 81.7               | 5.7           |
| 30/11/2020          | 19.8                 | 9                   | 83.3               | 3             |
| 30/12/2020          | 21.8                 | 8                   | 87.1               | 0.1           |

Figura 6. Datos de precipitación.

## 4.2. Estudio de tráfico

En primer lugar, se realizó el conteo vehicular en la figura 8, para determinar el IMD y el tipo de carretera que fue de bajo volumen de tránsito, obteniéndose así un IMD de 133, lo cual según la Tabla 3, la carretera es considerada un T3 con una estructura y superficie de rodadura puede considerarse como afirmado ya que posee un espesor de 5 cm homogenizado con un ancho de capa adicional de 15 cm en los que se ha estabilizado mediante la adición de ligantes finos, y que posteriormente fue perfilado y compactado

Tabla 3. Clasificación de las características de superficie de rodadura en vías de un bajo volumen de tránsito.

### CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LAS CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

| CARRETERA DE BVT | IMD PROYECTO | ANCHO DE CALZADO (M)                   | ESTRUCTURAS Y SUPERFICIES DE RODADURA ALTERNATIVAS (**)   |
|------------------|--------------|--|---|
| T3               | 101-200      | 2 carriles<br>5.50-6.00                | Afirmado (material, granular, grava de tamaño máximo 5 cm. Homogenizado por zarandeo o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm.) estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado |
| T2               | 51-100       | 2 carriles<br>5.50-6.00                | Afirmado (material, granular, grava seleccionado por zarandeo o por chancado tamaño máximo 5 cm.); perfilado y compactado, min. 15 cm.  |
| T1               | 15-50        | 1 carril (*) o 2 carriles<br>3.50-6.00 | Afirmado (material, granular, grava seleccionado por zarandeo o por chancado tamaño máximo 5 cm.); perfilado y compactado, min. 15 cm.  |
| T0               | □ 15         | 1 carril (*)<br>3.50-4.5               | Afirmado (tierra) en lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm.   |

(\*\*) En caso de no disponer gravas en distancia cercana, las carreteras puede ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo – cemento o cal o productos químicos u otros.



## ESTUDIO DE TRAFICO FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR

|                       |  |     |
|-----------------------|--|-----|
| TRAMO DE LA CARRETERA | SANTO ROSARIO - TANTAYOC                     |     |
| SENTIDO               | I ←  | D → |
| UBICACIÓN             | DISTRITO DE SANTO ROSARIO-PROVINCIA DE PASCO |     |

|          |               |
|----------|---------------|
| ESTACION | SANTO ROSARIO |
| DIA      | JUEVES        |
| FECHA    | 21/11/2019    |

| HORA          | DESTINO | CARRIL | AUTO<br> | STATION WAGON<br> | CAMIONETAS   |  |  | MICRO<br> | BUS   |  | CAMION   |  |  | SEMI TRAYLER   |  |  |   | TRAYLER  |  |  |  | TOTAL |
|---------------|---------|--------|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|-------|
|               |         |        |   |  | PICK UP<br> | PANEL<br> | RURAL Combi<br> |  | 2 E<br> | 3 E<br> | 2 E<br> | 3 E<br> | 4 E<br> | 2S1/2S2<br> | 2S3<br> | 3S1/3S2<br> | >= 3S3<br> | 2T2<br> | 2T3<br> | 3T2<br> | 3T3<br> |       |
|               |         |        |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |       |
| 8:00 - 9:00   | IDA     | ←      | 3   |  | 7  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 10    |
|               | VUELTA  | →      | 1   |  | 3  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 4     |
| 9:00 - 10:00  | IDA     | ←      |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 0     |
|               | VUELTA  | →      |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 0     |
| 10:00 - 11:00 | IDA     | ←      | 2   |  | 9  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 11    |
|               | VUELTA  | →      | 1   |  | 3  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 4     |
| 11:00 - 12:00 | IDA     | ←      | 1   |  | 6  |  | 1  |  |   | 2  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 10    |
|               | VUELTA  | →      | 5   |  | 8  |  |  |  |   | 1  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 14    |
| 12:00 - 13:00 | IDA     | ←      | 1   |  | 8  |  | 1  |  |   | 3  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 13    |
|               | VUELTA  | →      | 7   |  | 12   |  |  |  |   | 2  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 21    |
| 13:00 - 14:00 | IDA     | ←      | 1   |  | 2  |  |  |  |   | 2  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 5     |
|               | VUELTA  | →      | 2   |  | 8  |  |  |  |   | 3  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 13    |
| 14:00 - 15:00 | IDA     | ←      | 2   |  | 1  |  | 1  |  |   | 2  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 6     |
|               | VUELTA  | →      | 1   |  | 6  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 7     |
| 15:00 - 16:00 | IDA     | ←      | 2   |  | 1  |  |  |  |   | 1  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 4     |
|               | VUELTA  | →      | 1   |  | 7  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 8     |
| 16:00 - 17:00 | IDA     | ←      | 1   |  | 1  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 2     |
|               | VUELTA  | →      |   |  | 2  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | 2     |
| TOTALES       |         |        | 31  | 0  | 84   | 0  | 3  | 0  | 0   | 0  | 16   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  |       |

MONITORA DE CONTEO : CRISTINA TRUJILLO GOMEZ

Figura 7. Conteo vehicular IMD-  
Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Análisis y aplicación de la escoria de cobre en la superficie de rodadura

#### 4.3.1. Calidad de la superficie de rodadura en carretera no pavimentada con la aplicación de la escoria

Se analizarán el límite de consistencia de la escoria de cobre la misma que es indispensable para la investigación:

Tabla 4. Datos y resultados para la obtención del límite líquido y plástico.

| DATOS              | LIMITE LIQUIDO |       |       |       | LIMITE PLASTICO |       |
|--------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|
|                    | A              | B     | C     | D     | E               | F     |
| TARA N°            |                |       |       |       |                 |       |
| SUELO HUMEDO (gr)  | 60.4           | 46.46 | 60.33 | 51.82 | 20.29           | 19.66 |
| SUELO SECO (gr)    | 51.6           | 38.26 | 48.73 | 40.57 | 18.6            | 18.18 |
| PESO DEL AGUA (gr) | 8.6            | 8.2   | 11.6  | 11.25 | 1.68            | 1.48  |
| PESO TARA (gr)     | 22.4           | 11.99 | 14.74 | 11.5  | 11.5            | 11.99 |
| SUELO SECO (gr)    | 29.2           | 26.27 | 33.99 | 29.07 | 7.11            | 6.19  |
| N° GOLPES          | 46             | 32    | 19    | 9     | 23.63           | 23.91 |
| CONT. HUMEDAD (%)  | 29.45          | 31.21 | 34.23 | 38.7  | <b>23.77</b>    |       |

Fuente: Informe n°098-0017/lem INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.

En la tabla N° 4, Describe los datos recolectados para LL. de estos datos se procederá a graficar la curva de Fluidiez, también se indica el promedio de limite plástico el cual es 23.77%.

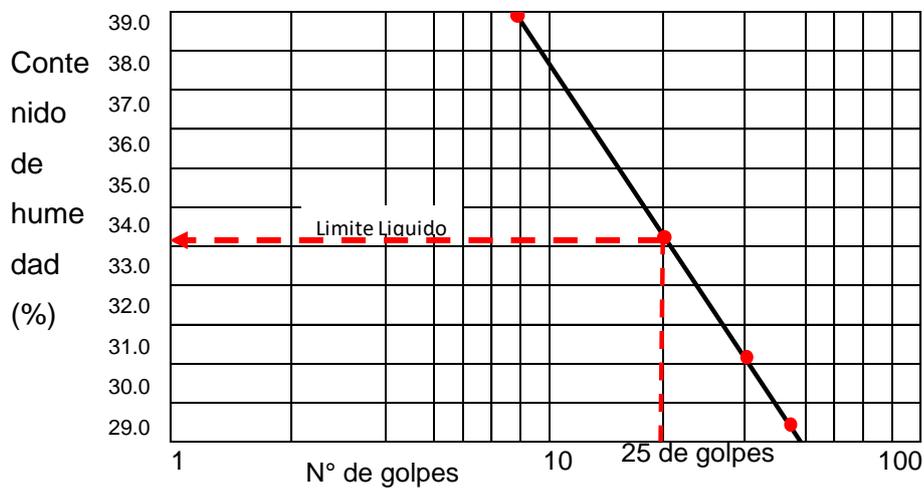


Figura 8. Curva de fluidez.

Fuente: Informe n°098-0017/lem INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.

En la figura N° 8, se muestra la Curva de Fluidiez, se obtuvo 4 puntos referidos por el número de golpes y el contenido el porcentaje de contenido de humedad los cuales se unieron. En el ensayo se obtuvo como resultado que la Arcilla es de tipología CL, baja plasticidad ( $LL < 50$ ), según (Anexo),

grado de expansión medio (Anexo) y potencial de hinchamiento medio IP= 10.38 % (Anexo N° 15).

#### 4.3.2. Análisis del material suelo (arcilla)

##### **Peso volumétrico de la arcilla agregado con mayor presencia en capa de rodadura**

Se determinó el peso volumétrico, por lo que fue necesario el tallado de una muestra sin agujeros ni grietas, el tamaño fue tomado de tal forma que calce en una probeta, seguidamente se parafino la muestra, para lo cual previamente, esta fue derretida en una estufa, dejando enfriar ligeramente, luego se recubrió la muestra para impermeabilizarla, prosiguiendo al pesado al muestra parafinada, se introdujo la muestra en la probeta con una cantidad de agua conocida identificando dos niveles de agua inicial y final, todo el proceso se realizó de acuerdo a la INTINTEC 339,139 - Norma Técnica Peruana - Part. 1999 (Anexo N° 16).

Tabla 5. Peso volumétrico del suelo patrón.

|    |   |       |       |       |
|----|---|-------|-------|-------|
| 1  | PESO DE LA MUESTRA DE SUELO (gr)                              | 35.12 | 36.78 | 37.8  |
| 2  | PESO DE LA MUESTRA DE SUELO + PARAFINA (gr)                   | 38.44 | 39.12 | 39.4  |
| 3  | PESO DE LA PARAFINA (gr)                                      | 3.32  | 2.34  | 1.6   |
| 4  | DENSIDAD DE LA PARAFINA (gr/cm <sup>3</sup> )                 | 0.87  | 0.87  | 0.87  |
| 5  | VOLUMEN DE LA PARAFINA (cm <sup>3</sup> )                     | 3.82  | 2.69  | 1.84  |
| 6  | VOLUMEN INICIAL EN LA PROBETA (cm <sup>3</sup> )              | 200   | 200   | 200   |
| 7  | VOLUMEN FINAL EN LA PROBETA (cm <sup>3</sup> )                | 225   | 227   | 225   |
| 8  | VOLUMEN DE LA MUESTRA DE SUELOS + PARAFINA (cm <sup>3</sup> ) | 25    | 27    | 25    |
| 9  | VOLUMEN DEL SUELO (cm <sup>3</sup> )                          | 21.18 | 24.31 | 23.16 |
| 10 | PESO VOLUMETRICO DE MASA (gr/cm <sup>3</sup> )                | 1.658 | 1.513 | 1.632 |
| 11 | PESO VOLUMETRICO DE MASA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )       | 1.601 |       |       |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 5, describe el peso volumétrico de la arcilla es 1.601 g/cm<sup>3</sup> el cual es equivalente a 1601.00 kg/m<sup>3</sup> de arcilla, utilizada para ladrillos artesanales en el distrito de San Jerónimo de Tunan.

##### **Análisis de la escoria de cobre (granalla de cobre) granulometría de la escoria de cobre**

Para poder realizar el ensayo de granulometría para la escoria de cobre se tomó exactamente 1 kg. El cual fue pesado conjuntamente con la tara, seguidamente se vertió la escoria en los tamices, para luego ser tamizado

manualmente, utilizando de las mallas N°4 hasta la malla N°200, obteniendo los porcentajes en cada malla y la curva granulométrica ver informe (Anexo).

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D422**

| MUESTRA<br>PROFUNDIDAD | ESCORIA<br>SUPERFICIE<br>% QUE PASA |
|------------------------|-------------------------------------|
| TAMIZ                  |                                     |
| 3"                     | 100.0                               |
| 2 1/2"                 | 100.0                               |
| 2"                     | 100.0                               |
| 1 1/2"                 | 100.0                               |
| 1"                     | 100.0                               |
| 3/4"                   | 100.0                               |
| 1/2"                   | 100.0                               |
| 3/8"                   | 100.0                               |
| 1/4"                   | 100.0                               |
| N°4                    | 99.9                                |
| N°10                   | 85.4                                |
| N°20                   | 75.6                                |
| N°40                   | 74.8                                |
| N°60                   | 74.5                                |
| N°140                  | 74.4                                |
| N°200                  | 74.2                                |

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D422**

|                |          |
|----------------|----------|
| CLASIF, SUCS   | SC-SM    |
| CLASIF. AASHTO | A-2-4(0) |

Figura 8. Análisis granulométrico por tamizado.  
Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro N° 4 Se muestra la clasificación SUCS que refiere que es tipo SC-SM (Anexo), arenas con finos, en este estudio si considerara ceniza con finos. También se clasificó según ASHTO (Anexo), resultando A-2-4 (0). Asignándola como una arena limo arcillosa de clasificación excelente a bueno.

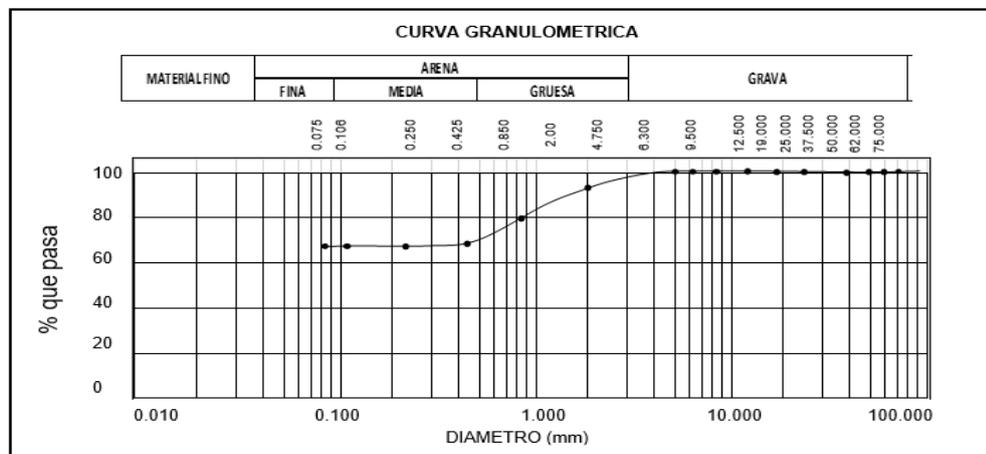


Figura 9. Curva granulométrica de ceniza de cobre.  
Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro N° 5 se muestra los porcentajes de ceniza de cobre que pasan por cada malla, cuya curva demuestra que el material es una arena media llegando hasta arena fina.

