



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Diseño Asfáltico en Frio Aplicando Polietileno de Baja Densidad  
entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, Distrito de Coporaque,  
Espinar, Cusco - 2021.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Laguna Condori, Rufo (ORCID: 0000-0001-6815-3036)

**ASESOR:**

Mg. Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo (ORCID: 0000-0001-8850-8463)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial.

LIMA-PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

Es un gran orgullo dedicar este trabajo de investigación a mis queridos padres Máximo y Elena, por haberme motivado y apoyado incondicionalmente a seguir adelante.

A Candy Roxana, es para mí una gran satisfacción ser parte de su vida y poder superarme en este proceso de mi carrera universitaria.

**RUFO LAGUNA CONDORI**

## **Agradecimiento**

Agradezco a dios por protegerme y darme fuerzas, por guiarme durante todo este camino para poder alcanzar una de mis metas. A mi familia y en especial a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños gracias a ellos por confiar y creer en mí, gracias por estar presente en esta etapa tan importante de mi vida por cada momento durante todos estos años.

**RUFO LAGUNA CONDORI**

## Índice de contenidos

|  |           |
|--|-----------|
| Agradecimiento .....   | iii       |
| Índice de contenidos.....  | iv        |
| Índice de tablas .....   | v         |
| Resumen .....  | vii       |
| I. INTRODUCCIÓN.....   | 1         |
| II. MARCO TEÓRICO.....   | 8         |
| III. METODOLOGÍA.....  | 20        |
| <b>3.1 Diseño de investigación .....</b>   | <b>21</b> |
| <b>3.2 Variables, operacionalización .....</b>   | <b>22</b> |
| <b>3.3 Población y muestra .....</b>   | <b>22</b> |
| <b>3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y<br/>    confiabilidad.....</b> | <b>23</b> |
| <b>3.5 Procedimientos .....</b>  | <b>24</b> |
| <b>3.6 Métodos de análisis de datos.....</b>   | <b>24</b> |
| <b>3.7 Aspectos éticos.....</b>  | <b>25</b> |
| IV. RESULTADOS .....   | 26        |
| V. DISCUSIÓN .....   | 61        |
| VI. CONCLUSIONES.....  | 65        |
| VII. RECOMENDACIONES .....   | 67        |
| VIII. REFERENCIAS.....   | 69        |
| IX. ANEXOS .....   | 73        |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1</b> Propiedades Físicas del RC-250.....   | 15 |
| <b>Tabla 2</b> Código SPI de los Plásticos Reciclables.....  | 16 |
| <b>Tabla 3</b> Propiedades Físicos y Mecánicos del Pellet (Polietileno de Baja Densidad) .....   | 17 |
| <b>Tabla 4</b> Gradación para Mezclas Abiertas en Frío .....   | 28 |
| <b>Tabla 5</b> Determinación Granulométrica -Agregado Fino.....  | 30 |
| <b>Tabla 6</b> Determinación Granulométrica – Agregado Grueso.....   | 32 |
| <b>Tabla 7</b> Contenido de Humedad .....  | 34 |
| <b>Tabla 8</b> Peso Unitario Suelto .....  | 34 |
| <b>Tabla 9</b> Peso Unitario Compactado .....  | 35 |
| <b>Tabla 10</b> Porcentajes de Absorción .....   | 35 |
| <b>Tabla 11</b> Peso Específico .....  | 35 |
| <b>Tabla 12</b> Equivalente Arena.....   | 36 |
| <b>Tabla 13</b> Abrasión de los Ángeles y Uniformidad.....   | 37 |
| <b>Tabla 14</b> Granulometría de Mezcla de Agregados .....   | 38 |
| <b>Tabla 15</b> Resultados de la Cantidad de Asfalto .....   | 40 |
| <b>Tabla 16</b> Dosificación de Diseño de Mezcla Asfáltica en Frío .....   | 40 |
| <b>Tabla 17</b> Resultados de Ensayo de Estabilidad y Flujo.....   | 41 |
| <b>Tabla 18</b> Periodo de Análisis .....  | 47 |
| <b>Tabla 19</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril para Determinar el Tránsito en el Carril de Diseño.....   | 47 |
| <b>Tabla 20</b> Tipos de Vehículos .....   | 48 |
| <b>Tabla 21</b> <i>Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE)</i> .....  | 48 |
| <b>Tabla 22</b> Clasificación de Suelos por Calicata .....   | 49 |
| <b>Tabla 23</b> Ensayo del CBR.....  | 49 |
| <b>Tabla 24</b> Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una Sola Etapa de Diseño (10 o 20 años) Según Rango de Tráfico.....  | 51 |
| <b>Tabla 25</b> Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (ZR) Para una Sola Etapa de Diseño (10 o 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad Seleccionado y el Rango de Tráfico..... | 53 |
| <b>Tabla 26</b> Índice de Serviabilidad Final (pt). .....  | 54 |
| <b>Tabla 27</b> Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento .....  | 58 |
| <b>Tabla 28</b> Tiempo que Tarda el Agua en ser Evacuada .....   | 59 |
| <b>Tabla 29</b> Tiempo en el que el Pavimento está Expuesto a Niveles de Humedad Próximos a la Saturación .....  | 59 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> <i>Tipos de superficies de rodadura de pavimentos flexibles</i> ..... | 11 |
| <b>Figura 2</b> Curva Granulométrica de Agregado Fino. ....                           | 31 |
| <b>Figura 3</b> Curva Granulométrica de Grava.....                                    | 33 |
| <b>Figura 4</b> Gráfico de Combinación de Agregados .....                             | 37 |
| <b>Figura 5.</b> Curva Granulométrica de la Mezcla de Agregados.....                  | 39 |
| <b>Figura 6</b> Estabilidad KG .....  | 42 |
| <b>Figura 7</b> Flujo MM .....  | 43 |
| <b>Figura 8</b> Porcentaje de vacíos de aire. ....                                    | 44 |
| <b>Figura 9</b> Porcentaje de V. LL.R.C. 250 .....                                    | 45 |
| <b>Figura 10</b> Factor de Rigidez .....  | 46 |

## Resumen

La presente investigación titulada “Diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad entre la Carretera Tarucuyo- Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco -2021.”, fue realizada con el fin de diseñar la carpeta asfáltica, para analizar y determinar como el polietileno de baja densidad (pellet) se comporta en el diseño de pavimento flexible.

La metodología es de enfoque cuantitativo de tipo aplicada a nivel correlacional de diseño experimental; se realizaron distintas pruebas con diversos porcentajes de polietileno de baja densidad (pellet) para así obtener el grado oportuno que influyere de forma propia al asfalto en resistencia con el propósito de garantizar la carpeta de asfalto apta para este estudio que conlleva a la realización del diseño del pavimento flexible.

Por consiguiente, con tal análisis se llegó a determinar que, con el empleo del asfalto en frío con polietileno de baja densidad PEBD ( Pellet) al 1% se logra definir nuestros objetivos planteados teniendo así una adecuada estabilidad y flujo Marshall respecto a nuestra muestra patrón con las características físicas y mecánicas de nuestros agregados pétreos contaríamos con un pavimento típico más resistente capaz de soportar cargas superiores a los que pueda proporcionar un pavimento en condiciones convencionales.

**Palabras clave:** polietileno, estabilidad, flujo, pellet, diseño

## Abstract

The present research entitled "Asphalt design in cold applying low density polyethylene between the Tarucuyo-Tahuapalcca road, Coporaque district, Espinar, Cusco -2021.", was made in order to design the asphalt folder, to analyze and determine how low-density polyethylene (pellet) behaves in the design of flexible pavement.

The methodology is of quantitative approach of type applied at the correlational level of experimental design; different tests were performed with different percentages of low-density polyethylene (pellet) in order to obtain the appropriate degree that influences the asphalt in resistance in order to guarantee the asphalt folder suitable for this study that leads to the realization of the flexible pavement design.

Therefore, with such an analysis it was determined that, with the use of cold asphalt with low-density polyethylene PEBD (Pellet) at 1% it is possible to define our objectives thus having an adequate stability and Marshall flow with respect to our standard sample with the physical and mechanical characteristics of our stone aggregates we would have a more resistant typical pavement capable of withstanding loads higher than those that can provide a pavement in conventional conditions.

**Keywords:** polyethylene, stability, flow, pellet, design.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El desarrollo de la infraestructura vial es esencial en la sociedad y en su economía en un medio geográfico, además son medios principales de comunicación y la transacción de los servicios y bienes entre dos localidades. El deterioro de las vías de comunicación provocaría un problema principal en el desarrollo de una localidad. A nivel mundial las infraestructuras viales son de prioridad y están más desarrolladas que en nuestro medio, estos países realizan investigaciones de innovación y a la vez el comportamiento que puede el pavimento a las cargas de soporte y a los agentes ambientales, poniendo en práctica las nuevas investigaciones que permiten el desarrollo y mejoramiento en los pavimentos, teniendo la infraestructura vial a las necesidades de una localidad. Por ello se han intensificado investigaciones de las mezclas asfálticas modificadas para las propiedades mecánicas y físicas las que logren solucionar los problemas que presentan las vías en la actualidad.

Durante el 2019 se ha mejorado y rehabilitado 95 kilómetros (Km) de la red vial no concesionada, reduciéndose considerablemente a comparación de los años 2017 y 2018, que construyeron, rehabilitaron y mejoraron 215 Km y 155 Km respectivamente. Se realizó como mantenimiento 19,399 Km de un total de 21,280 Km. (García, 2020), Esto demuestra que aun en temas de infraestructura vial nos encontramos en el subdesarrollo, a causa de ello nuestras vías de comunicación no han sido pavimentadas por completo, de la misma manera no se está realizando el mantenimiento correcto en el debido tiempo, exponiendo a riesgos altos al ser transitadas por estas vías.

Otro de los aspectos tomados en cuenta en esta investigación es la contaminación ambiental que causa el residuo sólido como el polietileno de baja densidad (PEBD), aun no hay manejo responsable en estos residuos, por ende, va creando la contaminación ambiental que afecta en la actualidad a nuestro país.