#### 4.4. Estudio de cantera

Tabla 6. Ensayos realizados a la cantera tramo Santo Rosario – Tactayoc.

| Material | Propiedades   | Método    | Norma ASTM | Norma AASHTO | Descripción               | Resultado |
|----------|---------------|-----------|------------|--------------|---------------------------|-----------|
| Afirmado | Granulometría | MTC E 204 | C 136      | T27          | Humedad natural (%)       | 4.3       |
|          |               |           |            |              | Límite líquido (%)        | 20.2      |
|          |               |           |            |              | Límite plástico (%)       | 15.3      |
|          |               |           |            |              | Índice de plasticidad (%) | 4.9       |
|          |               |           |            |              | Clasificación SUCS        | GM-GC     |
|          |               |           |            |              | Clasificación AASHTO      | A-1-a(0)  |

Fuente: Elaboración del laboratorio.

Tabla 7. Resultados de los materiales en el tramo Santo Rosario – Tactayoc.

| Material | Propiedades             | Método          | Norma ASTM | Norma AASHTO | Descripción                                | Resultado |
|----------|-------------------------|-----------------|------------|--------------|--|-----------|
| Afirmado | Límites de consistencia | MTC E 110 - 111 | D 4318     | T89          | Límite líquido (%)                         | 20.2      |
|          |                         |                 |            |              | Límite plástico (%)                        | 15.3      |
|          |                         |                 |            |              | Índice de plasticidad (%)                  | 4.9       |
|          | Abrasión Los Ángeles    | MTC E 207       | C 131      | T96          | Peso retenido en la malla N° 12 (gr)       | 3105      |
|          |                         |                 |            |              | Peso que pasa la malla                     | 1895      |
|          |                         |                 |            |              | % desgaste                                 | 37.9      |
|          | CBR                     | MTC E 132       | D 1883     | T193         | M.D.S. (gr/cc)                             | 2.19      |
|          |                         |                 |            |              | O.C. H. (%)                                | 7         |
|          |                         |                 |            |              | C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)               | 64.73     |
|          |                         |                 |            |              | C.B.R. al 95% de M.D.S. %                  | 39.76     |
|          | Próctor                 | MTC E 115       | D 1557     | T180         | Carga patrón                               | 1355      |
|          |                         |                 |            |              | Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.19      |

|  |            |  |  |  |                                 |   |
|--|------------|--|--|--|---------------------------------|---|
|  | Modificado |  |  |  | Óptimo contenido de humedad (%) | 7 |
|--|------------|--|--|--|---------------------------------|---|

Fuente: Elaboración del laboratorio.

En la tabla 6 se especifica los ensayos realizados (granulometría, límites de consistencia, abrasión Los Ángeles, CBR y Próctor Modificado) a la cantera del tramo Santo Rosario – Tactayoc; asimismo, se da la descripción de cada uno de ellos y los resultados.

#### 4.4.1. Límites de Atterberg

Tabla 8. Límites de Atterberg del afirmado con adición de la escoria de cobre.

| Espécimen                         | Propiedades             | Método       | Norma ASTM | Norma AASHTO | Descripción               | Resultados |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------|------------|--------------|---------------------------|------------|
| Cantidad<br>0.9 Kg/m <sup>2</sup> | Límites de consistencia | MTC E<br>111 | D 4318     | T89          | Límite líquido (%)        | 23.90      |
|                                   |                         |              |            |              | Límite plástico (%)       | 18.80      |
|                                   |                         |              |            |              | Índice de plasticidad (%) | 5.10       |
| Cantidad<br>1.1 Kg/m <sup>2</sup> |                         | MTC E<br>111 | D 4318     | T89          | Límite líquido (%)        | 24.30      |
|                                   |                         |              |            |              | Límite plástico (%)       | 17.20      |
|                                   |                         |              |            |              | Índice de plasticidad (%) | 7.10       |
| Cantidad<br>1.3 Kg/m <sup>2</sup> |                         | MTC E        | D 4318     | T89          | Límite líquido (%)        | 24.60      |
|                                   |                         |              |            |              | Límite plástico (%)       | 15.10      |
|                                   |                         |              |            |              | Índice de plasticidad (%) | 9.50       |

Fuente: Elaboración de laboratorio.

La Tabla 8, detalla los límites de Atterberg del afirmado con adición de escoria de cobre con cada cantidad planteada; se ha considerado la normativa correspondiente (Normativa del MTC, Norma ASTM y Norma AASHTO).

#### 4.4.2. Penetración

Tabla 9. Medición de la penetración en el afirmado con adición de escoria de cobre.

| N° de muestra | Muestra                        | Material          | Área del molde (m <sup>2</sup> ) | Relación 2:1 |               | Sumatoria (ml) | Penetración (mm) |
|---------------|--------------------------------|-------------------|----------------------------------|--------------|---------------|----------------|------------------|
|               |                                |                   |                                  | Aceite (ml)  | Petróleo (ml) |                |                  |
| Molde 1       | Cantidad 0.7 kg/m <sup>2</sup> | Afirmado (GM- GC) | 0.007698                         | 3.6          | 1.8           | 5.4            | 4                |
| Molde 2       | Cantidad 0.9 kg/m <sup>2</sup> |                   |                                  | 4.62         | 2.31          | 6.93           | 5                |
| Molde 3       | Cantidad 1.1 kg/m <sup>2</sup> |                   |                                  | 5.65         | 2.82          | 8.47           | 6                |
| Molde 4       | Cantidad 1.3 kg/m <sup>2</sup> |                   |                                  | 6.67         | 3.33          | 10             | 7                |

Fuente: elaboración del laboratorio.

La Tabla 9, detalla los valores finales de la medición de la penetración del afirmado con adición de escoria de cobre para cada uno de las cantidades (0.7 kg/m<sup>2</sup>, 0.9 kg/m<sup>2</sup>, 1.1 kg/m<sup>2</sup> y 1.3 kg/m<sup>2</sup>).

#### 4.4.3. Polución

Tabla 10. Medición de la polución en el tramo de prueba (L=5.00 , A=4.50 m).

| Muestra  | N° de muestra | Lado      | Tiempo (horas) | Dimensiones |       |                        | Peso inicial | Peso final             | Peso       | Prom.      |
|--|---------------|-----------|----------------|-------------|-------|------------------------|--------------|------------------------|------------|------------|
|  |               |           |                | L (m)       | A (m) | Área (m <sup>2</sup> ) | Tara (gr)    | Tara (gr) + polvo (gr) | Polvo (gr) | Polvo (gr) |
| Afirmado   | 1             | izquierdo | 4              | 1           | 2.25  | 2.25                   | 73.11        | 97.11                  | 24         | 27.6       |
|  | 2             |           |                |             |       |                        | 86.14        | 113.14                 | 27         |            |
|  | 3             |           |                |             |       |                        | 82.47        | 107.47                 | 25         |            |
|  | 4             |           |                |             |       |                        | 74.11        | 104.11                 | 30         |            |
|  | 5             |           |                |             |       |                        | 88.35        | 120.35                 | 32         |            |
| Afirmado más aceite reciclado (1.1 kg/m <sup>2</sup> ) | 1             | Derecho   | 4              | 1           | 2.25  | 2.25                   | 81.06        | 94.56                  | 13.5       | 11.5       |
|  | 2             |           |                |             |       |                        | 82.65        | 93.65                  | 11         |            |
|  | 3             |           |                |             |       |                        | 93.2         | 103.2                  | 10         |            |
|  | 4             |           |                |             |       |                        | 78.19        | 89.19                  | 11         |            |
|  | 5             |           |                |             |       |                        | 81.21        | 93.21                  | 12         |            |

Fuente: Elaboración de laboratorio.

La Tabla 10, detalla los valores finales de la medición de la polución del afirmado sin y con adición de escoria de cobre en el tramo de prueba (carretera no pavimentada: TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC).

#### 4.5. Impermeabilización de la superficie de rodadura en carretera no pavimentada con la aplicación de escoria de cobre

Tabla 11. Tiempo de impermeabilización del afirmado con adición de escoria de cobre.

| N° de muestra | Muestra                        | Material         | Dimensiones del área |           |                        | Tiempo de impermeabilización (minutos) |
|---------------|--------------------------------|------------------|----------------------|-----------|------------------------|--|
|               |                                |                  | Largo (m)            | Ancho (m) | Área (m <sup>2</sup> ) |  |
| 1             | Cantidad 0.7 kg/m <sup>2</sup> | Afirmado (GM-GC) | 0.15                 | 0.15      | 0.0225                 | 7                                      |
| 2             | Cantidad 0.9 kg/m <sup>2</sup> |                  |                      |           |                        | 10                                     |
| 3             | Cantidad 1.1 kg/m <sup>2</sup> |                  |                      |           |                        | 12                                     |
| 4             | Cantidad 1.3kg/m <sup>2</sup>  |                  |                      |           |                        | 15                                     |

Fuente: elaboración de laboratorio.

La Tabla 11, detalla los valores finales establecidos para la impermeabilización del afirmado con adición de escoria de cobre para cada uno de las cantidades (0.7 kg/m<sup>2</sup>, 0.9 kg/m<sup>2</sup>, 1.1 kg/m<sup>2</sup> y 1.3 kg/m<sup>2</sup>).

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

De los datos obtenidos del estudio de cantera tramo Santo Rosario – Tactayoc (material afirmado), los límites de Atterberg de las cantidades de 0.9 kg/m<sup>2</sup>, 1.1 kg/m<sup>2</sup> y 1.3 kg/m<sup>2</sup> respectivamente, del procedimiento de ingeniería para las mediciones del nivel de polución, permeabilidad y penetración para determinar el óptimo contenido de escoria de cobre a utilizar, se ha verificado y contrastado según lo establecido en el Manual de Carreteras – Especificaciones técnicas para construcción EG 2013 (revisada y corregida hasta junio de 2013), que los resultados cumplen en integridad con los requerimientos de la sección 301, tabla 301-01 y de la sección 416 de mencionado manual. De acuerdo a esta evaluación se ha considerado la cantidad de 1.1 L/m<sup>2</sup> a fin de verificar la conservación, calidad e impermeabilización de la superficie de rodadura en el tramo de prueba, de la misma manera deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

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

Tabla 12. Verificación de los ensayos realizados a la cantera tramo Santo Rosario – Tactayoc.

| Propiedades y características | Método de ensayo | Descripción                  | Resultado | Esp. (EG2013) – Sección 301 | Verificación |
|-------------------------------|------------------|------------------------------|-----------|-----------------------------|--------------|
| Granulometría                 | MTC E 204        | Clasificación AASHTO         | A-1-a(0)  | A-1, A-2, C, D, E, F        | cumplio      |
| Límites de consistencia       | MTC E 111        | Límite líquido (%)           | 20.2      | 35% máx.                    | cumplio      |
|                               |                  | Índice de Plasticidad (%)    | 4.9       | 4-9%                        | cumplio      |
| Abrasión Los Ángeles          | MTC E 207        | % desgaste                   | 37.9      | 50% máx.                    | cumplio      |
| CBR                           | MTC E 132        | C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 64.73     | 40% mín.                    | cumplio      |

Fuente: Elaboración de laboratorio.

De acuerdo a lo mostrado en la Tabla de la normativa y teniendo en consideración el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la construcción EG-2013 (Tabla 301-01) el material de afirmado cumple al 100% las especificaciones que estipula.

Tabla 13. Límite Atterberg: afirmado más escoria de cobre.

| Espécimen                       | Método de ensayo | Descripción         | Resultado | Esp. (EG2013) - Sección 301 | Verificación |
|---------------------------------|------------------|---------------------|-----------|-----------------------------|--------------|
| Cantidad 0.9 kg/m <sup>2</sup>  | MTC E 111        | Límite líquido (%)  | 23.9      | 35% máx.                    | Cumplio      |
|                                 |                  | Límite plástico (%) | 5.1       | 4-9%                        | Cumplio      |
| Cantidad 1.1 kg /m <sup>2</sup> | MTC E 111        | Límite líquido (%)  | 24.3      | 35% máx.                    | Cumplio      |
|                                 |                  | Límite plástico (%) | 7.1       | 4-9%                        | Cumplio      |
| Cantidad 1.3 kg /m <sup>2</sup> | MTC E 111        | Límite líquido (%)  | 24.6      | 35% máx.                    | Cumplio      |
|                                 |                  | Límite plástico (%) | 9.5       | 4-9%                        | Cumplio      |

Fuente: Elaboración de laboratorio.

De acuerdo a las consideraciones el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la construcción EG-2013 (Tabla 301-01), la cantidad de escoria de cobre de 1.3 kg/m<sup>2</sup> no cumple en el índice de plasticidad presentado un valor mayor (9.50%), aspecto por el cual esta cantidad se descarta.

Los límites de consistencia aumentan sus valores, proponiendo una superficie con mejor conservación, ya que al aumentar el valor de Limite Plástico el afirmado se deforma sin agrietarse pudiendo así restaurar su posición inicial y no presentar fallas por agrietamiento.

Tabla 14. Contrastación de la penetración.

| N° de muestra | Muestra                         | Material          | Cantidad por m <sup>2</sup> | Penetracion | Esp. (EG2013) Sección 416 | verificacion |
|---------------|---------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------|---------------------------|--------------|
| Molde 01      | Cantida d 0.7 kg/m <sup>2</sup> | Afirmad o (GM-GC) | 0.7                         | 4 mm        | 5 mm a 7.5mm              | No cumple    |
| Molde 02      | Cantida d 0.9 kg/m <sup>2</sup> |                   | 0.9                         | 5 mm        | 5 mm a 7.5mm              | cumplio      |
| Molde 03      | Cantida d 1.1 kg/m <sup>2</sup> |                   | 1.1                         | 6 mm        | 5 mm a 7.5mm              | cumplio      |
| Molde 04      | Cantida d 1.3 kg/m <sup>2</sup> |                   | 1.3                         | 7 mm        | 5 mm a 7.5mm              | cumplio      |

Fuente: Elaboración propia.

En lo concerniente a la polución y la aplicación de la escoria de cobre en proporción (2:1) en cantidad de 1.1 L/m<sup>2</sup> permite la reducción de la polución en un 58.33% tal como se detalla a razón a los valores iniciales de la polución en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas; entonces es dable mencionar que, con la aplicación de la escoria de cobre sobre superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas se estaría dando un beneficio ambiental por la reducción de la emisión de polvo.

Impermeabilización de la superficie de rodadura en carretera no pavimentada con la aplicación de escoria de cobre. Se determina que la escoria de cobre diluido con petróleo en proporción de (2:1) en cantidad de 1.1 kg/m<sup>2</sup> tal como se muestra en la Tabla 27 proporciona al afirmado una impermeabilidad de hasta 12 minutos, situación por la cual mejora y conserva la superficie de rodadura puesto a que no permite la desintegración de la superficie por estar impermeabilizada evitando el contacto de las partículas con el agua.

## CONCLUSIONES

1. Se concluye que, existe una relación entre la escoria de cobre y la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada tramo Santo Rosario – Tactayoc, provincia de Pasco, porque mejora las superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas en cuanto a la calidad y la impermeabilización de la misma.
2. La aplicación de la escoria de cobre tiene una relación positiva en la impermeabilidad de la superficie de carreteras no pavimentadas en un 99 %; es así que se puede certificar que la utilización de escoria de cobre diluido con petróleo en superficies de rodadura de carretera no pavimentadas mejora significativamente la superficie, además de ello se da un buen uso de la escoria de cobre. La aplicación de escoria de cobre diluido con petróleo en proporción de (2:1) en cantidad de 1.1 kg/m<sup>2</sup> reduce en un 58.33 % la polución sobre la superficie de rodadura clasificado como GM-GC (grava limosa - grava arcillosa) Norma E.050 Suelos y Cimentaciones, adhiriendo las partículas finas y obteniendo la uniformidad en toda la superficie.
3. La aplicación de la escoria de cobre tiene una relación positiva en la calidad de la superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas, siendo: La cantidad de escoria de cobre diluido con petróleo en proporción de (2:1) en cantidad de 1.1 kg/m<sup>2</sup> mejora el comportamiento de la superficie de rodadura en un 98 %, 99 % y 76% respecto al Limite Liquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad; asimismo la calidad de dicha superficie de rodadura mejora en un 100 %, gracias a su penetración de escoria de cobre diluido con petróleo.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda la aplicación de la escoria de cobre con el mantenimiento periódico de la superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas
2. Controlar la penetración de la superficie de rodadura puesto a que este permitirá que dicha superficie se mantiene uniforme y así garantiza la estabilización de la superficie de rodadura
3. Se recomienda en el tratamiento periódico, utilizar el aceite usado con aditivos que controlen la contaminación que produce.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, C., & Vilca, J. (2018). *Estudio de impacto vial, generado por la puesta en funcionamiento del complejo deportivo universitario en la ciudad universitaria-Puno, al 2018*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Melgarejo, Clein. (2019). *Influencia de la Escoria al Producir Concreto Permeable en Pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco – Distrito de Yanacancha – 2019*.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2018. *Reglamento Nacional de Edificaciones. [ed.] Biblioteca Nacional del Perú. Lima : Megabyte, 2018*.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación (6ta ed.)*. México D.F.: McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Google Earth. (2019). *Google Earth Pro*. Retrieved from <https://www.google.es/earth/download/gep/agree.html>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación (Sexta; J. Mares, Ed.)*. México: McGRAW-HILL.
- Macedo, F. (2016). *Diseño estructural de pavimento flexible, en el mejoramiento del camino vecinal rioja-posic, utilizando el metodo naasra, tramo del km. 00+000 al km. 6+090, distrito y provincia de rioja, region san martin*. Universidad Nacional de San Martín.
- Chavarry, Carlos (2020), *Hormigón de alta densidad con escoria de cobre para atenuar la radiación ionizante*. Lima : s.n., 2020. 2588-1000.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Glosario de terminos de uso frecuente en proyectos de infraestructura Vial*.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Manual de carreteras - “Diseño Geométrico (DG–2018)”*, es la actualización del *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2014)*, aprobado por R.D. N° 028 - 2014 - MTC/14.
- MTC. (2016). *Manual de carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y*

*Pavimentos (Sección suelos y pavimentos)* (p. 305). p. 305. Retrieved [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES\\_DE\\_CARRETERAS\\_2019/MC-05-14\\_Seccion Suelos y Pavimentos\\_Manual\\_de\\_Carreteras\\_OK.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES_DE_CARRETERAS_2019/MC-05-14_Seccion_Suelos_y_Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf)

- MTC. (2016). *Manual de ensayos de materiales*. Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Navarro, W. (2016). *Modelo de gestión de conservación vial para la red vial rural del canton santo domingo*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Ochoa, Ricardo y otros. (2018). Analisis del Uso de Escoria Granulada en la fabricación de mezclas asfálticas para pavimentos. 2018, Vol. 39.
- Morampudi, Rahul, Yajdani, Shaik y Anil, Korrapati. (2017). An Experimental Investigation on The Properties of Concrete by Replacing fine Aggregate With Cooper Slag. 2017. 2349-784x.
- Zarate, G. (2017). *Modelo de gestion de conservación vial para reducir costos de mantenimiento vial y operacion vehicular del amino vecinal raypa-huanchay-molino, distrito culebras-huarmey*. Universidad Privada Antenor Orrego.

## **ANEXOS**

**Anexo N° 01: matriz de consistencia**

**Matriz de consistencia**

**Tesis: “Relación de la escoria de cobre en las propiedades de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada tramo Santo Rosario – Tantayoc, Provincia de Pasco 2020”**

| <b>Problema</b>  | <b>Objetivos</b>  | <b>Hipótesis</b>  | <b>Variables</b>  | <b>Dimensiones</b>   | <b>Indicadores</b>  | <b>Metodología</b>   |
|--|---|---|---|--|---|--|
| <p><b>Problema general:</b><br/>¿Que la relación existirá la escoria de cobre y la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada tramo Santo Rosario – Tactayoc, provincia de Pasco 2020?</p>  | <p><b>Objetivo general:</b><br/>Determinar la relación que existe entre la escoria de cobre y la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada tramo Santo Rosario – Tactayoc, provincia de Pasco 2020.</p>   | <p><b>Hipótesis general:</b><br/>La incorporación de escoria de cobre influye en las propiedades de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada tramo Santo Rosario – Tactayoc, provincia de Pasco 2020.</p>   | <p><b>Variable independiente (X):</b><br/>Escoria de cobre (X):</p>                       | <p>- Métodos de conservación en plataforma.<br/>- Métodos de conservación en drenaje y obras complementarias.<br/>- Métodos de conservación en señalización.</p> | <p>-Grado de Fineza de Saturación<br/>•Forma Vítrea</p>   | <p><b>Método de investigación:</b><br/>científico.<br/><br/><b>Tipo de investigación:</b><br/>Aplicada.<br/><br/><b>Nivel de investigación:</b><br/>Explicativo.<br/><br/><b>Diseño de investigación:</b><br/>Experimental.</p>  |
| <p><b>Problemas específicos:</b><br/>a)¿Cuáles son las propiedades mecánicas que se alteran a la incorporación escoria de cobre en el momento del afirmado de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada tramo santo rosario - Tactayoc, provincia de Pasco 2020?</p> <p>b) ¿Cuál es la cantidad de escoria de cobre ideal para la adición del tratamiento de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada tramo santo rosario - Tactayoc, provincia de Pasco 2020</p> | <p><b>Objetivos específicos:</b><br/>a) Identificar las propiedades mecánicas que se modifican a la incorporación escoria de cobre en el momento del afirmado de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada tramo santo rosario - Tactayoc, provincia de Pasco 2020.</p> <p>b) Identificar la cantidad de escoria de cobre ideal para la adición del tratamiento de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada tramo santo rosario - Tactayoc, provincia de Pasco 2020.</p> | <p><b>Hipótesis específicas:</b><br/>a) Las propiedades mecánicas se modifican al incorporar escoria de cobre en el momento del afirmado de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada tramo santo rosario -Tactayoc, provincia de Pasco 2020.<br/>b) La cantidad de escoria de cobre estará en función al grado de plasticidad del tramo a compactar de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada tramo santo rosario - Tactayoc, provincia de Pasco 2020</p> | <p><b>Variable dependiente (Y):</b><br/>Propiedades de la superficie de rodadura (Y):</p> | <p>- Nivel de servicio en plataforma.<br/>- Nivel de servicio en drenaje y obras complementarias.<br/>- Nivel de servicio en señalización.</p>                   | <p>• Resistencia<br/>• Limite liquido<br/>• Limite plástico<br/>• Contenido de humedad<br/>• Densidad</p> | <p><b>Población:</b><br/>Para nuestro caso de investigación será el camino vecinal del camino vecinal tramo Piquilhuanca - Santo Rosario - Tactayoc, provincia Daniel Alcides Carrión provincia de Pasco.</p> <p><b>Muestra:</b><br/>Para el caso de estará por el tramo de 1.5 kilómetros para efecto de la presente investigación, donde se obtendrá las calicatas que se establecieron cada 500 metros.</p> |

**Anexo N° 02: ensayos de laboratorio.**



SOLICITANTE: Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

Rev. N°: 01

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

### LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |

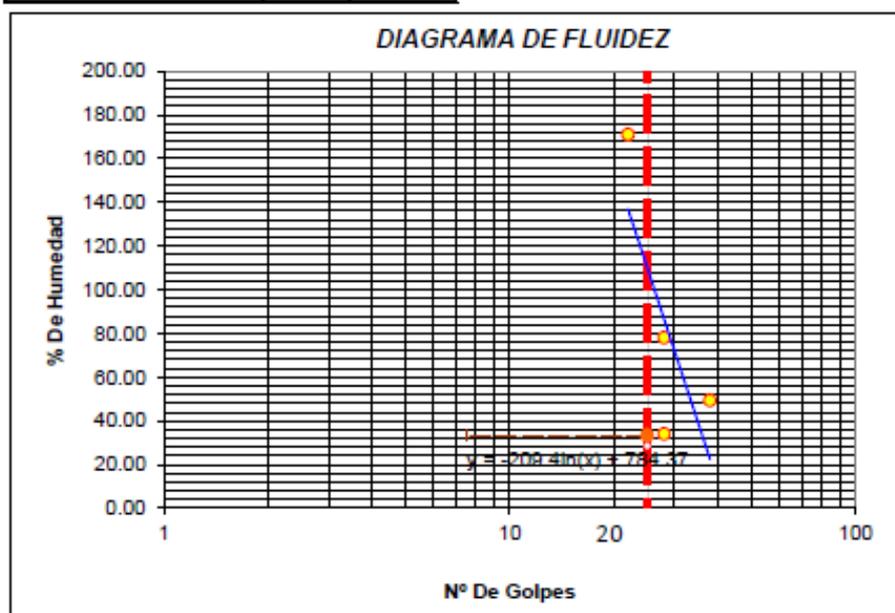
MUESTRA: SUELO NATURAL

| PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.00        |      | ESTRATO :       |       | E-1            | CALICATA : C-1 |       |        |
|---------------------------------|------|-----------------|-------|----------------|----------------|-------|--------|
| DESCRIPCIÓN                     | SIMB | LIMITE PLASTICO |       | LIMITE LIQUIDO |                |       |        |
| MUESTRA                         | M    |                 |       |                |                |       |        |
| Peso de la cápsula              | GR   | 14.09           | 12.72 | 22.57          | 22.17          | 14.67 | 14.62  |
| Peso de cápsula+suelo húmedo    | GR   | 40.61           | 39.27 | 62.57          | 56.17          | 49.67 | 69.62  |
| Peso de la cápsula + suelo seco | GR   | 30.49           | 30.2  | 45.03          | 44.94          | 40.79 | 34.92  |
| Numero de golpes                | N    | -               | -     | 28             | 38             | 28    | 22     |
| Peso del suelo seco             | GR   | 16.4            | 17.48 | 22.46          | 22.77          | 26.12 | 20.3   |
| Peso agua                       | W    | 10.12           | 9.07  | 17.54          | 11.23          | 8.88  | 34.7   |
| Contenido de humedad            | %    | 61.71           | 51.89 | 78.09          | 49.32          | 34.00 | 170.94 |

|                       |   |        |
|-----------------------|---|--------|
| Limite liquido        | % | 110.34 |
| Limite plastico       | % | 56.80  |
| Indice de plasticidad | % | 53.54  |

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

*Jab*  
 JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254076  
 JEFE DE LABORATORIO





SOLICITANTE: Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

Rev. N°: 01

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

### LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |

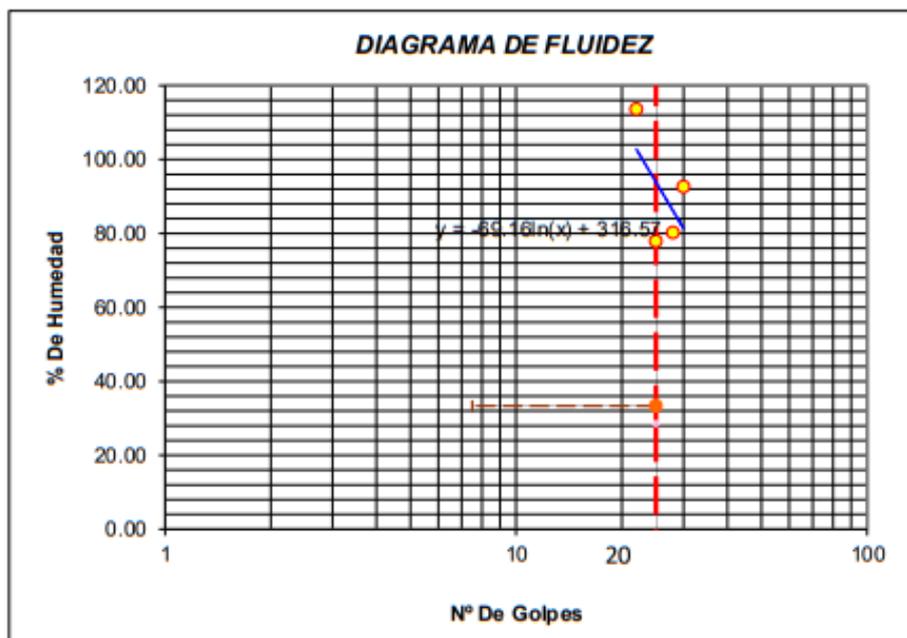
MUESTRA: SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE 0.9 KG/M2

| MUESTRA: M-2                    |      |                 |       |                |       |       |        |
|---------------------------------|------|-----------------|-------|----------------|-------|-------|--------|
| DESCRIPCIÓN                     | SIMB | LIMITE PLASTICO |       | LIMITE LIQUIDO |       |       |        |
| MUESTRA                         | M    |                 |       |                |       |       |        |
| Peso de la cápsula              | GR   | 11.09           | 10.72 | 22.57          | 22.17 | 14.67 | 14.62  |
| Peso de cápsula+suelo húmedo    | GR   | 39.61           | 39.27 | 46.57          | 36.17 | 32.67 | 36.62  |
| Peso de la cápsula + suelo seco | GR   | 30.19           | 31.8  | 35.03          | 29.94 | 24.79 | 24.92  |
| Numero de golpes                | N    | -               | -     | 30             | 28    | 25    | 22     |
| Peso del suelo seco             | GR   | 19.1            | 21.08 | 12.46          | 7.77  | 10.12 | 10.3   |
| Peso agua                       | W    | 9.42            | 7.47  | 11.54          | 6.23  | 7.88  | 11.7   |
| Contenido de humedad            | %    | 49.32           | 35.44 | 92.62          | 80.18 | 77.87 | 113.59 |

|                       |   |       |
|-----------------------|---|-------|
| Limite liquido        | % | 93.95 |
| Limite plastico       | % | 42.38 |
| Indice de plasticidad | % | 51.57 |