En nuestro país la aplicación de las mezclas asfálticas en frío es relativamente escasa, pues el factor climático hace que se requiera de pavimentos de características especiales para atender los requisitos de cada localidad, otro de los factores son la desconfianza que tiene los especialistas en mezclas y diseño de asfaltos con aplicación en frío, la cual crea una deficiencia para trabajar con asfalto de aplicación en frío por que aparenta ser riguroso por ende más trabajoso de acuerdo a la normativa para asfaltos en frío.

Esta investigación estuvo encaminada en diseñar la mezcla asfáltica con aplicación en frío y agregados con polietileno de baja densidad (Pellet) con la finalidad de obtener un producto para la pavimentación de las vías y lograr un diseño de mezcla óptimo, generando beneficios al influir efectivamente en la carpeta asfáltica obteniéndose mejores propiedades del asfáltico en las vías, así también se propone un manejo adecuado de la economía circular de los residuos sólidos que representan los polietilenos de baja densidad (PEBD), ya que son preocupantes por el creciente factor de contaminación.

(Ramos & Muñiz, 2013), muestra que “la mezcla asfáltica en frío está compuesta de asfalto diluido y agregados pétreos, que son tratados a la temperatura del medio ambiente sin necesidad de calentarlos”, asimismo “Los costos de producción de asfaltos en frío son menores por los gastos energéticos que produce un asfalto en caliente y no ocasionan contaminación después de ser colocados además de ello tiene la aceptación es a nivel internacional, porque son amigables con el medio ambiente”.

(Reyes, 2014), Llegó a concluir que: Mediante el ensayo de desgaste de los ángeles a temperaturas variables se adoptó como guía en directo la adhesión en las mezclas asfálticas aplicados en frío el cual es efectuado satisfactoriamente en su caracterización de las mezclas asfálticas aplicados en frío.

De acuerdo a esta realización de experimento su utilización rápida y simple admite tener diferencia del efecto que causa la temperatura en la prueba, el reemplazo de llenante natural por cemento y la granulometría de los agregados se sugirió para desarrollar la investigación en lo futuro para poder corroborar el uso potencial del diseño en mezcla en frío.

Según (Huertas & Cazar, 2014), Concluyó que: el material PET de tipo 1 es aceptable como componente de la mezcla asfáltica dando mayor valor de estabilidad y manteniendo una deformación similar y homogénea. Dentro de las características a considerar en los gránulos del PET tipo 1 es que debe poseer una dimensión mayor a los 3 mm de lo contrario no resistirían a la temperatura de mezcla ni a la compactación de las briquetas, tendría una deformación en exceso las fibras hasta perder la longitud de consistencia. Diversos estudios de investigación que se realizan para optimizar las propiedades físico- mecánicas de

la mezcla asfáltica, añadiendo a su estructura polímeros y/o los materiales de reciclaje que mejoren la capacidad de durabilidad y resistencia, a la vez sean amigables con el medio ambiente. Los pavimentos adicionados con gránulos de plástico reciclado soportan mayores deformaciones sin fisurarse que los pavimentos convencionales y son más económicos. Los pavimentos suelen presentar inconvenientes generados por la variabilidad de las temperaturas, precipitaciones pluviales, erosión, corrientes de agua, la capacidad portante del suelo y la creciente demanda del tráfico que soportan la infraestructura vial.

Según las investigaciones se ha diseñado soluciones para que mejore el comportamiento del asfalto; y cumpla con las funciones básicas de diseño, además mitigue el impacto ambiental integrando en su composición los materiales reciclados, como el caucho, cueros, plásticos, escoria, (Clavito R, 2014, pág. 5).

(ELSAYED, 2015) Nos muestra que el asfalto modificado con nano reactivos y plástico mediante el estudio de sus propiedades mecánicas mejoran en las mezclas asfálticas hasta en un promedio del 15% las cuales tienen una influencia positiva por los polímeros nano reactivos (PANI-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y el polietileno de baja densidad o (PEBD) que han sido adicionados.

(BANSAL, KUMAR, & BAJPAI, 2017). En su investigación de tomo como objetivo: la evaluación del diseño de mezcla de asfaltos bituminoso modificada por materiales de reciclaje como el caucho y plástico. estas mezclas asfálticas modificadas con caucho y el plástico han incrementado el 20% en la resistencia a la deformación y su durabilidad.

La investigación en nuestro País estuvo enmarcada por (Chilcon & Ramirez, 2017), Concluyó que: Para el diseño de mezclas asfálticas aplicados en frio, el procedimiento que dio resultados más adecuado fue método de área superficial equivalente, nos estima el valor porcentual de la cantidad de asfalto y las relativas dosificaciones de agregados gruesos y finos los que serán utilizados en el diseño de asfalto en frio. La dosificación optima de asfalto para este diseño con emulsión asfáltica fue de 9.78% para un tráfico de tránsito medio y pesado, teniendo los parámetros de rango mínimo de consistencia de fluencia. Así mismo es reducido el costo unitario de metro cubico de la mezcla asfaltico en frio acumulados en bolsas de polietileno con los costos que son acumulados en baldes de plástico.

(Ramirez & Tananta, 2018). en su trabajo de tesis, Concluyó que: Mediante estudios geotécnicos y ensayos de laboratorio el pavimento tiene un CBR de diseño de 9.67% con las cuales su estructura está constituida de 4 capas incluido el terreno natural o subrasante, sub base granular de 15 cm, base granulas de 15 cm. Y la carpeta modificada de 5cm.

(Castro, 2018). Según su tesis de asfaltos aplicados en frio recicladas al 100% con residuos sólidos, tuvo como objetivo investigar cuan influente son las propiedades dinámicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en frio 100% reciclado adicionando caucho reciclado de llantas y calamina. Donde indica que para el 0.25% de caucho aumenta mejora en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, por ende, se obtiene comportamiento optimo a la carga permanente a diferencia de la mezcla asfáltica convencional. Mientras que en el análisis de asfalto adicionando calamina no hubo diferencia que el asfalto convencional. Para la adición de 0.75% el análisis de las propiedades mecánicas en asfaltos en caliente con plástico peletizado LDPE-2019. (Delgado Reyes cecilio Nicanor, Solano Paredes Silver Jhonatan, 2019) rigidez de Marshall se ha incrementado considerablemente en 4% en mezcla modificada, con la adición del 6% de plástico en forma de pellet LDPE en comparación de la mezcla patrón de asfalto, prevendría las fallas de ahuellamiento o cualquier deformación permanente, en la mezcla asfáltica.

(Silvestre, 2017). En su trabajo de investigación, culmino en las siguientes conclusiones:

En sus resultados de ensayos de diseño Marshall, la deformación de carga mejora la resistencia en 3.11% con la aplicación de plástico reciclado esto implica mayor soporte que carga que al diseño de mezcla convencional.

(Vizcarra, 2020). En su tesis titulada: Evaluación de un modelo mejorado de capa asfáltica mediante el uso de plástico reciclado en Arequipa 2020 (tesis posgrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, indico las siguientes conclusiones: Según los resultados obtenidos el 2% de la mezcla asfáltica pertenece al PET el cual mejora la resistencia a la deformación y reduce la susceptibilidad térmica, este indicador nos muestra que mejora la carpeta de rodadura, la resistencia a la variación de temperaturas bajas y altas; asimismo reduce la degradación y desgaste. Otra ventaja del asfalto liquido RC 250 al

agregarse el polietileno (PET) tiene la estabilidad térmica y oxidativa, la que reduce a formar hidrocarburos oxidados, los que causan el deterioro de la carpeta asfáltica, además de ello retribuyen a mejorar el medio ambiente porque al adicionar un residuo sólido que es desechado en el medio ambiente sin ser tratado.

La formulación de la realidad problemática fue basada en el siguiente problema general: ¿Cómo es el diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021?

Como problemas específicos:

PE1: ¿Cómo es la resistencia del diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021?

PE2: ¿Cómo es el porcentaje de vacíos en el diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021?

PE3: ¿Cuál es la dosificación óptima del polietileno de baja densidad (Pellet) en el diseño Asfáltico en frío entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021?

Nuestro objetivo general se planteó en Diseñar la carpeta Asfáltica en frío aplicando polietileno de baja densidad PEBD (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021.

Los objetivos específicos que se plantearon son los siguientes:

OE1: Analizar la resistencia del diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021.

OE2: Evaluar el porcentaje de vacíos en el diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021.

OE3: Determinar la dosificación óptima del polietileno de baja densidad (Pellet) en el diseño Asfáltico en frío entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021.

La hipótesis principal fue El diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad PEBD (Pellet) influye de manera positiva entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021. aportando mejoras en las características estructurales y físicas, también la mayor flexibilidad para el mejor funcionamiento del pavimento. Las hipótesis específicas fueron las siguientes: La resistencia mejora en el diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021.

El porcentaje de vacíos influye en el diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021.

La dosificación óptima del polietileno de baja densidad (Pellet) contribuye en el diseño Asfáltico en frío entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021.

## **II. MARCO TEÓRICO**

El pavimento tiene una estructura que está compuesto por capas de materiales pétreos que mejoran y están colocadas superpuestas, horizontalmente, que son diseñadas y se construyen de acuerdo a los grados de compactación requeridos según normas técnicas. (Coronado J. , 2002).

Los Pavimentos que tiene mayor uso en nuestro país son los rígidos y flexibles dentro de ellos nos enfocamos en los pavimentos flexibles en frio, estos están conformados de una carpeta de rodadura de asfalto o material bituminoso apoyados sobre dos capas de materias no rígidos, denominada base y sub base claro esta no necesariamente ya que dependerá de la capacidad portante de los materiales que podemos encontrar in-situ de préstamo. (Coronado J. , 2002).

La estructura principal de los pavimentos está compuesta por varias de capas distribuidas en la sub rasante, sub base, base y la carpeta de rodadura estas definiciones que a continuación se desarrollan se encuentran en el manual de diseño de pavimentos de Centro América. (Iturbide, 2002).

Es así que la subrasante es la capa donde está apoyada a la estructura del pavimento, se desempeña en la profundidad y evita que la carga permanente de diseño no afecte al tránsito en la vía que corresponde.