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
ING. CIVIL CIP. 254076  
JEFE DE LABORATORIO





**SOLICITANTE:** Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

Rev. N°: 01

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN**

### LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318

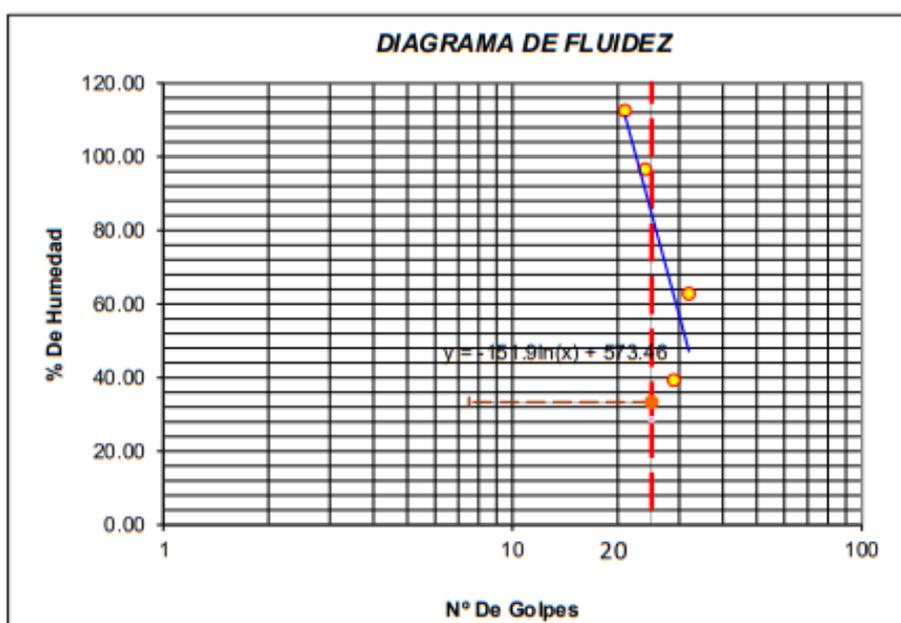
|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |

MUESTRA: SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE 1.1 KG/M2

| MUESTRA: M-3                    |      |                 |       |                |       |       |        |
|---------------------------------|------|-----------------|-------|----------------|-------|-------|--------|
| DESCRIPCIÓN                     | SIMB | LIMITE PLASTICO |       | LIMITE LIQUIDO |       |       |        |
| MUESTRA                         | M    |                 |       |                |       |       |        |
| Peso de la cápsula              | GR   | 13.54           | 11.78 | 22.57          | 22.17 | 14.67 | 14.62  |
| Peso de cápsula+suelo húmedo    | GR   | 38.64           | 36.68 | 59.57          | 52.17 | 49.67 | 52.62  |
| Peso de la cápsula + suelo seco | GR   | 30.49           | 30.2  | 41.4           | 40.6  | 39.8  | 32.5   |
| Numero de golpes                | N    | -               | -     | 24             | 32    | 29    | 21     |
| Peso del suelo seco             | GR   | 16.95           | 18.42 | 18.83          | 18.43 | 25.13 | 17.88  |
| Peso agua                       | W    | 8.15            | 6.48  | 18.17          | 11.57 | 9.87  | 20.12  |
| Contenido de humedad            | %    | 48.08           | 35.18 | 96.49          | 62.78 | 39.28 | 112.53 |

|                       |   |       |
|-----------------------|---|-------|
| Limite liquido        | % | 84.51 |
| Limite plastico       | % | 41.63 |
| Indice de plasticidad | % | 42.88 |

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.  
  
 JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254076  
 JEFE DE LABORATORIO





SOLICITANTE: Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

Rev. N°: 01

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

### LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |

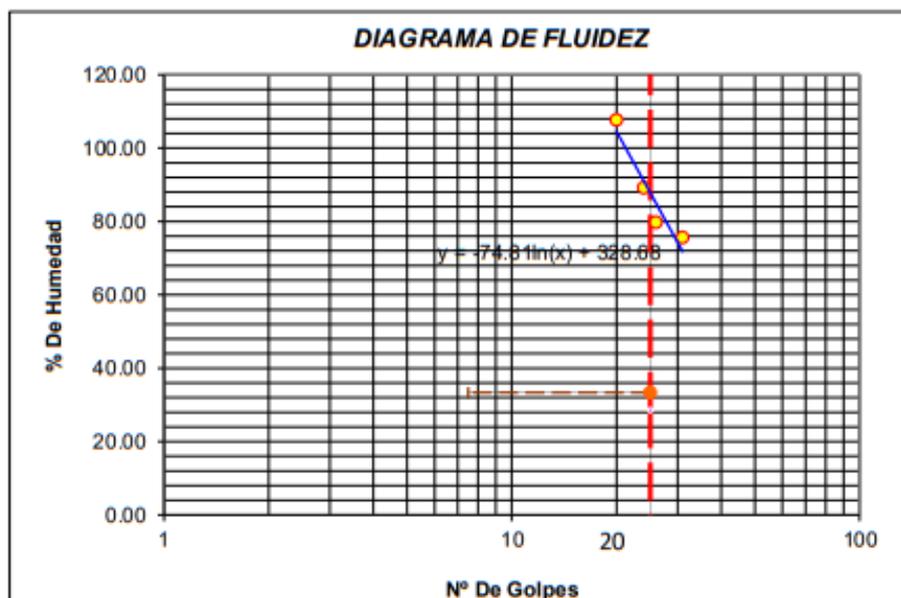
MUESTRA: SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE 1.3 KG/M2

| MUESTRA: M-4                    |      | LIMITE PLASTICO |       | LIMITE LIQUIDO |       |       |        |
|---------------------------------|------|-----------------|-------|----------------|-------|-------|--------|
| DESCRIPCIÓN                     | SIMB |                 |       |                |       |       |        |
| MUESTRA                         | M    |                 |       |                |       |       |        |
| Peso de la cápsula              | GR   | 15.11           | 13.15 | 23.12          | 21.85 | 13.15 | 13.67  |
| Peso de cápsula+suelo húmedo    | GR   | 40.26           | 38.05 | 63.12          | 56.85 | 61.15 | 52.67  |
| Peso de la cápsula + suelo seco | GR   | 32.54           | 31.83 | 44.26          | 41.78 | 39.85 | 32.45  |
| Numero de golpes                | N    | -               | -     | 24             | 31    | 26    | 20     |
| Peso del suelo seco             | GR   | 17.43           | 18.68 | 21.14          | 19.93 | 26.7  | 18.78  |
| Peso agua                       | W    | 7.72            | 6.22  | 18.86          | 15.07 | 21.3  | 20.22  |
| Contenido de humedad            | %    | 44.29           | 33.30 | 89.21          | 75.61 | 79.78 | 107.67 |

|                       |   |       |
|-----------------------|---|-------|
| Limite liquido        | % | 87.87 |
| Limite plastico       | % | 38.79 |
| Indice de plasticidad | % | 49.08 |

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
ING CIVIL CIP. 254076  
JEFE DE LABORATORIO



|   |   |             |
|---|---|-------------|
|  | <b>SOLICITANTE:</b> Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA               | Rev. N°: 01 |
|   | <b>ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN</b> |             |

## ANÁLISIS GRANULOMETRICO ASTMD- 422

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |

| ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO                   |                    |                  |                   |                                 |        | LIMITES E INDICES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D-4318 |        |
|--|--------------------|------------------|-------------------|---------------------------------|--------|--|--------|
| ASTM- 422  |                    |                  |                   |                                 |        |  |        |
| CALICATA / ESTRATO : C-1 / E-1 MUESTRA : SUELO NATURAL |                    |                  |                   |                                 |        | LL=  | 110.34 |
| PROFUNDIDAD (m) : 0.00-1.00                            |                    |                  |                   |                                 |        | LP=  | 56.80  |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA DEL SUELO : 594.400          |                    |                  |                   |                                 |        | IP=  | 53.54  |
| PESO DE LA MUESTRA SECA DEL SUELO : 539.400            |                    |                  |                   |                                 |        | Clasif. SUCS:                                    | CL     |
| Tamices<br>ASTM  | Abertura<br>en mm. | Peso<br>Retenido | % Ret.<br>Parcial | % Acumulado<br>Retenido Pasante |        | Clasif. AASTHO: A-7-6                            |        |
| 3"   | 76.200             | 0.00             | 0.00              | 0.00                            | 100.00 | DENSIDAD NATURAL<br>ASTM D-1556                  |        |
| 2"   | 50.800             | 0.00             | 0.00              | 0.00                            | 100.00 | Dens. nat=                                       | 1.54   |
| 1 1/2"   | 38.100             | 0.00             | 0.00              | 0.00                            | 100.00 | (gr/cm <sup>3</sup> )                            |        |
| 1"   | 25.400             | 0.00             | 0.00              | 0.00                            | 100.00 | CONTENIDO DE HUMEDAD                             |        |
| 3/4"   | 19.100             | 0.00             | 0.00              | 0.00                            | 100.00 | W(%)=  | 10.20  |
| 1/2"   | 12.700             | 0.00             | 0.00              | 0.00                            | 100.00 |  |        |
| 3/8"   | 9.520              | 0.00             | 0.00              | 0.00                            | 100.00 |  |        |
| 1/4"   | 6.350              | 0.00             | 0.00              | 0.00                            | 100.00 |  |        |
| N°4  | 4.760              | 5.20             | 0.96              | 0.96                            | 99.04  |  |        |
| N°10   | 2.000              | 8.50             | 1.58              | 2.54                            | 97.46  |  |        |
| N°20   | 0.840              | 10.90            | 2.02              | 4.56                            | 95.44  |  |        |
| N°30   | 0.590              | 15.20            | 2.82              | 7.38                            | 92.62  |  |        |
| N°40   | 0.420              | 16.80            | 3.11              | 10.49                           | 89.51  |  |        |
| N°60   | 0.250              | 16.60            | 3.08              | 13.57                           | 86.43  |  |        |
| N°100  | 0.149              | 11.90            | 2.21              | 15.78                           | 84.22  |  |        |
| N°200  | 0.074              | 27.60            | 5.12              | 20.89                           | 79.11  |  |        |
| > N°200  |                    | 426.70           | 79.11             | 100.00                          | 0.00   |  |        |
| Total  |                    | 539.400          |                   |                                 |        |  |        |

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

  
 JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254078  
 JEFE DE LABORATORIO

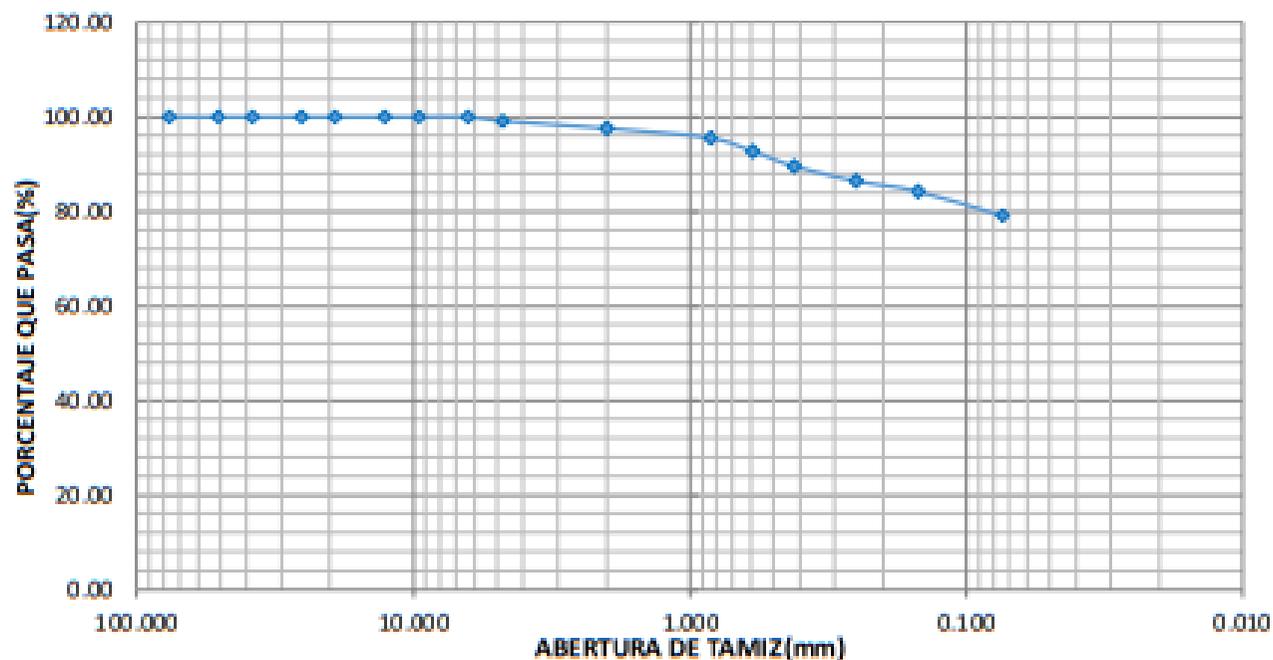
Av. Gerardo Unger N°193, Oficina 212, Galeria Pitagoras-2do piso, frente a la UNI  
 Telef: 979384783 Correo: juan-engineer@hotmail.com CONSTRUCTORA Y  
 LABORATORIO JAR S.A.C. R.U.C. N° 20603654766

|   |   |             |
|---|---|-------------|
|  | <b>SOLICITANTE:</b> Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA               | Rev. N°: 01 |
|   | <b>ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN</b> |             |