Esta capa puede desarrollarse tanto en relleno o corte y es compactada en las secciones transversales y detallados de acuerdo a la estructura de diseño los pendientes de esta capa.

La calidad de subrasante está relacionada con el grosor del pavimento, esta capa de la estructura supera los requerimientos de la resistencia, incompresibilidad, contracción y expansión por los efectos que causa la humedad.

El diseño del pavimento en su forma básica es ajustado a la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

Además de ello la sub base granular dentro de las funciones de esta capa es de transmitir, soportar y distribuir todas las cargas aplicadas uniformemente desde la superficie de la carpeta de rodadura hasta la subrasante del pavimento.

La capa sub base soporta las variaciones que afectan al suelo, tiene control sobre los cambios en el volumen y la elasticidad las cuales pueden dañar la estructura del pavimento.

Esta capa tiene la función de controlar y drenar la ascensión capilar del agua, protegiendo la estructura del pavimento, casi siempre el uso suele ser de agregado granular. El hinchamiento por acción de congelamiento del agua por bajas temperaturas es provocado por la capilaridad, por ende, la capa de subrasante y la sub base deben contar con buen drenaje para que no se pueda producir una falla en el pavimento. Es la capa que actúa de transmisión de material entre las capas de subrasante y la capa base.

La Capa Base está se ubica entre la sub base y la carpeta de rodadura su función es la de distribuir, transmitir de las cargas generadas por el tránsito, a las capas inferiores del pavimento; esta capa soporta a la capa de rodadura de acuerdo a las bases especificadas.

La capa base granular generalmente está constituido por piedra triturada de alta calidad, gravas con mezcla de material de relleno, en el estado natural.

La estabilidad está sujeto a la gradación de sus partículas, su densidad relativa, la forma en que se presenta, la cohesión y fricción interna, estas propiedades con llevan una relación de las cantidades de agregados pétreos.

La capa base estabilizada constituye parte de la estructura del pavimento que esta como enlace de las capas de sub base y la carpeta de rodadura, generalmente esta capa tiene materiales como piedra triturada de calidad, material de relleno, grava, suelo y arenas, estos materiales son combinados por estabilizadores, preparadas y construidas aplicando las normas técnicas en estabilización, estas propiedades mejoran la estabilidad y la resistencia, y poder construir una buena base como estructura del pavimento destinada.

Dentro de las funciones es de la distribución y de la transmisión de cargas que son originados por el tránsito, a la capa de sub base.

Como materiales estabilizantes tenemos emulsiones asfálticas, asfalto, cemento, enzimas y cal.

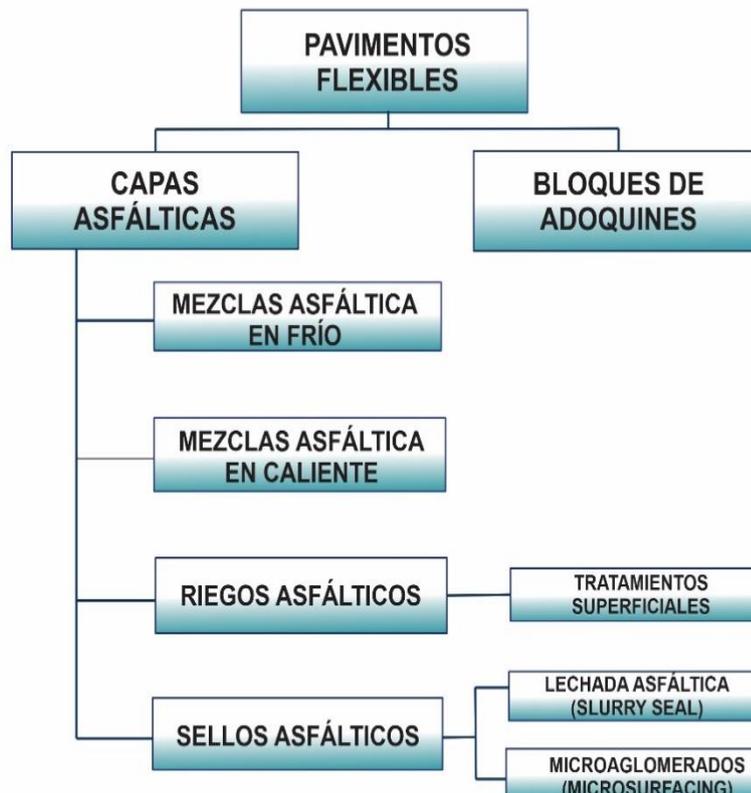
La carpeta de rodadura es la capa estructural más externa del pavimento el cual está sobre la capa de base. Dentro de las funciones es la protección de la estructura del pavimento, evitando que ingreso del agua de lluvia mediante filtración a las superficies inferiores; todo ello es posible porque esta capa impermeabiliza la superficie. Cabe señalar también que esta capa con la funcionalidad que posee evita el deterioro de las capas estructurales que causa al pavimento las cargas a las que son sometidos.

La capa de rodadura incrementa su capacidad de soporte de pavimento, porque es quien absorbe cargas, el incremento es notable para espesores mayores de 4 cm. y en los riegos superficiales el incremento es considerado nulo.

La distribución de pavimento flexible se encuentra ilustrada en la siguiente figura.

**Figura 1**

*Tipos de superficies de rodadura de pavimentos flexibles*



Fuente. (Coronado J. , 2002) Manual para Diseño de Pavimentos

Esta mezcla asfáltica aplicado en frío se obtiene de la combinación de los agregados finos y gruesos y asfalto rebajado o aglomerantes bituminosos son denominados mezcla asfáltica en frío, dentro de ellos tenemos las emulsiones asfálticas. Los agregados finos y gruesos que cumplen con las gradaciones especificados, los cuales son combinados con mediante procedimientos adecuados y controlados y no es necesario el calentamiento de los agregados ni el asfalto ya que este tipo de mezcla se realiza a la temperatura del ambiente. (Dash & Panda, 2019), dentro de las principales ventajas del asfalto en frío, podemos mencionar como la preparación, colocación y el costo que relativamente son más económicos porque los de agregados no son calentados de rellenos minerales y de emulsión de betunen que son usados a la temperatura en que se encuentre el medio ambiente.

Por lo anterior el autor quiere dar a conocer que la mezcla asfáltica aplicado en frío, los agregados no son calentados por ende reduce los daños que pueda causar medioambiente; ende tiene una ventaja en su preparación, fácil colocación y disminución en el costo por lo tanto mejora la económicamente al trabajar con este tipo de diseño asfaltico.

El asfalto: es un vocablo que proviene del término asphallo o asphatu, que se expresa como división, agrietarse. Luego los griegos lo emplearon un significado de algo seguro y estable. Ante ello se usó en la antigüedad como el cemento, para unir objetos (Abraham, 1916)

(Medina & De La Cruz, 2015) “según su tesis indica que el material resistente está constituido de la combinación de productos bituminosos, de color marrón o negro oscuro. La función en el pavimento es aportar la flexibilidad y su cohesión a una mezcla asfáltica”. Dicho de otro modo, el autor indica que el asfalto tiene origen tanto natural como también de destilación del petróleo, es utilizado en estructuras de pavimentos flexibles por la alta fluidez de vehículos, etc.; de acuerdo al análisis químico del cemento asfáltico, (Real Sociedad Española de Química, 2003), se afirmó: “Existen diversas combinaciones con los cementos asfálticos”. Dentro de ello cabe preciso mencionar que existen distintas proporciones para la constitución de un cemento asfáltico. Antes mencionado el asfalto es un derivado del hidrocarburos, vale la pena aclarar que el asfalto es del residuo del petróleo después de haber sido procesado mediante el refinado en la investigación el autor

nos da las proporciones de los elementos que componen dicho material. Por ende, la conducta estructural de cada pavimento.

(Legui & Pacheco, 2016), “De acuerdo a la estratigrafía que lo conforma, varía la funcionabilidad estructural así mismo los pesos superficiales. De manera que la distribución de cargas es desigualdad entre los pavimentos flexibles y rígidos” Dicho de otro modo las cargas que descansan en la estructura del pavimento son los que definen la potencia y/o espesor adecuado de cada capa de la estructura del pavimento con la finalidad de soportar estas cargas sin dañarse y tener una funcionabilidad adecuada.

Según (Simpson, 2003), la producción del asfalto se da “Mediante el proceso de la destilación obteniéndose el asfalto refinando del petróleo crudo la cual es considerada una técnica donde se separan las partes de los no refinados extrayendo el solvente y el refinado en el vacío”. Las cualidades físicas del cemento asfáltico esta dado por la Durabilidad.

(Fajardo, 2014), la durabilidad es una medida que puede resistir el asfalto cuando es sometido al método tradicional de abrasión y agotamiento.

La resistencia muestra algunas fallas, para verificar este comportamiento se requiere analizar el desarrollo del proceso constructivo del pavimento.

El autor indica que la dependencia de la vida útil de un pavimento flexible se establece en el proceso constructivo que a mayor calidad mayor será la durabilidad del pavimento.

Así mismo otra de las características es la Adherencia consistente, según (Fajardo, 2014) , “Es la propiedad del asfalto es fijar al material con la mezcla de asfalto en la pavimentación, la adherencia es una de las propiedades del cemento asfáltico para mantener unidos la dosificación de los agregados pétreos que componen el pavimento flexible”.

El ligante del asfalto es el bitumen, siendo soluble en bisulfuro de carbono, esta modificación se realiza con la finalidad de evitar la fatiga que pueda adquirir un cemento asfáltico convencional debido a la variación de la temperatura.

El pavimento flexible para, (Torres, 2007), “La capa superficial está formado de de agregados gruesos y finos que permiten la fricción en las mezclas asfálticas, estos suelen ajustarse a las variaciones de la capa base. Este pavimento flexible está constituido de diferentes estratos”. El autor indique que los pavimentos flexibles están constituidos su estructura por capas como la subrasante, sub base, base y la capa asfáltica, cada una de ellas tienen el propósito de compartir, resistir y aportar a las cargas derivadas por el tránsito.

(Melean, 2012), “Considerados que el pavimento es altamente degradado por el tránsito vehicular, ante ello se debe realizar un cuidado adecuado, para conseguir el óptimo funcionamiento se debe realizar la estimación correcta del pavimento.

Según el autor nos indica que el pavimento requiere evaluaciones adecuadas que busquen las mejores condiciones, diseños, procesos constructivos, materiales adecuados y llegar a obtener la durabilidad del pavimento.

(Comunicaciones, 2014), “La estratigrafía del pavimento flexible tiene como componentes principales la sub base, base y la capa de rodadura construida de elementos bituminosos como aglomerantes que dan consistencia por los agregados grueso y finos; y en algunos casos sustancias químicas”. Del autor nos da a conocer que el tipo de carpeta de rodadura debe estar constituido por capas granulares que soporten las cargas que son aplicadas al pavimento flexible o micro pavimentos, tratamientos superficiales, mezclas asfálticas en caliente y mezclas asfálticas en frío.

(Nicholas, 2005), Los pavimentos flexibles se sub divide en sub grupos: tipo alto , tipo intermedio y tipo bajo. A las vías de IMD alto, deben tener una carpeta de rodadura que debe soportar la carga del tránsito esperado de manera adecuada, sin ser deteriorado por la abrasión, y sin ser susceptibles a las restricciones que pueda afectar mediante la climatología de la zona. En vías con IMD intermedio, poseen con un tipo de estructura de carpeta de rodadura que tiene superficies tratadas cuyas propiedades sean bajas a tipo alto. Las vías donde el IMD es bajo, se emplean vías de inferior precio y las superficies de rodadura que oscilan desde el material no seleccionada hasta de material mejorado y/o seleccionado.

La característica de calidad del asfalta líquido RC-250 debe tener un control de calidad mediante los ensayos ASTM, donde especifique los parámetros, que son importantes para considerar y asegurar la calidad de los materiales asfálticos que va a ser empleado en la construcción de carreteras pavimentadas (Salazar, 2011)

**Tabla 1**

*Propiedades Físicas del RC-250*

| Características                         | Unidades           | Método ASTM | Designación RC-250 |      |
|---|--------------------|-------------|--------------------|------|
|   |                    |             | Min.               | Max. |
| Viscosidad cinemática a 60°C            | mm <sup>2</sup> /s | D-2170      | 250                | 500  |
| Punto de inflamación                    | °C                 | D-39        | 27+                |      |
| Pruebas sobre el residuo de destilación |                    |             |                    |      |
| Viscosidad a 60°C                       | Pa.s               | D-2170      | 60                 | 240  |
| Densidad a 60°F                         | kg/Litro           | D-113       | 0.9554             |      |

*Fuente. Salazar 2011*

Mediante el sistema se identifica las botellas, envases, contenedores y cualquier recipiente en general, que hayan sido fabricados con el material de plástico.

Se ha establecido un símbolo único y universal de reciclaje el cual está compuesto de tres flechas que están distribuidas de manera consecutivo formando un triángulo con un número dentro del interior del triángulo y en la base letras donde indique el tipo de resina que se está utilizando.

La industria de los plásticos tiene el compromiso de protección ambiental para ello ha establecido este sistema que ayuda a educar a los usuarios y está contribuyendo a dar solución a un manejo adecuado de los residuos sólidos. (Mogollon F. , 2009), Mediante la codificación ha brindado un sistema coherente que facilita el reciclado de los plásticos usados, además podemos identificar el contenido de resina de los recipientes, botellas categorizando en seis tipos de resinas más comunes y una séptima para otros tipos, que no están dentro de los códigos del 1 a 6, como se muestra en la siguiente tabla (Ccahuana & Jallasi, 2017)

**Tabla 2***Código SPI de los Plásticos Reciclables.*

| Código  | Sigla      | Nombre   |
|---|------------|--|
|    | PET        | Polietileno tereftalato  |
|    | PEAD(HDPE) | Polietileno de alta densidad   |
|    | PVC        | Policloruro de vinilo  |
|    | PEBD(LDPE) | Polietileno de baja densidad   |
|  | PP         | Polipropileno  |
|  | PS         | Poliestireno   |
|  | Otros      | Resinas epoxídicas<br>Resinas fenólicas<br>Resinas amídicas<br>Poliuretano |

**Fuente.** (Filip, 2016) Polietileno de baja densidad PEBD (LDPE)

Su estructura principal del PEBD son de cadenas ramificadas los cuales derivan de la polimerización de olefinas que pertenecen a la familia de olefínicos, la característica principal de ramificación ayuda que la densidad se más baja en comparación que los polietilenos de alta densidad. El polietileno de baja densidad es un plástico de poca dureza, pero con tiene una elevada resistencia al impacto y a la elongación.

Las características de un polietileno de baja densidad es la siguiente:

- Resistencia Alta.
- Resistencia térmica.
- Resistencia química.
- Posee mayor flexibilidad.

El PEBD es el más reciclado, y esta codificado con el numero “4” en el sistema SPI este compuesto se obtiene del petróleo, es considerado como el primer grado de polietileno, que fue utilizado en un método de alta presión.

El polietileno de baja densidad esta designado como LDPE por las siglas en inglés y PEBD por las siglas en español; es uno de los plásticos que más se usa en la transformación de los envases ya que este compuesto de un polímero termoplástico que está constituido unidades de etileno. (Basabe, 2015), se puede distinguir las propiedades del Polietileno de Baja Densidad físicas, una de las propiedades principales que presenta el polietileno de baja densidad es el rango de la densidad que tiene este polímero de 0.910 - 0.925 g/cm<sup>3</sup> de acuerdo a la estructura molecular del polímero con una apariencia que presenta es translucida por la estructura semicristalina y amorfa y las propiedades mecánicas su configuración molecular y el grado de polimerización eleva el peso molecular del polietileno por ende mejoran las propiedades mecánicas, a su vez el índice de fluidez disminuye considerablemente, el cual dificulta en su procesamiento.

**Tabla 3**

*Propiedades Físicos y Mecánicos del Pellet (Polietileno de Baja Densidad)*

| <b>PROPIEDADES</b>                           | <b>UNIDADES</b>        | <b>VALOR</b> |
|--|------------------------|--------------|
| Densidad.                                    | gr. / cm. <sup>3</sup> | ≤ 0.920      |
| Absorción al agua.                           | Mg. @ 96 h             | < 0.5        |
| Contracción.                                 | %                      | 1.5 - 3      |
| Resistencia a la Tensión al cede.            | N / mm <sup>2</sup>    | 5 - 13       |
| Elongación Punto de ruptura.                 | %                      | 100 - 700    |
| Resistencia al impacto Ranurado.<br>@ 20 ° C | K / m <sup>2</sup>     | NO<br>ROMPE  |
| @ -20 ° C                                    | K / m <sup>2</sup>     | NO<br>ROMPE  |

|                           |         |         |
|---------------------------|---------|---------|
| Temperatura de Deflexión. |         |         |
| 186 N/mm. <sup>2</sup>    | °C      | 32 - 41 |
| 0.45 N/mm <sup>2</sup>    | °C      | 38 - 49 |
| Resistencia Dieléctrica.  | KV / cm | ➤ 700   |

**Fuente.** Elaboración propia

El promedio del parámetro de ruptura es de 350 a 750% según pruebas normalizadas con ello podemos concluir que posee una buena elongación a las fuerzas de tensión, la densidad del polietileno es importante en el comportamiento de ruptura, si los cristales se reducen por ende la ductilidad del plástico también; entonces posee mayor la capacidad de elongación que un polietileno de alta densidad aplicando las mismas fuerzas de tensión.

Mediante pruebas de charp e izod, los Pellet no muestran fracturas se demuestra que la resistencia es muy buena en los polietilenos de baja densidad.

Los valores del PEBD es de 70 y 220 gr. Con la característica de película por medio de un impacto dardo.

Los polietilenos de baja densidad reciclado mediante la rotura de sus cadenas moleculares pierden la densidad, reduce su resistencia a la elongación y tensión, realmente no se recomienda en la producción de "stretching" o películas estirables..

El incremento de índice de fluidez dificulta el procesamiento para realizar la película ya que los polietilenos de baja densidad reciclable suelen encontrarse geles.

Estos materiales generalmente se encuentran mezclados con distintos tipos de plásticos, entre ellos tenemos EVOH, LPEBD, PVDC, PA y Ionómeros tintas de impresión, así como también residuos de alimentos.

La reología nos da a conocer la deformación y el flujo que pueda poseer los materiales que van a ser sometidos a esfuerzos, por ello es importante el estudio del comportamiento del polímero, para comprender la conducta en la transformación, además se aplican como dispersiones, que utilizan mezclas de polímeros y aditivos para producir pinturas de plastisol y compuestos de moldeo.

Podemos distinguir dos tipos de deformaciones en la materia, la deformación reversible conocida como la elasticidad y la deformación irreversible también

conocido como flujo. La reología puede dar conocer también las propiedades importantes que se toman en consideración en el procesamiento de los polímeros, dentro de estas propiedades reológicas encontramos la viscosidad como la elasticidad.

Las propiedades reversibles o elásticas se dan cuando el sólido es sometido a fuerzas normales, la energía producida por el trabajo de la deformación se almacena como energía potencial luego de ser eliminada cuando el cuerpo recupera su forma original.

Los polímeros en su etapa de transformación requieren una cantidad numerosa de pruebas cuya interpretación estén basadas en las experiencias y con instrumentos y equipos adecuados como el reómetro, que permitan conocer las propiedades que presentan los polietilenos como el fluido, la viscosidad, en casos específicos la determinación de los compuestos para realizar simulaciones del proceso de transformación. De la información que podemos obtener del reómetro se suele resolver algunos problemas como:

La dosificación de estabilizadores, lubricantes y la selección de los aditivos.

Delimitar las condiciones óptimas del mezclado de un polímero y los aditivos.

Bases de diseño para maquinarias de transformación como es el extrusor (husillo, dado, etc).