### CURVA GRANULOMETRICA

| GRAVA  |      | ARENA  |       |      | LIMO Y ARCILLA |
|--------|------|--------|-------|------|----------------|
| GRUESA | FINA | GRUESA | MEDIA | FINA |                |

3" 2" 1-1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8" 1/4" N°4 N°10 N°20 N°40 N°60 N°100 N°200



|              |        |
|--------------|--------|
| GRAVA(%)=    | 0.96   |
| ARENA(%)=    | 19.93  |
| LIMO Y       |        |
| ARCILLA (%)= | 79.11  |
|              |        |
| D10=         | -0.939 |
| D30=         | -2.333 |
| D60=         | -0.960 |
| Cu=          | 1.022  |
| Cc=          | 6.041  |

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

  
 JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254078  
 JEFE DE LABORATORIO

|   |   |             |
|---|---|-------------|
|  | <b>SOLICITANTE:</b> Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA               | Rev. N°: 01 |
|   | <b>ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN</b> |             |

## ANÁLISIS GRANULOMETRICO ASTMD- 422

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |

| ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO                             |                 |               |                |             |         | LIMITES E INDICES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D-4318 |       |
|--|-----------------|---------------|----------------|-------------|---------|--|-------|
| ASTM- 422  |                 |               |                |             |         |  |       |
| MUESTRA : M-2, SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE ESCORIA AL 0.9 KG/M2 |                 |               |                |             |         | LL=  | 93.95 |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA DEL SUELO : 606.270                    |                 |               |                |             |         | LP=  | 42.38 |
| PESO DE LA MUESTRA SECA DEL SUELO : 556.270                      |                 |               |                |             |         | IP=  | 51.57 |
|  |                 |               |                |             |         | Clasif. SUCS:                                    | CL    |
|  |                 |               |                |             |         | Clasif. AASTHO:                                  | A-7-6 |
| Tamices ASTM   | Abertura en mm. | Peso Retenido | % Ret. Parcial | % Acumulado |         | DENSIDAD NATURAL<br>ASTM D-1556                  |       |
|  |                 |               |                | Retenido    | Pasante | Dens. nat=                                       | 1.57  |
|  |                 |               |                |             |         | (gr/cm3)   |       |
|  |                 |               |                |             |         | CONTENIDO DE HUMEDAD                             |       |
|  |                 |               |                |             |         | W(%)=  | 8.99  |
| 3"   | 76.200          | 0.00          | 0.00           | 0.00        | 100.00  |  |       |
| 2"   | 50.800          | 0.00          | 0.00           | 0.00        | 100.00  |  |       |
| 1 1/2"   | 38.100          | 0.00          | 0.00           | 0.00        | 100.00  |  |       |
| 1"   | 25.400          | 0.00          | 0.00           | 0.00        | 100.00  |  |       |
| 3/4"   | 19.100          | 0.00          | 0.00           | 0.00        | 100.00  |  |       |
| 1/2"   | 12.700          | 0.00          | 0.00           | 0.00        | 100.00  |  |       |
| 3/8"   | 9.520           | 0.00          | 0.00           | 0.00        | 100.00  |  |       |
| 1/4"   | 6.350           | 0.00          | 0.00           | 0.00        | 100.00  |  |       |
| N°4  | 4.760           | 8.29          | 1.49           | 1.49        | 98.51   |  |       |
| N°10   | 2.000           | 11.09         | 1.99           | 3.48        | 96.52   |  |       |
| N°20   | 0.840           | 12.50         | 2.25           | 5.73        | 94.27   |  |       |
| N°30   | 0.590           | 15.10         | 2.71           | 8.44        | 91.56   |  |       |
| N°40   | 0.420           | 18.70         | 3.36           | 11.81       | 88.19   |  |       |
| N°60   | 0.250           | 17.90         | 3.22           | 15.02       | 84.98   |  |       |
| N°100  | 0.149           | 15.80         | 2.84           | 17.86       | 82.14   |  |       |
| N°200  | 0.074           | 20.10         | 3.61           | 21.48       | 78.52   |  |       |
| > N°200  |                 | 436.80        | 78.52          | 100.00      | 0.00    |  |       |
| Total  |                 | 556.27        |                |             |         |  |       |

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

  
 JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254076  
 JEFE DE LABORATORIO



SOLICITANTE: Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

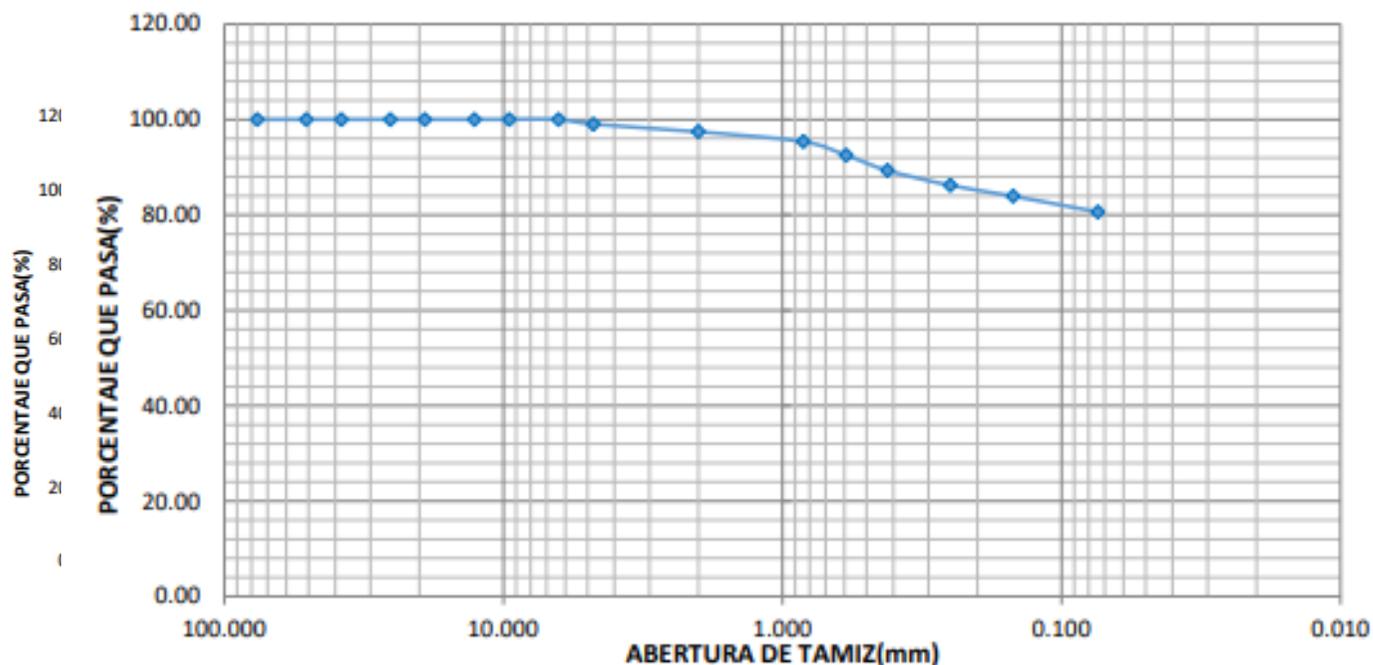
Rev. N°: 01

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

### CURVA GRANULOMETRICA

| GRAVA  |      |  |        | ARENA |      |  | LIMO Y ARCILLA |
|--------|------|--|--------|-------|------|--|----------------|
| GRUESA | FINA |  | GRUESA | MEDIA | FINA |  |                |

3" 2" 1-1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8" 1/4" N° 4 N° 10 N° 20 N° 40 N° 60 N° 100 N° 200



|                     |       |
|---------------------|-------|
| GRAVA(%)=           | 1.49  |
| ARENA(%)=           | 19.99 |
| LIMO Y ARCILLA (%)= | 78.52 |

|      |        |
|------|--------|
| D10= | -1.348 |
| D30= | -1.705 |
| D60= | -0.638 |
| Cu=  | 0.473  |
| Cc=  | 3.378  |

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

*JVR*  
 JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254076  
 JEFE DE LABORATORIO

|   |   |             |
|---|---|-------------|
|  | <b>SOLICITANTE:</b> Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA               | Rev. N°: 01 |
|   | <b>ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN</b> |             |

## ANÁLISIS GRANULOMETRICO ASTMD- 422

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |

| ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO                             |                    |                  |                   |                                   |        | LIMITES E INDICES DE CONSISTENCIA<br>ASTM D-4318 |       |
|--|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------------------|--------|--|-------|
| ASTM- 422  |                    |                  |                   |                                   |        |  |       |
| MUESTRA : M-3, SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE ESCORIA AL 1.1 KG/M2 |                    |                  |                   |                                   |        | LL=  | 84.51 |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA DEL SUELO : 596.300                    |                    |                  |                   |                                   |        | LP=  | 41.63 |
| PESO DE LA MUESTRA SECA DEL SUELO : 561.300                      |                    |                  |                   |                                   |        | IP=  | 42.88 |
|  |                    |                  |                   |                                   |        | Clasif. SUCS:                                    | CL    |
| Tamices<br>ASTM  | Abertura<br>en mm. | Peso<br>Retenido | % Ret.<br>Parcial | % Acumulado<br>Retenido   Pasante |        | Clasif. AASTHO: A-7-6                            |       |
| 3"   | 76.200             | 0.00             | 0.00              | 0.00                              | 100.00 | DENSIDAD NATURAL<br>ASTM D-1556                  |       |
| 2"   | 50.800             | 0.00             | 0.00              | 0.00                              | 100.00 | Dens. nat=                                       | 1.59  |
| 1 1/2"   | 38.100             | 0.00             | 0.00              | 0.00                              | 100.00 | (gr/cm3)   |       |
| 1"   | 25.400             | 0.00             | 0.00              | 0.00                              | 100.00 | CONTENIDO DE HUMEDAD                             |       |
| 3/4"   | 19.100             | 5.60             | 1.00              | 1.00                              | 99.00  | W(%)=  | 6.24  |
| 1/2"   | 12.700             | 3.90             | 0.69              | 1.69                              | 98.31  |  |       |
| 3/8"   | 9.520              | 4.50             | 0.80              | 2.49                              | 97.51  |  |       |
| 1/4"   | 6.350              | 5.80             | 1.03              | 3.53                              | 96.47  |  |       |
| N°4  | 4.760              | 9.80             | 1.75              | 5.27                              | 94.73  |  |       |
| N°10   | 2.000              | 10.50            | 1.87              | 7.14                              | 92.86  |  |       |
| N°20   | 0.840              | 15.60            | 2.78              | 9.92                              | 90.08  |  |       |
| N°30   | 0.590              | 17.80            | 3.17              | 13.09                             | 86.91  |  |       |
| N°40   | 0.420              | 20.80            | 3.71              | 16.80                             | 83.20  |  |       |
| N°60   | 0.250              | 15.60            | 2.78              | 19.58                             | 80.42  |  |       |
| N°100  | 0.149              | 14.50            | 2.58              | 22.16                             | 77.84  |  |       |
| N°200  | 0.074              | 25.60            | 4.56              | 26.72                             | 73.28  |  |       |
| > N°200  |                    | 411.30           | 73.28             | 100.00                            | 0.00   |  |       |
| Total  |                    | 561.300          |                   |                                   |        |  |       |

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

  
 JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254076  
 JEFE DE LABORATORIO



SOLICITANTE: Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

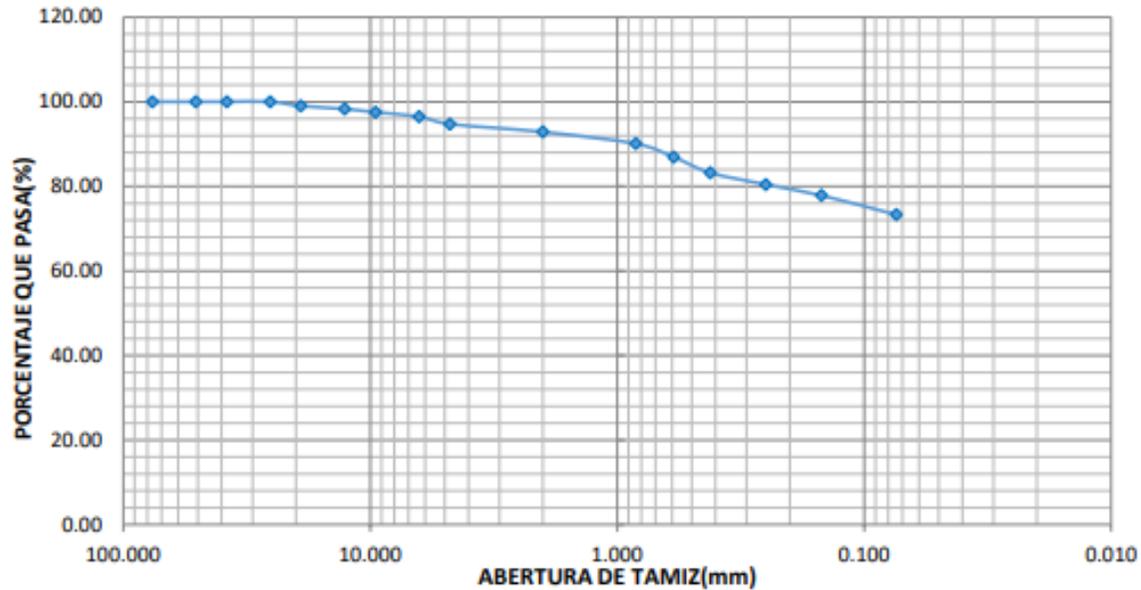
Rev. N°: 01

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

### CURVA GRANULOMETRICA

| GRAVA  |      | ARENA  |       |      | LIMO Y ARCILLA |
|--------|------|--------|-------|------|----------------|
| GRUESA | FINA | GRUESA | MEDIA | FINA |                |

3" 2" 1-1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8" 1/4" N°4 N°10 N°20 N°40 N°60 N°100 N°200



|              |       |
|--------------|-------|
| GRAVA(%)=    | 5.27  |
| ARENA(%)=    | 21.45 |
| LIMO Y       |       |
| ARCILLA (%)= | 73.28 |

|      |        |
|------|--------|
| D10= | -0.967 |
| D30= | -1.721 |
| D60= | -0.548 |
| Cu=  | 0.567  |
| Cc=  | 5.590  |

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

*Jar*  
 JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254078  
 JEFE DE LABORATORIO

Av. Gerardo Unger N°193, Oficina 212, Galeria Pitagoras-2do piso, frente a la UNI  
 Telef: 979384783 Correo: juan-engineer@hotmail.com CONSTRUCTORA Y  
 LABORATORIO JAR S.A.C. R.U.C. N° 20603654766

|   |   |             |
|---|---|-------------|
|  | <b>SOLICITANTE:</b> Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA               | Rev. N°: 01 |
|   | <b>ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN</b> |             |