### **III. METODOLOGÍA**

### **3.1 Diseño de investigación**

#### **3.1.1. Enfoque de la investigación:**

El enfoque de este presente trabajo de investigación es de tipo cuantitativo porque es de manera secuencia y probatorio, pues en cada etapa es precedida a la siguiente. De riguroso orden, no obstante, también, podemos rediseñar alguna fase. Todo comienza con una idea se debe delinear, considerando objetivos, preguntas de investigación, documentos y se debe formular un marco o punto de vista teórico. A partir de las preguntas planteadas tenemos que establecer hipótesis y determinar las variables de un contexto dado, las medidas obtenidas son analizadas por métodos estadísticos, y al mismo tiempo sacar las conclusiones pertinentes.

La investigación aplicada es de carácter experimental y cuantitativa, que busca demostrar las teorías o hipótesis de acuerdo al estudio de sus variables y relaciones. (Arakaki, Casado, & De la Vega, 2017)

Consideramos como variables a las propiedades o cualidades susceptibles a ser observadas o medidas. (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2014)

#### **3.1.2. Alcance de la investigación:**

Según (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2014), "A través de estudios descriptivos se pueden detallar sus propiedades, características y perfiles de personas, comunidades, grupos, procesos y propósitos o cualquier fenómeno que pueda ser analizado. Es decir, recogemos la información de manera conjunta o independiente de los conceptos y las variables, cuyo objetivo principal no es mostrar cómo están relacionadas estas". El presente trabajo de investigación según lo citado en párrafo previo tiene alcance descriptivo.

#### **3.1.3. Diseño de la investigación:**

La metodología busca una estrategia general aplicado para desarrollar, los paradigmas científicos que sustentan las premisas de la investigación

La metodología cuantitativa a través de las variables y sus relaciones busca comprobar las hipótesis o teorías planteadas. Una variable puede ser observada o medida de acuerdo a la cualidad o la propiedad susceptible, (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2014)

Este trabajo de investigación es de diseño experimental correlacional comprometido para la recopilación de datos donde se realizará diferentes pruebas en laboratorios y se aplicará variables.

### **3.2 Variables, operacionalización**

#### **3.2.1 Variables**

Se identifica en este proyecto de investigación dos variables

Polietileno de baja densidad

Diseño de una mezcla asfáltica en frío

#### **3.2.2 Operacionalización de las variables**

VI, Polietileno de baja densidad

VD, Diseño asfáltico en frío

### **3.3 Población y muestra Población:**

En esta investigación la población delimitada será la localidad de Tarucuyo – Tahuapalcca del distrito de Coporaque – Espinar.

La población es el número total de elementos tomados en una encuesta de la investigación.

#### **3.3.1 Muestra:**

Como muestra se tomaron 6 puntos entre la Carretera de los centros poblados de Tarucuyo -Tahuapalcca con una dimensión de 5 km para el estudio de investigación, por lo tanto, para el actual proyecto de investigación se realizaron 06 calicatas para especificar las propiedades geotécnicas del suelo. Los ensayos Marshall a efectuar serán un total de 18 unidades.

“Los resultados que se obtienen de una muestra se extrapolan a la población donde el investigador procura definirse y delimitar con exactitud la población para la muestra, el cual debe estar en el sub grupo de una población de nuestro interés para que se realice la toma de información”. (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2014)

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

#### **3.4.1 Técnicas**

Las técnicas que se utilizarán serán: de observación experimental para recopilar datos de la cantidad de vehículos por día; Para determinar las propiedades que debe poseer las mezclas asfálticas en frío, se realizarán pruebas geotécnicas en laboratorio, el cual nos proporcionará la información necesaria para determinar el método para de diseño del pavimento flexible que este caso se realizará mediante el método AASHTO 93.

- Como instrumentos principales en emplear en este tipo de investigación son civil 3D, ArcGIS, Excel para la elaboración de tablas, gráficos y formulas.

- La validez toma como referencia a los instrumentos de medición de tal forma que puedan cuantificar los aspectos que se deseen medir. (Hurtado & Toro, 2007)

#### **Instrumentos de recolección de datos:**

Para el presente trabajo se utilizará la recolección de datos mencionados anteriormente, con la finalidad de realizar el diseño asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad entre la carretera Tarucuyo – Tahupalcca del distrito de coporaque, Espinar Cusco.

Validación y confiabilidad de instrumento de recopilación de datos: La eficacia de un instrumento viene evaluada en base a 3 tipos de evidencias validez de contenido, validez de constructo y eficacia de criterio.

Una forma de determinar la validez de contenido es operar las variables dentro de un marco metodológico; Para determinar la validez de la estructura, utilizamos métodos lógicos y empíricos.(Hurtado & Toro, 2007).

### **3.4.2 Confiabilidad**

La confiabilidad se expresa en términos del grado de congruencia al que se realiza la medición. No se delimita en la importancia del saber si se está midiendo lo que se desea, aquello será una cuestión de validez. Un instrumento de medición es confiable y al mismo tiempo no carece de validez. Sin embargo, no puede ser válido si no es previamente confiable. (Hurtado & Toro, 2007).

La confiabilidad se mide matemáticamente en relación a los datos obtenidos en diversas aplicaciones de un experimento o ensayo para luego establecerse el análisis estadístico de las probabilidades para validar las hipótesis planteadas en esta investigación; Asimismo, al ser considerados estándares las normas establecidas por entidades públicas como el MTC e internacionales como el AASHTO, estas organizaciones garantizan la confiabilidad de los diseños.

### **3.5 Procedimientos**

Para la realización del diseño del pavimento flexible en frío con polietileno de baja densidad PEDB (Pellet) se tomara en cuenta y se realizara lo siguiente:

- Análisis de los aspectos técnicos del asfalto RC-250 y polietileno de baja densidad PEBD (Pellet).
- Análisis de estudios físico mecánico de los agregados pétreos según el MTC.
- De acuerdo a las especificaciones requeridas por el MTC y el AASHTO 93 se procederá a realizar el diseño de pavimento flexible.

### **3.6 Métodos de análisis de datos**

Para el método de análisis de datos nos basaremos en la norma estándar AASHTO el cual nos brinda varios parámetros para evaluar los factores básicos para el diseño de pavimentos como son: tiempo de análisis, tránsito, confiabilidad, serviciabilidad, módulo de reacción de la estructura del sub rasante, drenaje, transmisión de carga y pérdida de apoyo, estas se encontrarán de acuerdo a la implementación de estudios geotécnicos con fines de pavimentación y otros a través de las tablas delimitadas en esta norma.

### **3.7 Aspectos éticos**

En este trabajo de investigación se mantendrá lo más original posible, procurando que el proceso de investigación sea lo más completo posible. Se obtendrá y citará información de otros autores, respetando los derechos de autor. Se tienen en cuenta criterios éticos para recopilar la información necesaria en tiempo y forma, ya que se respetan los derechos de autor. Se cita información con cada uno de sus autores, mediante la norma APA para certificar la validez y confiabilidad del enunciado presentado.

## **IV.RESULTADOS**

Para realizar el diseño de asfalto en frío aplicando polietileno de baja densidad PEBD (pellet) se consideró lo siguiente.

## **Materiales**

Se solicitó el polietileno de baja densidad PEBD (pellet) de la planta de reciclaje de la Municipalidad Distrital de Yanahuara, Provincia de Arequipa, departamento de Arequipa.

Los agregados fueron muestreados de: agregado grueso (Cantera Huancarumi del río Apurímac) y agregado fino (Cantera Apurímac) en la comunidad de Sucamarca del distrito de Coporaque, Espinar – Cusco.

El asfalto de curado rápido se adquirió del laboratorio de pavimentos Geotecnia Proyectos y construcción SRL.

## **Determinación de especímenes**

De acuerdo a la norma MTC E513 Y MTC E505 se elaboró especímenes de dimensiones de 10x20 cm y el número de especímenes está establecido mediante norma es de 3 por punto de ensayo.

De acuerdo a las normas establecidas se realizan 15 probetas de asfalto en frío aplicando polietileno de baja densidad PEBD (pellet) para realizar ensayo de resistencia compresión de 10cmx 20cm en el equipo marshal.

La condición para realizar el ensayo consideraremos evaluar el asfalto aplicando un porcentaje adecuado de polietileno de baja densidad PEBD (pellet) de 1%, 3%, 5%, 7% y 9%.

Para el diseño de pavimentos con asfalto, utilizaremos el método de diseño de área superficial equivalente.

## **Materia prima**

Luego de establecer la cantidad la cantidad necesaria de briquetas de asfalto aplicando polietileno de baja densidad PEBD (Pellet), de acuerdo a los porcentajes determinados, se procede a la preparación del diseño de mezcla.

El polietileno de baja densidad PEBD (Pellet) fue proporcionado por la Municipalidad Distrital de Yanahuara, la cual Posee su planta recicladora y transforma los residuos de plásticos mediante procesos en Pellet de diámetro promedio de 2mm x 30 mm, la granulometría de los agregados finos y gruesos se realizó según el MTC.

La fuente principal del estudio se basó en los resultados del laboratorio de suelos y concretos GEO&LAB E.I.R.L.

Los ensayos se realizaron a las muestras adquiridas de la cantera Huancarumi seleccionado para este proyecto de investigación, realizándose los siguientes ensayos:

- Determinación de la muestra representativa método de cuarteo
- Clasificación de suelo por SUCS y AASHTO mediante el método de análisis granulométrico por tamizado.
- Peso específico en agregados pétreos (arena, Piedra)
- Absorción en agregado fino y grueso.
- Ensayo de equivalente de Arena, en agregados Finos.
- Contenido de Humedad de los agregados grueso y fino.
- Ensayo de desgaste de agregados menores a los 37.5 mm. (1 1/2")
- Recubrimiento de los Agregados con Emulsiones Asfálticas.
- Resistencia de Mezclas asfálticas empleando el equipo de Marshall.