## ANÁLISIS GRANULOMETRICO ASTMD- 422

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |

| ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO                             |                 |               |                |             |         | LIMITES E INDICES DE CONSISTENCIA ASTM D-4318 |       |
|--|-----------------|---------------|----------------|-------------|---------|---|-------|
| ASTM- 422  |                 |               |                |             |         |   |       |
| MUESTRA : M-4, SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE ESCORIA AL 1.3 KG/M2 |                 |               |                |             |         | LL=   | 87.87 |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA DEL SUELO : 605.200                    |                 |               |                |             |         | LP=   | 38.79 |
| PESO DE LA MUESTRA SECA DEL SUELO : 572.200                      |                 |               |                |             |         | IP=   | 49.08 |
|  |                 |               |                |             |         | Clasif. SUCS:                                 | CL    |
| Tamices ASTM   | Abertura en mm. | Peso Retenido | % Ret. Parcial | % Acumulado |         | Clasif. AASTHO:                               | A-7-6 |
|  |                 |               |                | Retenido    | Pasante | DENSIDAD NATURAL ASTM D-1556                  |       |
| 3"   | 76.200          | 0.00          | 0.00           | 0.00        | 100.00  | Dens. nat=                                    | 1.60  |
| 2"   | 50.800          | 0.00          | 0.00           | 0.00        | 100.00  | (gr/cm3)                                      |       |
| 1 1/2"   | 38.100          | 0.00          | 0.00           | 0.00        | 100.00  | CONTENIDO DE HUMEDAD                          |       |
| 1"   | 25.400          | 0.00          | 0.00           | 0.00        | 100.00  | W(%)=   | 5.77  |
| 3/4"   | 19.100          | 8.60          | 1.50           | 1.50        | 98.50   |   |       |
| 1/2"   | 12.700          | 6.90          | 1.21           | 2.71        | 97.29   |   |       |
| 3/8"   | 9.520           | 5.80          | 1.01           | 3.72        | 96.28   |   |       |
| 1/4"   | 6.350           | 4.40          | 0.77           | 4.49        | 95.51   |   |       |
| N°4  | 4.760           | 10.50         | 1.84           | 6.33        | 93.67   |   |       |
| N°10   | 2.000           | 12.50         | 2.18           | 8.51        | 91.49   |   |       |
| N°20   | 0.840           | 15.60         | 2.73           | 11.24       | 88.76   |   |       |
| N°30   | 0.590           | 12.40         | 2.17           | 13.40       | 86.60   |   |       |
| N°40   | 0.420           | 20.60         | 3.60           | 17.00       | 83.00   |   |       |
| N°60   | 0.250           | 18.60         | 3.25           | 20.26       | 79.74   |   |       |
| N°100  | 0.149           | 19.80         | 3.46           | 23.72       | 76.28   |   |       |
| N°200  | 0.074           | 25.60         | 4.47           | 28.19       | 71.81   |   |       |
| > N°200  |                 | 410.90        | 71.81          | 100.00      | 0.00    |   |       |
| Total  |                 | 572.20        |                |             |         |   |       |

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

  
 JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254076  
 JEFE DE LABORATORIO

Av. Gerardo Unger N°193, Oficina 212, Galería Pitágoras-2do piso, frente a la UNI  
 Telef: 979384783 Correo: juan-engineer@hotmail.com CONSTRUCTORA Y  
 LABORATORIO JAR S.A.C. R.U.C. N° 20603654766



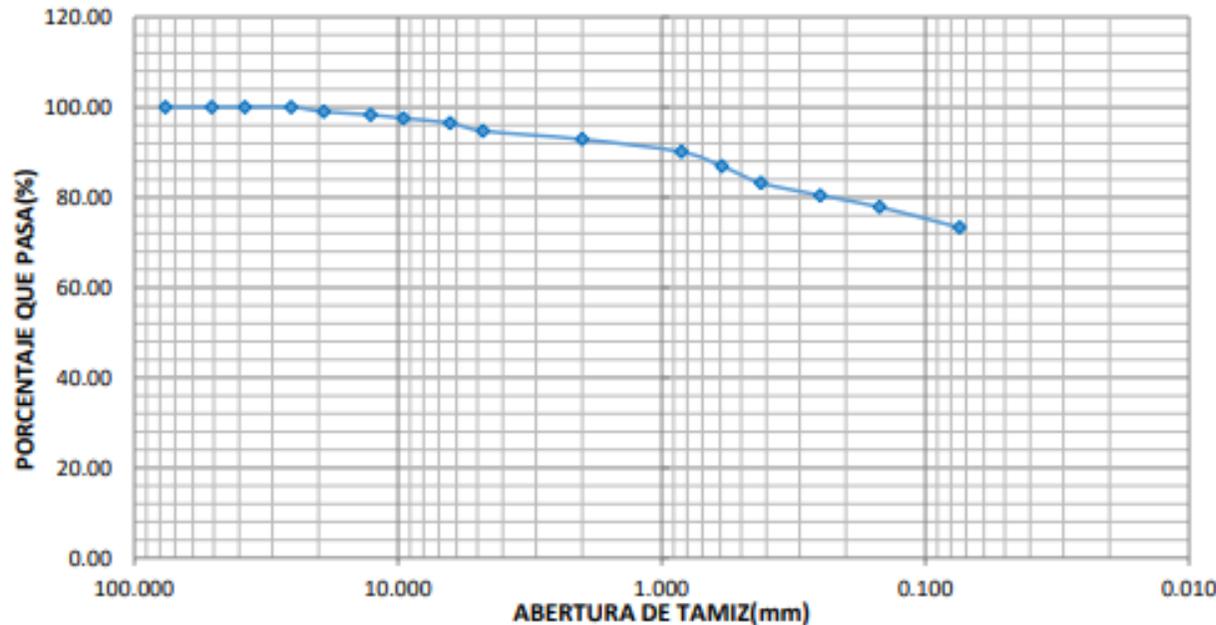
SOLICITANTE: Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

Rev. N°: 01

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

### CURVA GRANULOMETRICA

| GRAVA  |          | ARENA   |       |      | LIMO Y ARCILLA |      |       |       |       |       |        |        |
|--------|----------|---------|-------|------|----------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| GRUESA | FINA     | GRUESA  | MEDIA | FINA |                |      |       |       |       |       |        |        |
| 3"     | 2" 1-12" | 1" 3/4" | 1/2"  | 3/8" | 1/4"           | N° 4 | N° 10 | N° 20 | N° 40 | N° 60 | N° 100 | N° 200 |



|                     |       |
|---------------------|-------|
| GRAVA(%)=           | 6.33  |
| ARENA(%)=           | 21.86 |
| LIMO Y ARCILLA (%)= | 71.81 |

|      |        |
|------|--------|
| D10= | -0.962 |
| D30= | -1.202 |
| D60= | -0.326 |
| Cu=  | 0.339  |
| Cc=  | 4.601  |

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

JUAN-DANIEL VALLE ROJAS  
ING. CIVIL CIP. 254076  
JEFE DE LABORATORIO



SOLICITANTE: Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

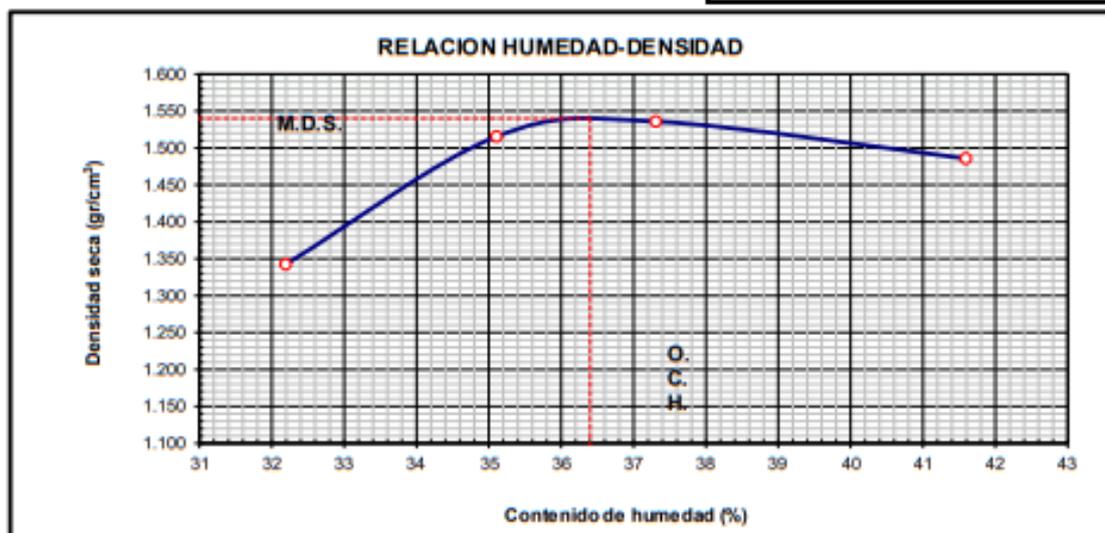
Rev. N°: 01

## ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO - TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |
| <b>ASUNTO</b>      | ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO   |
| <b>MUESTRA</b>     | M-01, SUELO NATURAL  |

**MÉTODO : A**

|  |                    |         |          |          |          |              |
|--|--------------------|---------|----------|----------|----------|--------------|
| Peso suelo + molde                         | gr                 | 9970.00 | 10264.00 | 10495.00 | 10336.00 |              |
| Peso molde                                 | gr                 | 6693.00 | 6693.00  | 6693.00  | 6693.00  |              |
| Peso suelo húmedo compactado               | gr                 | 3277.00 | 3571.00  | 3802.00  | 3643.00  |              |
| Volumen del molde                          | cm <sup>3</sup>    | 2170.00 | 2170.00  | 2170.00  | 2170.00  |              |
| Peso volumétrico húmedo                    | gr                 | 1.510   | 1.646    | 1.752    | 1.679    |              |
| Recipiente N°                              |                    |         |          |          |          |              |
| Peso del suelo húmedo+tara                 | gr                 | 681.60  | 673.40   | 713.80   | 755.70   |              |
| Peso del suelo seco + tara                 | gr                 | 578.10  | 560.60   | 587.60   | 618.20   |              |
| Tara                                       | gr                 | 256.60  | 242.00   | 259.00   | 287.60   |              |
| Peso de agua                               | gr                 | 103.50  | 112.80   | 126.20   | 137.50   |              |
| Peso del suelo seco                        | gr                 | 321.50  | 318.60   | 328.60   | 330.60   |              |
| Contenido de agua                          | %                  | 32.19   | 35.10    | 37.31    | 41.59    |              |
| Peso volumétrico seco                      | gr/cm <sup>3</sup> | 1.342   | 1.515    | 1.536    | 1.486    |              |
| <i>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</i> |                    |         |          |          |          | <b>1.540</b> |
| <i>Humedad óptima (%)</i>                  |                    |         |          |          |          | <b>36.40</b> |



CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

*Jeb*  
 JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254076  
 JEFE DE LABORATORIO

Av. Gerardo Unger N°193, Oficina 212, Galería Pitágoras-2do piso, frente a la UNI  
 Telef: 979384783 Correo: juan-engineer@hotmail.com CONSTRUCTORA Y  
 LABORATORIO JAR S.A.C. R.U.C. N° 20603654766



SOLICITANTE : Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

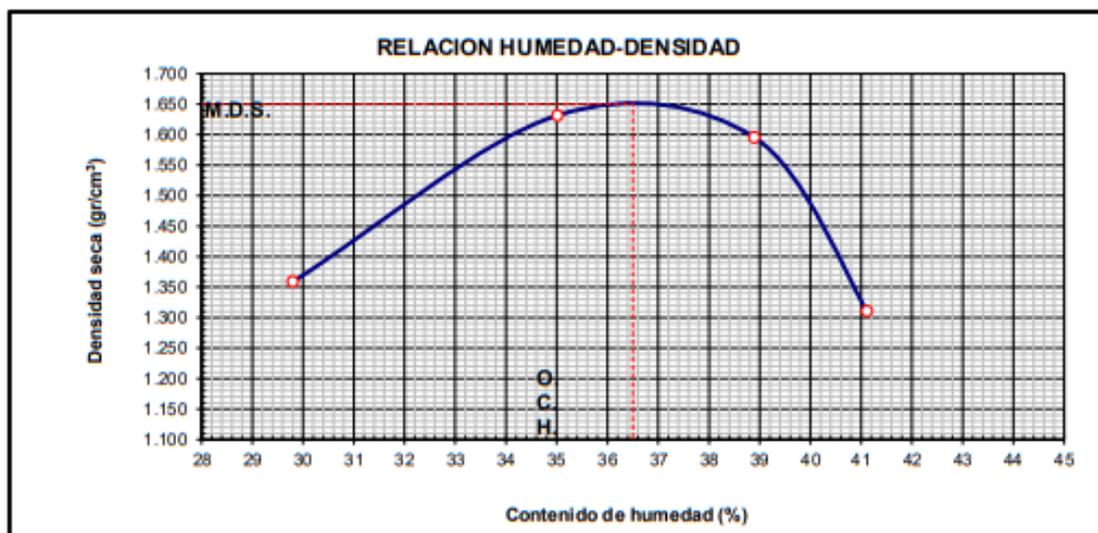
Rev. N°: 01

## ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO - TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |
| <b>ASUNTO</b>      | ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO   |
| <b>MUESTRA</b>     | M-02, SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE ESCORIA DE 0.9KG/M2   |

**MÉTODO : A**

|  |                    |          |          |          |          |              |
|--|--------------------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| Peso suelo + molde                         | gr                 | 10158.00 | 10462.00 | 10395.00 | 10239.00 |              |
| Peso molde                                 | gr                 | 6693.00  | 6693.00  | 6693.00  | 6693.00  |              |
| Peso suelo húmedo compactado               | gr                 | 3465.00  | 3769.00  | 3702.00  | 3546.00  |              |
| Volumen del molde                          | cm <sup>3</sup>    | 2170.00  | 2170.00  | 2170.00  | 2170.00  |              |
| Peso volumétrico húmedo                    | gr                 | 1.597    | 1.737    | 1.706    | 1.634    |              |
| Recipiente N°                              |                    |          |          |          |          |              |
| Peso del suelo húmedo+tara                 | gr                 | 709.40   | 681.40   | 730.40   | 776.90   |              |
| Peso del suelo seco + tara                 | gr                 | 585.20   | 553.60   | 586.60   | 620.20   |              |
| Tara                                       | gr                 | 256.60   | 242.00   | 259.00   | 287.60   |              |
| Peso de agua                               | gr                 | 124.20   | 127.80   | 143.80   | 156.70   |              |
| Peso del suelo seco                        | gr                 | 328.60   | 311.60   | 327.60   | 332.60   |              |
| Contenido de agua                          | %                  | 29.80    | 35.01    | 38.89    | 41.11    |              |
| Peso volumétrico seco                      | gr/cm <sup>3</sup> | 1.359    | 1.632    | 1.596    | 1.311    |              |
| <i>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</i> |                    |          |          |          |          | <b>1.650</b> |
| <i>Humedad óptima (%)</i>                  |                    |          |          |          |          | <b>36.50</b> |



CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

  
 JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254076  
 JEFE DE LABORATORIO



SOLICITANTE: Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

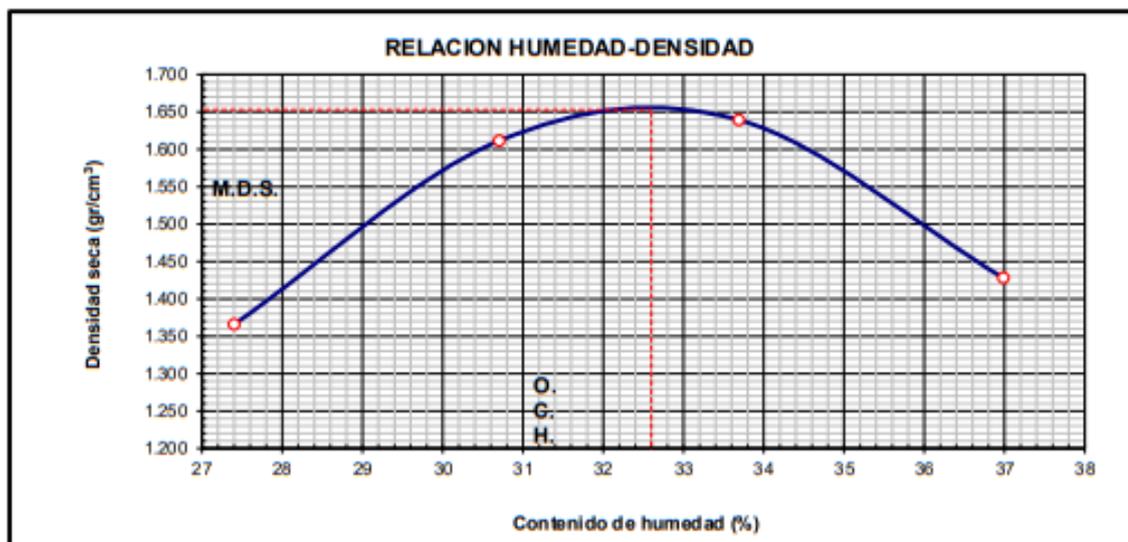
Rev. N°: 01

## ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO - TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |
| <b>ASUNTO</b>      | ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO   |
| <b>MUESTRA</b>     | M-03, SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE ESCORIA DE 1.1KG/M2   |

**MÉTODO : A**

|  |                    |          |          |          |          |              |
|--|--------------------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| Peso suelo + molde                         | gr                 | 10193.00 | 10469.00 | 10462.00 | 10343.00 |              |
| Peso molde                                 | gr                 | 6693.00  | 6693.00  | 6693.00  | 6693.00  |              |
| Peso suelo húmedo compactado               | gr                 | 3500.00  | 3776.00  | 3769.00  | 3650.00  |              |
| Volumen del molde                          | cm <sup>3</sup>    | 2170.00  | 2170.00  | 2170.00  | 2170.00  |              |
| Peso volumétrico húmedo                    | gr                 | 1.613    | 1.740    | 1.737    | 1.682    |              |
| Recipiente N°                              |                    |          |          |          |          |              |
| Peso del suelo húmedo+tara                 | gr                 | 684.10   | 702.70   | 682.40   | 579.30   |              |
| Peso del suelo seco + tara                 | gr                 | 586.00   | 598.00   | 582.00   | 475.00   |              |
| Tara                                       | gr                 | 228.00   | 257.00   | 284.00   | 193.00   |              |
| Peso de agua                               | gr                 | 98.10    | 104.70   | 100.40   | 104.30   |              |
| Peso del suelo seco                        | gr                 | 358.00   | 341.00   | 298.00   | 282.00   |              |
| Contenido de agua                          | %                  | 27.40    | 30.70    | 33.69    | 36.99    |              |
| Peso volumétrico seco                      | gr/cm <sup>3</sup> | 1.366    | 1.611    | 1.639    | 1.428    |              |
| <b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b> |                    |          |          |          |          | <b>1.653</b> |
| <b>Humedad óptima (%)</b>                  |                    |          |          |          |          | <b>32.60</b> |



CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

  
 JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254076  
 JEFE DE LABORATORIO

Av. Gerardo Unger N°193, Oficina 212, Galería Pitágoras-2do piso, frente a la UNI  
 Telef: 979384783 Correo: juan-engineer@hotmail.com CONSTRUCTORA Y  
 LABORATORIO JAR S.A.C. R.U.C. N° 20603654766



SOLICITANTE: Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

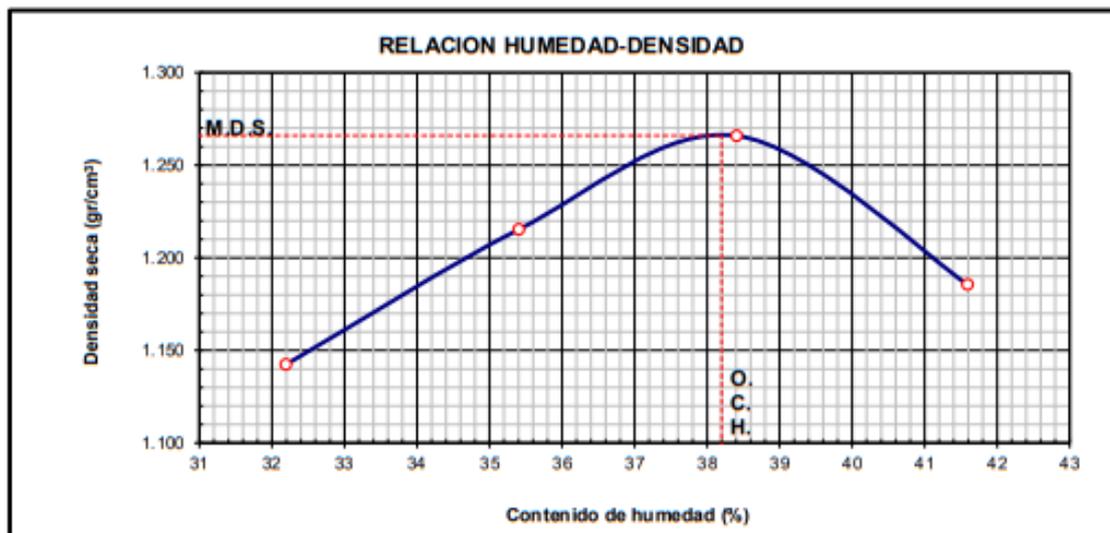
Rev. N°: 01

## ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO - TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |
| <b>ASUNTO</b>      | ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO   |
| <b>MUESTRA</b>     | M-04, SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE ESCORIA DE 1.3KG/M2   |

MÉTODO : A

|                              |                    |         |          |          |                                       |       |
|------------------------------|--------------------|---------|----------|----------|---------------------------------------|-------|
| Peso suelo + molde           | gr                 | 9970.00 | 10264.00 | 10495.00 | 10336.00                              |       |
| Peso molde                   | gr                 | 6693.00 | 6693.00  | 6693.00  | 6693.00                               |       |
| Peso suelo húmedo compactado | gr                 | 3277.00 | 3571.00  | 3802.00  | 3643.00                               |       |
| Volumen del molde            | cm <sup>3</sup>    | 2170.00 | 2170.00  | 2170.00  | 2170.00                               |       |
| Peso volumétrico húmedo      | gr                 | 1.510   | 1.646    | 1.752    | 1.679                                 |       |
| Recipiente N°                |                    |         |          |          |                                       |       |
| Peso del suelo húmedo+tara   | gr                 | 681.60  | 673.40   | 713.80   | 755.70                                |       |
| Peso del suelo seco + tara   | gr                 | 578.10  | 560.60   | 587.60   | 618.20                                |       |
| Tara                         | gr                 | 256.60  | 242.00   | 259.00   | 287.60                                |       |
| Peso de agua                 | gr                 | 103.50  | 112.80   | 126.20   | 137.50                                |       |
| Peso del suelo seco          | gr                 | 321.50  | 318.60   | 328.60   | 330.60                                |       |
| Contenido de agua            | %                  | 32.19   | 35.40    | 38.41    | 41.59                                 |       |
| Peso volumétrico seco        | gr/cm <sup>3</sup> | 1.142   | 1.215    | 1.266    | 1.186                                 |       |
|                              |                    |         |          |          | Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.266 |
|                              |                    |         |          |          | Humedad óptima (%)                    | 38.20 |



CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

  
 JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254076  
 JEFE DE LABORATORIO

Av. Gerardo Unger N°193, Oficina 212, Galería Pitágoras-2do piso, frente a la UNI  
 Telef: 979384783 Correo: juan-engineer@hotmail.com CONSTRUCTORA Y  
 LABORATORIO JAR S.A.C. R.U.C. N° 20603654766



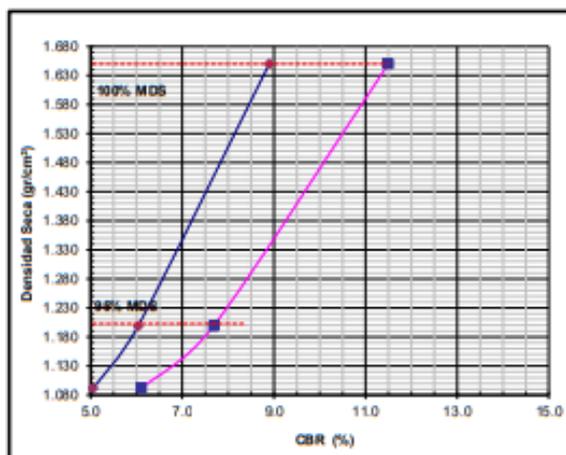
SOLICITANTE: Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Rev. N°: 01

## ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) ASTM D 1883

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |



C-01/E-01, DF= 0.00 - 1.00 SUELO NATURAL

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>) : 1.540  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 36.40

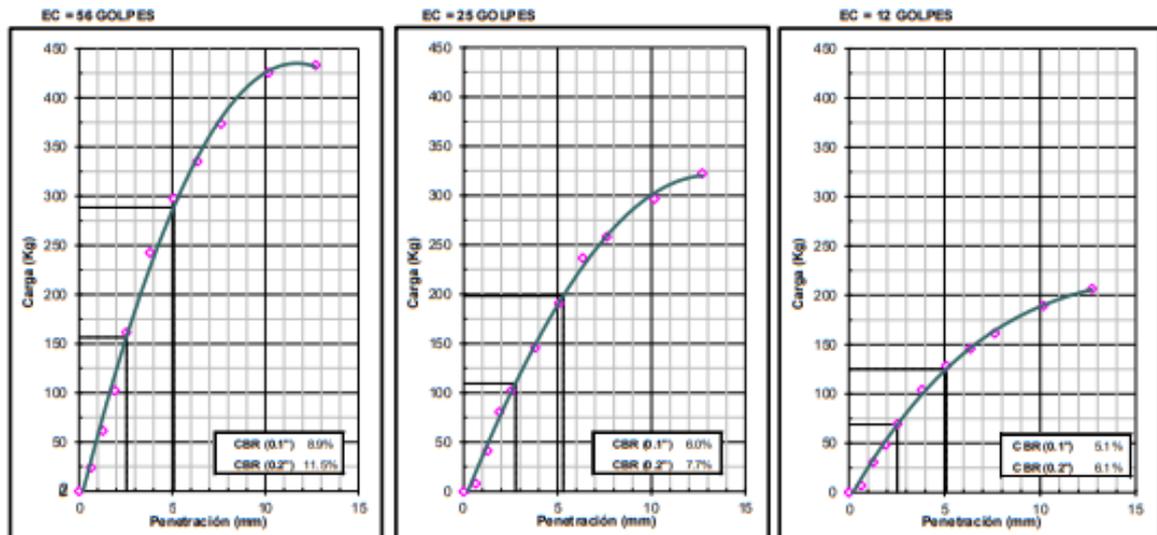
|                              |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1": 8.9 | 0.2": 11.5 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)  | 0.1": 6.3 | 0.2": 8.4  |

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 11.5 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 8.4 (%)

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

*JDR*  
 JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254076  
 JEFE DE LABORATORIO





SOLICITANTE: Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

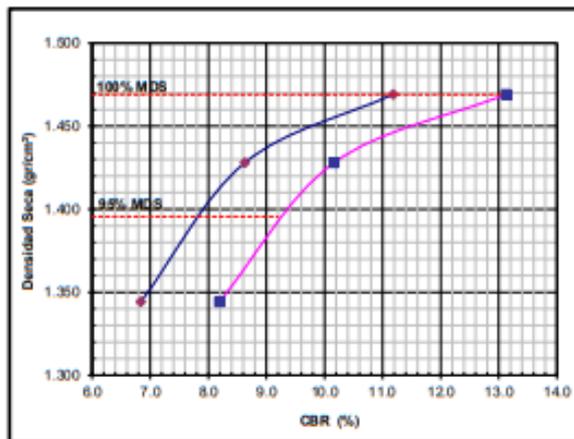
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Rev. N°: 01

## ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) ASTM D 1883

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |

M-02, SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE ESCORIA DE 0.9 KG/M<sup>2</sup>



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>) : 1.650  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 36.5