**Tabla 4**

*Gradación para Mezclas Abiertas en Frío*

| TAMIZ    | ALTERNO | PORCENTAJE QUE PASA |          |          |         |
|----------|---------|---------------------|----------|----------|---------|
|          |         | MAF-1               | MAF-2    | MAF-3    | MAF - 4 |
| 37,5 mm. | 1 1/2"  | 100                 |          |          |         |
| 25,0 mm. | 1"      | 95 - 100            | 100      |          |         |
| 19,0 mm. | 3/4"    |                     | 95 - 100 | 100      |         |
| 12,5 mm. | 1/2"    | 25 - 65             | -        | 95 - 100 |         |
| 9,5 mm.  | 3/8"    |                     | 20 - 55  | 35 - 40  | 85-100  |
| 4,75 mm. | N°4     | 10                  | 0 - 10   | -        | -       |
| 2,36 mm. | N°8     | 0 - 5               | 0- 5     | 3 - 7    | -       |
| 1,18 mm. |         | -                   | -        | -        | 0-5     |
| 75 µm.   | N°200   | 0- 2                | 0 - 2    | 0-1      | 0-2     |

Fuente. MTC tabla n°424-07 la MAF-2 para capas de espesor con 4 cm y 7.5 cm.

De acuerdo a las especificaciones de MTC el asfalto abierto en frío de tipo 2 (MAF-2) están diseñadas para capas de espesor promedio entre 4 cm y 7.5 cm

### **Propiedades mecánicas y físicas de los agregados**

los agregados de este proyecto de investigación fueron analizados sus propiedades físicas y mecánicas, cumpliendo las normas MTC (EG-2013), para poder garantizar que se cumpla con las especificaciones mínimas y máximas requeridas.

### **Ensayo de granulometría de agregado fino**

Siguiendo las normas establecidas ASTM D-422, AASHTO T-88, MTC E- 107 – 2000.

#### **Instrumento**

Balanza, tara, horno, bandejas, cucharones y tamices.

#### **Procedimiento**

Se toma el peso de la muestra seco, se realiza el lavado de la muestra y el secado en horno ventilado a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , luego se realiza el tamizado mecánico por cada tamiz 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y tamiz de FONDO; las muestras retenidas en los tamices son pesados en las taras sobre la balanza de precisión 0.1g. y luego se obtienen los resultados de porcentajes que pasan según módulo de finura.

$$MF = \frac{\sum \%RET.ACUM - N^\circ 100}{100}$$

ECUACION 1

MF = Modulo de finura

RET. ACUM = Peso retenido acumulado

**Tabla 5***Determinación de Análisis Granulométrica - Agregado Fino.*

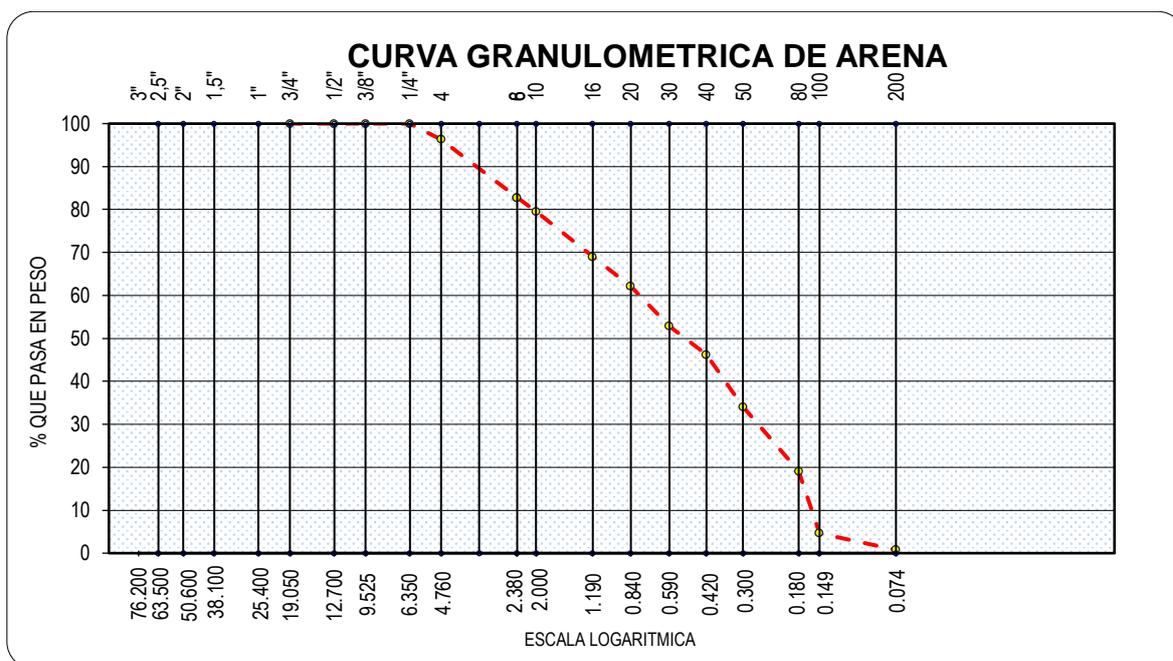
| TAMIZ       | DIAMETRO<br>DE TAMIZ | PESO<br>RETENIDO<br>(gr) | (%)<br>RETENIDO | (%)<br>RET.<br>ACUM | (%)<br>QUE<br>PASA | MINIMO | MAXIMO |
|-------------|----------------------|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|--------|--------|
| 1/2"        | 12.700               | 0.00                     | 0.00            | 0.00                | 100.00             | 100    | 100    |
| 3/8"        | 9.525                | 0.00                     | 0.00            | 0.00                | 100.00             | 100    | 100    |
| N°4         | 4.750                | 57.62                    | 3.69            | 3.69                | 96.31              | 100    | 95     |
| N°8         | 2.360                | 40.66                    | 2.60            | 6.29                | 93.71              | 100    | 80     |
| N° 10       | 2.000                | 170.83                   | 10.94           | 17.23               | 82.77              |        |        |
| N° 16       | 1.180                | 50.76                    | 3.25            | 20.48               | 79.52              | 85     | 50     |
| N° 20       | 0.840                | 164.16                   | 10.51           | 30.98               | 69.02              |        |        |
| N° 30       | 0.590                | 107.28                   | 6.87            | 37.85               | 62.15              | 60     | 25     |
| N° 40       | 0.425                | 145.1                    | 9.29            | 47.14               | 52.86              |        |        |
| N° 50       | 0.297                | 103.44                   | 6.62            | 53.76               | 46.24              | 30     | 10     |
| N° 60       | 0.250                | 190.26                   | 12.18           | 65.94               | 34.06              |        |        |
| N° 80       | 0.180                | 234.24                   | 14.99           | 80.93               | 19.07              |        |        |
| N° 100      | 0.149                | 225.26                   | 14.42           | 95.35               | 4.65               | 10     | 2      |
| N° 200      | 0.075                | 60.42                    | 3.87            | 99.22               | 0.78               |        |        |
| FONDO       | 0                    | 12.17                    | 0.78            | 100.00              | 0.00               |        |        |
| <b>SUMA</b> |                      | 1562.20                  | 100             |                     |                    |        |        |

Fuente. Laboratorio de suelos, concretos y pavimento Geo&amp;Lab EIRL

Según esta tabla 5 se encuentra los resultados del tamizado, donde observamos con mucho interés el % acumulado de cada malla los cuales son utilizados para realizar la curva granulométrica en la figura 2 donde se aprecia la gradación adecuada del agregado fino.

**Figura 2**

*Curva Granulométrica de Agregado Fino.*



**Interpretación:**

De acuerdo a nuestros resultados se determinó que como TMN del agregado es 3/8" como podemos ilustrar en la figura 2 y también en el cuadro granulométrico. Los procedimientos de la granulometría se adjuntan en los anexos de diseño de mezcla.

**Ensayo de granulometría de agregado grueso**

Siguiendo las normas establecidas ASTM D-422, MTC E-107 – 2000, AASHTO T-88.

**Instrumento**

Balanza, tara, horno, bandejas, cucharones y tamices.

**Procedimiento**

Se determinando muestra secado se toma el peso inicial, realizando el lavado de la muestra retenido sus finuras en la malla 200 y es secado en el horno ventilado a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , procediendo a pasa por cada tamiz el material secado y lavado (1 1/4", 1", 3/4", 1/2", 3/8", Nº4, Nº6, Nº 200 y bandeja ciega "BC"), las muestras retenidas

por los tamices son pesados de los cuales se obtiene la curva granulométrica y la obtención del módulo de fineza como también se determina el TMN (tamaño máximo nominal) y TM (tamaño máximo) que pueda poseer el agregado grueso.