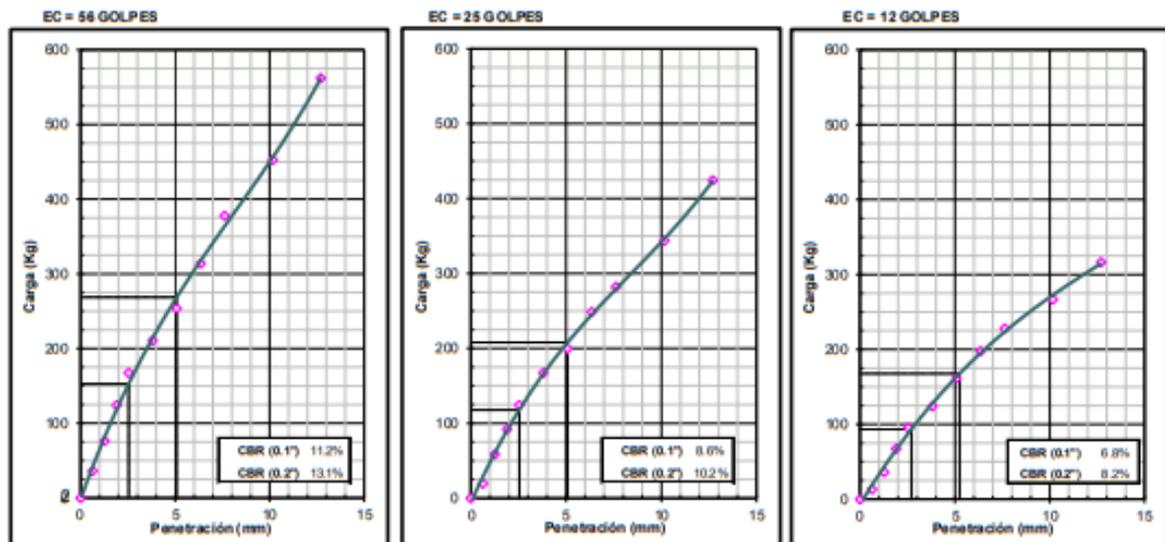
|                              |       |      |       |      |
|------------------------------|-------|------|-------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1": | 11.2 | 0.2": | 13.1 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)  | 0.1": | 7.4  | 0.2": | 9.2  |

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 13.1 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 9.2 (%)

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP, 254076  
 JEFE DE LABORATORIO





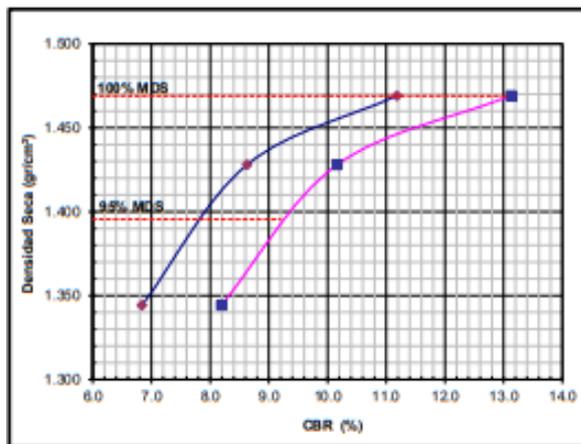
SOLICITANTE: Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Rev. N°: 01

## ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) ASTM D 1883

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |



M-02, SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE ESCORIA DE 0.9 KG/M2

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>) : 1.650  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 36.5

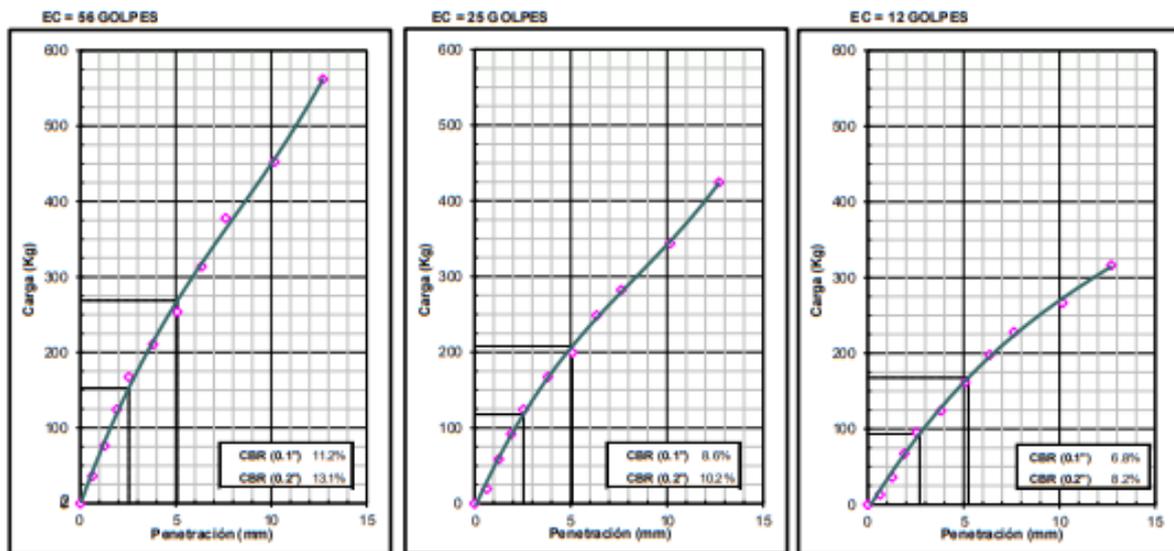
|                              |            |            |
|------------------------------|------------|------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1": 11.2 | 0.2": 13.1 |
| C.B.R. al 99% de M.D.S. (%)  | 0.1": 7.4  | 0.2": 9.2  |

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 13.1 (%)  
 Valor de C.B.R. al 99% de la M.D.S. = 9.2 (%)

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254076  
 JEFE DE LABORATORIO



Av. Gerardo Unger N°193, Oficina 212, Galeria Pitagoras-2do piso, frente a la UNI  
 Telef: 979384783 Correo: juan-engineer@hotmail.com CONSTRUCTORA Y  
 LABORATORIO JAR S.A.C. R.U.C. N° 20603654766



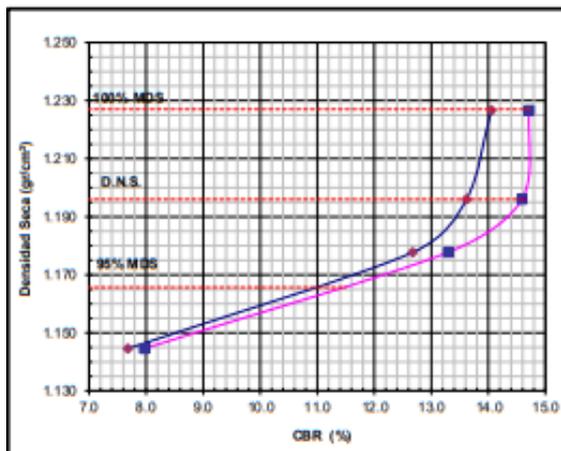
SOLICITANTE: Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Rev. N°: 01

## ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) ASTM D 1883

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | RELACIÓN DE LA ESCORIA DE COBRE EN LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA TRAMO SANTO ROSARIO |
| <b>SOLICITANTE</b> | Bach. TRUJILLO GOMEZ CRISTINA  |
| <b>UBICACIÓN</b>   | TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC, PROVINCIA DE PASCO   |
| <b>FECHA</b>       | JUNIO DEL 2022   |



M-03, SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE ESCORIA DE 1.1 KG/M2

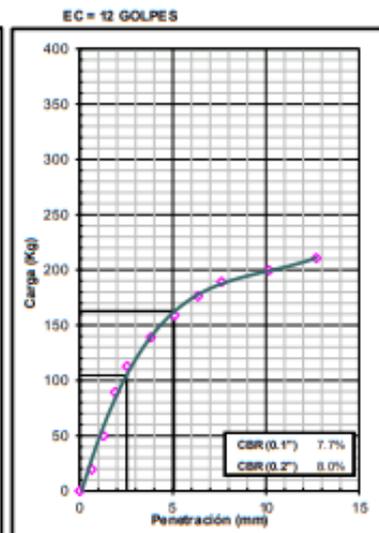
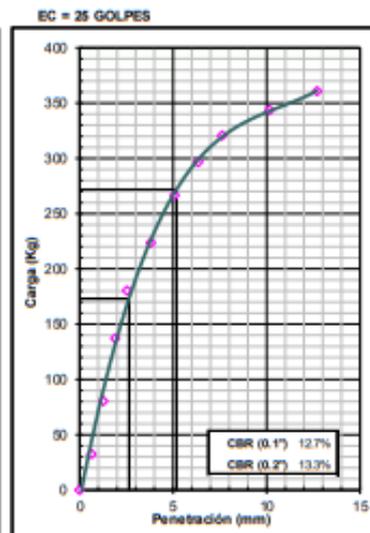
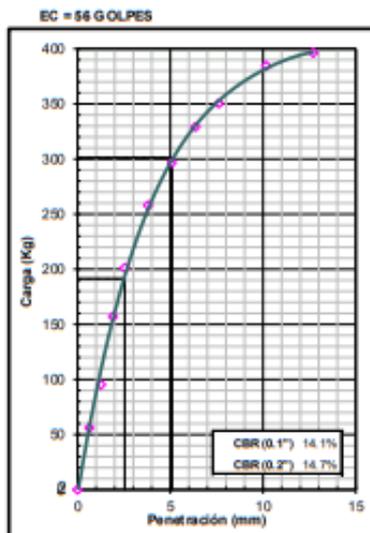
METODO DE COMPACTACION : ASTM D 1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>) : 1.653  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 32.6

|                              |            |            |
|------------------------------|------------|------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1": 14.1 | 0.2": 14.7 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)  | 0.1": 11.0 | 0.2": 11.5 |

**RESULTADOS:**  
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 14.7 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 11.5 (%)

CONSTRUCTORA Y LABORATORIO JAR S.A.C.

JUAN DANIEL VALLE ROJAS  
 ING. CIVIL CIP. 254076  
 JEFE DE LABORATORIO



**Anexo N° 03: panel fotográfico.**

**FOTO 01**

TRAMO SANTO ROSARIO – TACTAYOC



**FOTO 02**

EXCAVACION DE CALICATA C-1 PARA TOMA DE MUESTRA



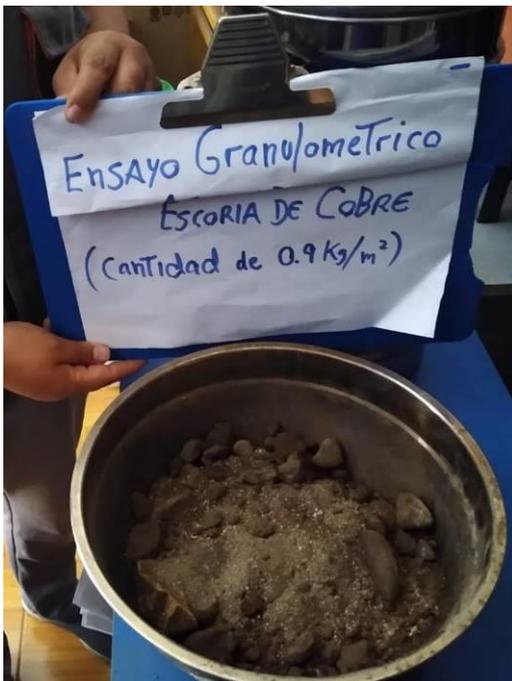
FOTO 03 Y 04

ENSAYO GRANULALOMETRICO DEL AFIRMADO



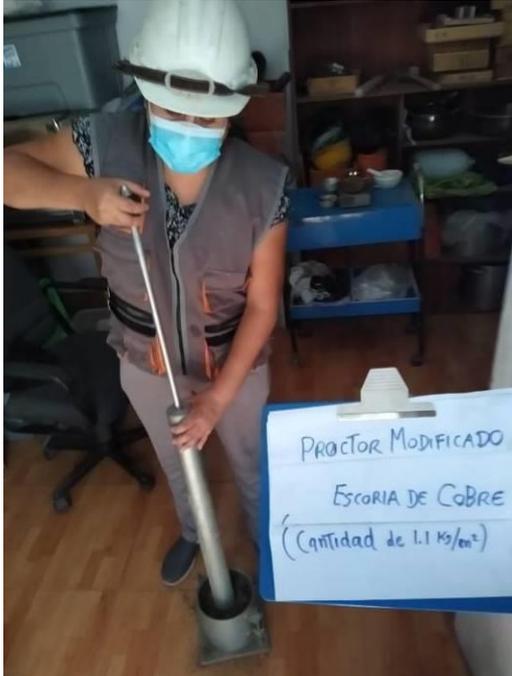
FOTO 05 Y 06

ENSAYO GRANULALOMETRICO DE ESCORIA DE COBRE



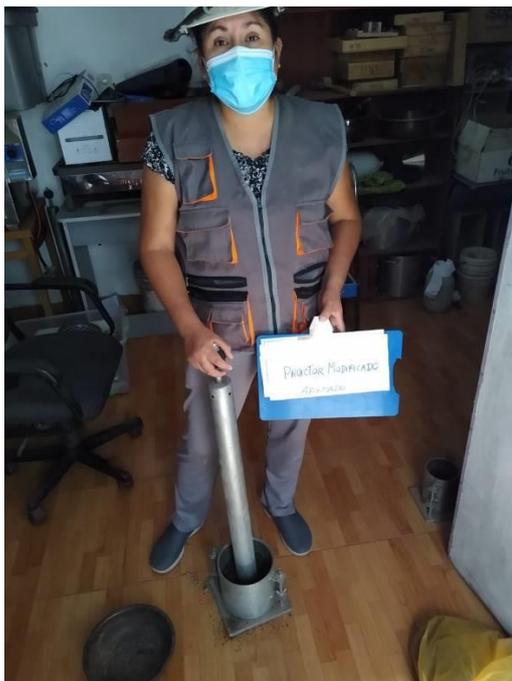
**FOTO 07 Y 08**

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO – ESCORIA DE COBRE**



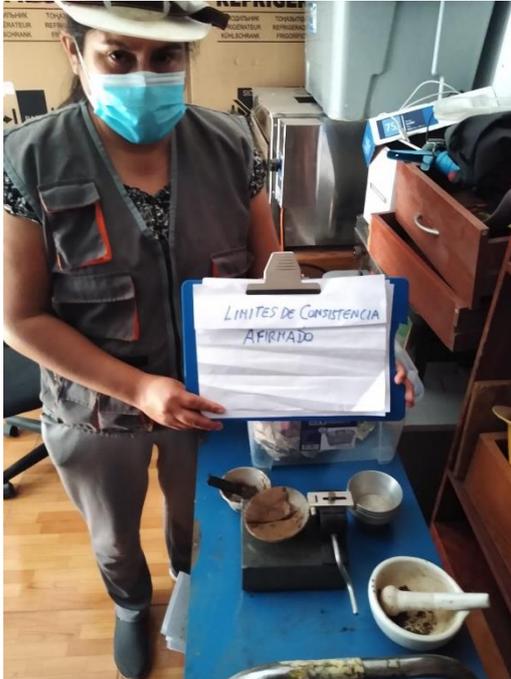
**FOTO 09 Y 10**

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DE AFIRMADO Y TERRENO NATURAL**



**FOTO 10 Y 11**

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA - AFIRMADO**



**FOTO 12 Y 13**

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA – TERRENO NATURAL**



FOTO 14 Y 15

ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA – ESCORIA DE OBRA