**Tabla 6**

*Determinación Análisis Granulométrica – Agregado Grueso*

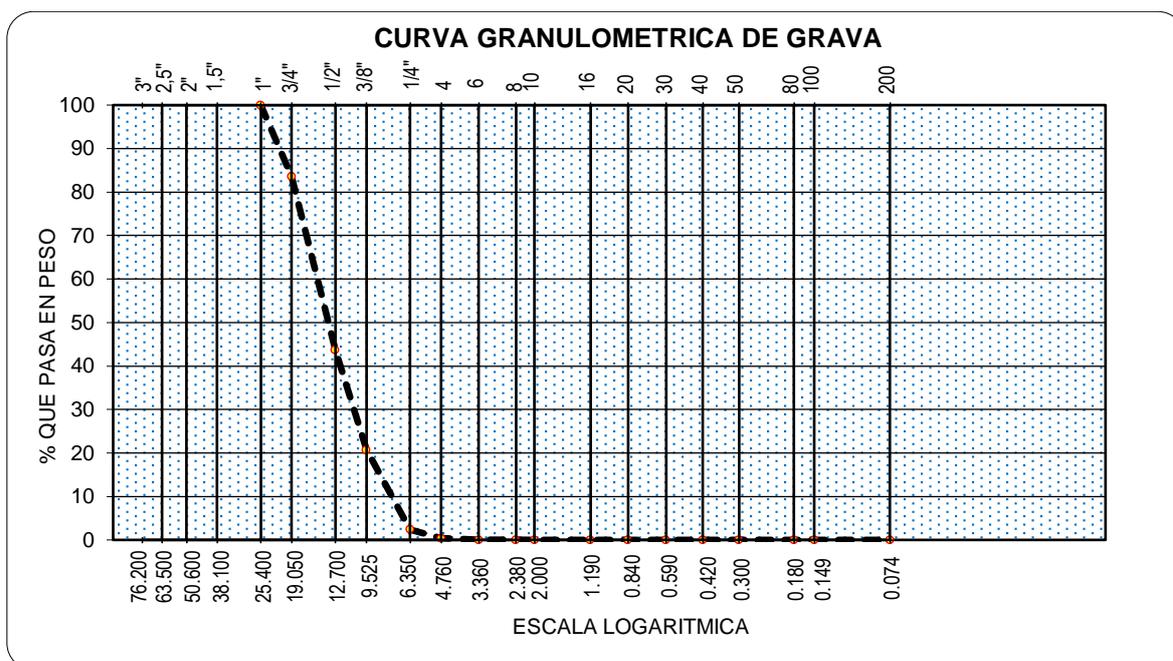
| TAMIZ       | DIAMETRO DE TAMIZ | PESO RETENIDO (gr) | (%) RETENIDO | (%) RET. O ACUM. | (%) QUE PASA | MIN. | MAX. |
|-------------|-------------------|--------------------|--------------|------------------|--------------|------|------|
| 2"          | 50.8              | 0                  | 0.00         | 0.00             | 100.00       | 100  | 100  |
| 1 1/2"      | 38.1              | 0                  | 0.00         | 0.00             | 100.00       | 100  | 100  |
| 1"          | 25.4              | 0                  | 0.00         | 0.00             | 100.00       | 100  | 100  |
| 3/4"        | 19.05             | 301.77             | 16.41        | 16.41            | 83.59        | 100  | 90   |
| 1/2"        | 12.7              | 734.7              | 39.94        | 56.35            | 43.65        | 79   | 50   |
| 3/8"        | 9.525             | 422.16             | 22.95        | 79.30            | 20.70        | 55   | 20   |
| 1/4"        | 6.35              | 336.88             | 18.31        | 97.61            | 2.39         |      |      |
| Nº4         | 4.75              | 37.02              | 2.01         | 99.63            | 0.37         | 10   | 0    |
| Nº8         | 2.36              | 3.76               | 0.20         | 99.83            | 0.17         | 5    | 0    |
| Nº16        | 1.18              | 3.0                | 0.16         | 99.99            | 0.01         | 0    | 0    |
| Nº 30       | 0.59              | 0.1                | 0.01         | 100.00           | 0.00         | 0    | 0    |
| Nº 50       | 0.297             | 0                  | 0.00         | 100.00           | 0.00         | 0    | 0    |
| Nº100       | 0.149             | 0                  | 0.00         | 100.00           | 0.00         | 0    | 0    |
| FONDO       | 0                 | 0                  | 0.00         | 100.00           | 0.00         |      |      |
| <b>SUMA</b> |                   | 1839.396           | 100          |                  |              |      |      |

Fuente. Laboratorio de suelos, concretos y pavimento Geo&Lab EIRL

En la tabla 6 se obtiene los resultados del análisis granulométrico del agregado, cuyo dato importante para graficar es el % de acumulados los cuales son utilizados para realizar la curva granulométrica como se muestra en la figura 3.

**Figura 3**

*Curva Granulométrica de Grava*



**Interpretación:**

La curva granulométrica como en la tabla 15 se observa que el tamaño máximo nominal del agregado es de 3/4" el cual cumple con las gradaciones y especificaciones según el manual de MTC.

Los procedimientos del análisis granulométrico en agregados se adjuntaron en el anexo de diseño de mezclas asfálticas en frío.

**Módulo de Fineza**

Uno de los parámetros obtenidos de los análisis granulométricos tanto de fino como de grueso obtenemos los módulos de fineza que a continuación se detalla:

- Modulo fineza de agregado grueso: 6.85
- Modulo fineza de agregado fino: 3.17

**Contenido de Humedad**

Según las normas establecidas por el MTC E-108 – 2000, ASTM D-2216 Determinamos el contenido de humedad del agregado que se detalla en la tabla 7 y se determina de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{Ph - Ps}{Ps} * 100$$

**Tabla 7***Contenido de Humedad*

| <b>Contenido de humedad</b> |               |                 |
|-----------------------------|---------------|-----------------|
| Indicador                   | Agregado Fino | Agregado Grueso |
| Peso húmedo                 | 597.1         | 584.04          |
| Peso seco                   | 574.43        | 580.94          |
| % Humedad                   | 3.95          | 0.53            |

Fuente. Laboratorio de suelos, concretos y pavimento Geo&Lab EIRL

**Pesos Unitarios****Peso Unitario Suelto**

Para hallar el valor del peso unitario suelto se realizó de acuerdo a la NTP y ASTM colocando el material seco en caída libre a un recipiente de volumen conocido y calibrado hasta llenarlo, luego se enrasa con una varilla de 5/8".

**Tabla 8***Peso Unitario Suelto*

| <b>P. U. S</b> |             |
|----------------|-------------|
| Piedra         | 1331 kg /m3 |
| Arena          | 1585 kg /m3 |

Fuente. Laboratorio de suelos, concretos y pavimento Geo&Lab EIRL

**Peso Unitario Compactado**

La determinación del peso unitario compactado se realizó siguiendo las norma establecida NTP y ASTM colocando el material en tres capas compactando con una varilla de 5/8" por capa hasta llenar el recipiente o molde.

## Tabla 9

### *Peso Unitario Compactado*

| <b>P. U. C</b> |             |
|----------------|-------------|
| Piedra         | 1461 kg /m3 |
| Arena          | 1675 kg /m3 |

Fuente. Laboratorio de suelos, concretos y pavimento Geo&Lab EIRL

## Porcentajes de Absorción

Para determinar el % de absorción se tuvo saturar el agregado durante 24 horas siguiendo la NTP y ASTM.

## Tabla 10

### *Porcentajes de Absorción*

| <b>%ABS</b>     |       |
|-----------------|-------|
| Agregado Fino   | 4.17% |
| Agregado Grueso | 1.56% |

**Fuente:** Laboratorio de suelos, concretos y pavimento Geo&Lab EIRL

## Peso Específico

El peso específico del agregado es hallado junto con la absorción ya que se usa el material saturado de acuerdo a la NTP y ASTM.

## Tabla 11

### Peso Específico del agregado

| <b>Materiales</b> | <b>Peso Específico (kg/m3)</b> |
|-------------------|--------------------------------|
| Agregado grueso   | 2189                           |
| Agregado fino     | 2458                           |
| Agua              | 1000                           |

**Fuente:**

Laboratorio de suelos, concretos y pavimento Geo&Lab EIRL

## **Equivalente de Arena**

(MTC E -114 - 2000, ASTM 2419, AASHTO T- 176)

El ensayo se realiza para establecer el contenido de polvo fino perjudicial, materiales arcillosos, tanto en suelos como agregados finos, para obtención de la muestra se le zarandea el tamiz de 4.75 mm (N° 4) correlacionando de manera empírica entre la altura de la arena proporción a la altura que pueda poseer la arcilla expresada en porcentaje (%).

Los ensayos también se pueden realizar fácilmente en la obra y así poder determinar los porcentajes que se pueda usar para el procedimiento.

**Tabla 12**

### *Equivalente Arena*

| <b>Descripción</b>                | <b>M-1</b> | <b>M-2</b> | <b>M-3</b> |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|
| Equivalente de Arena (%)          | 92.37      | 87.22      | 91.67      |
| Equivalente de Arena Promedio (%) |            | 90.42      |            |

Fuente. Laboratorio de suelos, concretos y pavimento Geo&Lab EIRL

## **Abrasión Los Ángeles**

### **desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 1/2)**

(MTC E 207 – 2000, ASTM C 535 ASTM C 131, AASHTO T 96,)

Este ensayo se realiza con la finalidad de determinar capacidad de desgaste o la degradación que puede presentar el agregado en el proceso de elaboración, colocación, compactación de la estructura del pavimento, y de mayor calidad cuando este el pavimento este en su vida útil. Las cargas que ejercen en la superficie de la vía son distribuidas de manera uniforme a la estructura del pavimento hasta llegar mínimamente a la subrasante. A la vez este ensayo mide la resistencia en los puntos de apoyo del agregado al desgaste y/o a la abrasión, para obtener la degradación de los agregados se obtiene mediante acción combina de impacto y roce.

**Tabla 13**

*Abrasión de los Ángeles y Uniformidad*

| Descripción | Resultado |
|-------------|-----------|
| Uniformidad | 0.28      |
| Abrasión    | 23.38%    |

Fuente. Laboratorio de suelos, concretos y pavimento Geo&Lab EIRL

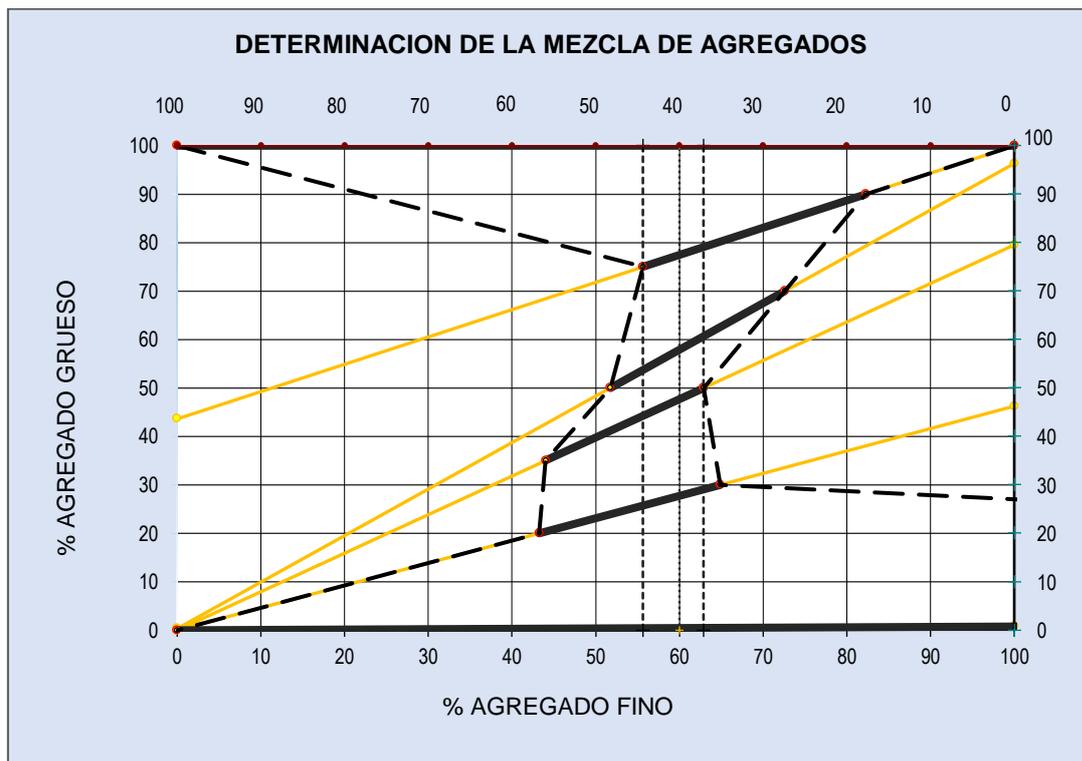
Establecer un diseño inicial con las proporciones de agregados y cantidad de asfalto líquido en el diseño para pavimento flexible.

**Combinaciones de los agregados en la mezcla asfáltica en frío.**

El diseño de mezcla generalmente está basado en encontrar las cantidades de materiales que intervendrán en la mezcla, en tal sentido es encontrar el total de agregados para la mezcla asfáltica, basado en el manual de materiales del MTC para un tipo MAF2, realizando las combinaciones de los agregados, mostrados en la figura N° 57

**Figura 4**

*Gráfico de Combinación de Agregados*



De los resultados mostrados en la figura 4 se visualiza los porcentajes de agregados fino que se encuentra en un rango de 55% a 62 % y el agregado grueso que tiene como rango entre 37% a 44%, dentro de los valores elegido de acuerdo a la granulometría es de 40% para agregados grueso y 60 % para agregados finos, con las correlaciones se realiza la gradación correspondiente obteniendo la curva granulométrica que cumpla con las especificaciones de un diseño de mezcla de asfalto en frío.

**Tabla 14**

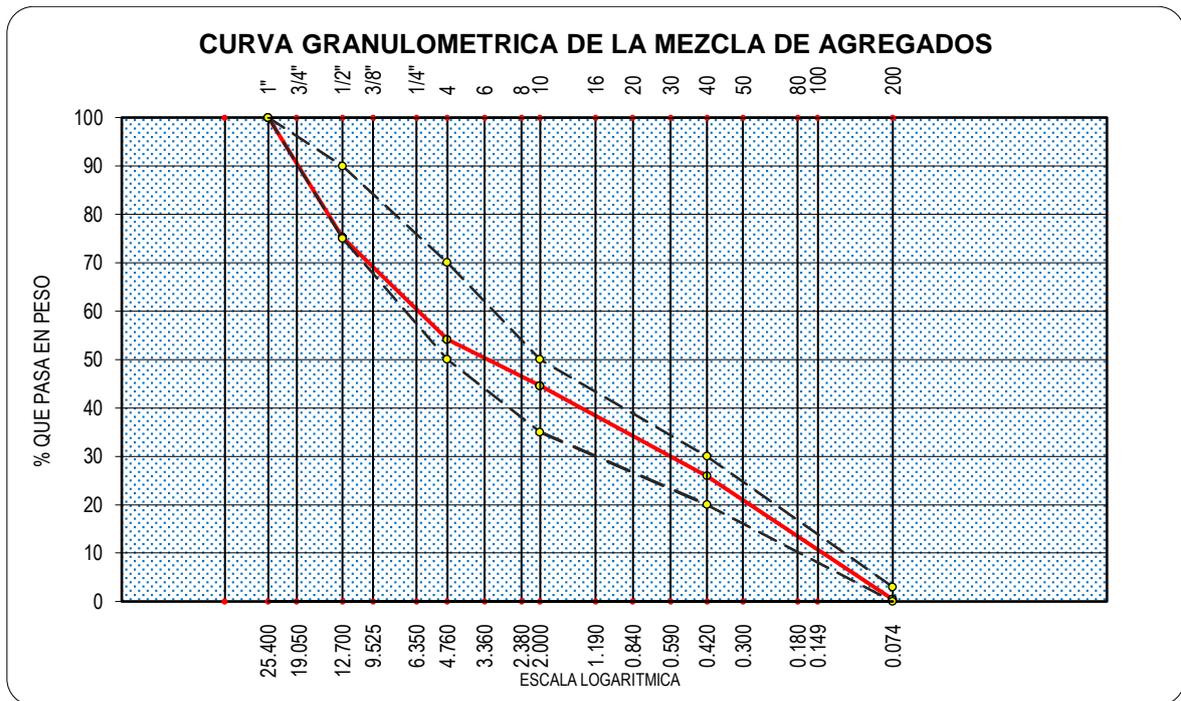
*Granulometría de Mezcla de Agregados*

| TAMICES<br>ASTM | ABERTURA<br>mm | RETENIDO |        |        | %<br>PASANTE | RANGO | DESCRIPCION DE LA<br>MUESTRA |   |
|-----------------|----------------|----------|--------|--------|--------------|-------|------------------------------|---|
|                 |                | PESO     | %      | ACUM.  |              |       |                              |   |
| 1.5"            | 38.100         |          |        |        |              |       |                              |   |
| 1"              | 25.400         |          |        |        | 100.00       | ##    | 100                          | TAMAÑO<br>MAXIMO 3/4"                                     |
| 3/4"            | 19.050         | 120.71   | 7.21   | 7.21   | 92.79        |       |                              |   |
| 1/2"            | 12.700         | 293.88   | 17.57  | 24.78  | 75.22        | 75    | 90                           | CANTERA<br>:  |
| 3/8"            | 9.525          | 168.86   | 10.09  | 34.87  | 65.13        |       |                              |   |
| 1/4"            | 6.350          | 134.75   | 8.05   | 42.93  | 57.07        |       |                              | MUESTRA<br>:  |
| # 4             | 4.760          | 49.38    | 2.95   | 45.88  | 54.12        | 50    | 70                           | MEZCLA DE<br>AGREGADOS                                    |
| # 6             | 3.360          | 25.90    | 1.55   | 47.43  | 52.57        |       |                              | PESO<br>TOTAL : 1673.09                                   |
| # 8             | 2.380          | 103.70   | 6.20   | 53.62  | 46.38        |       |                              |   |
| # 10            | 2.000          | 30.49    | 1.82   | 55.45  | 44.55        | 35    | 50                           | INDICE PLASTICO:  |
| # 16            | 1.190          | 98.50    | 5.89   | 61.33  | 38.67        |       |                              |   |
| # 20            | 0.840          | 64.37    | 3.85   | 65.18  | 34.82        |       |                              | <b>OBSERVACIONES:</b><br>Materiales muestreados de<br>los |
| # 30            | 0.590          | 87.06    | 5.20   | 70.39  | 29.61        |       |                              | acumulados en cancha de la<br>cantera                     |
| # 40            | 0.420          | 62.06    | 3.71   | 74.09  | 25.91        | 20    | 30                           | Huancarumi  |
| # 50            | 0.300          | 114.16   | 6.82   | 80.92  | 19.08        |       |                              |   |
| # 80            | 0.180          | 140.55   | 8.40   | 89.32  | 10.68        |       |                              |   |
| # 100           | 0.149          | 135.16   | 8.08   | 97.40  | 2.60         |       |                              |   |
| # 200           | 0.074          | 36.25    | 2.17   | 99.56  | 0.44         | 0     | 3                            |   |
| < # 200         | < 0,074        | 7.30     | 0.44   | 100.00 | 0.00         |       |                              |   |
|                 | TOTAL          | 1673.09  | 100.00 |        |              |       |                              |   |

Fuente. *Elaboración propia.*

**Figura 5.**

*Curva Granulométrica de la Mezcla de Agregados*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Interpretación:**

De la tabla 24 y la figura 5 se visualiza la dosificación de la mezcla de agregados que cumple para la gradación de mezcla abierta en frío (MAF -2) señalado en el MTC.

Los resultados se adjunta en el anexo de diseño de mezcla por área superficial equivalente.

**Dosificación de la cantidad asfalto líquido para la mezcla asfáltica.**

Para el diseño de mezcla se realizó el uso del método de área superficial equivalente y obtuvimos como resultado la tabla N° 14, donde se puede verificar el porcentaje de asfalto RC 250.

**Tabla 15***Resultados de la Cantidad de Asfalto*

| <b>CANTIDAD DE ASFALTO LIQUIDO:</b>      |                 |
|--|-----------------|
| Peso Específico de la mezcla de agregado | 2.28837         |
| Área Superficial equivalente             | 21.7492         |
| Índice de asfalto determinado            | <b>0.001703</b> |
| Relación del peso específico 2,65/       | 1.15803         |
| Tipo de asfalto liquido                  | RC-250          |
| Cemento asfáltico sin solvente           | 4.2900          |
| Asfalto                                  | 5.3711          |
| Porcentaje de asfalto RC-250             | 5.37%           |
| Máximo                                   | 5.64%           |
| Mínimo                                   | 5.10%           |

**Fuente:** Elaboración propia

Se adjunto en el anexo de diseño mezcla por el método de área superficie equivalente los resultados para la determinación de asfalto líquido.

**Dosificación de agregados para el diseño de mezclas asfálticas en frío**

Luego de haber realizados ensayos requeridos para los agregados de acuerdo manual de MTC EG -2013 para la elaboración de mezclas asfálticas en frío los cuales cumplen por los parámetros máximos y mínimos establecidos en este manual, los resultados se están anexadas en el diseño de asfalto en frío.

Para realizar el uso de diseño se realiza las correcciones, los son detallados en la siguiente tabla:

**Tabla 16***Dosificación de Diseño de Mezcla Asfáltica en Frío*

| <b>DATOS DE LABORATORIO</b>     | <b>ASFALTO</b> | <b>GRAVA</b> | <b>ARENA</b> | <b>UNIDADES</b>     |
|---------------------------------|----------------|--------------|--------------|---------------------|
| P.E.                            | 0.998          | 2.189        | 2.360        | Kg. /m <sup>3</sup> |
| Peso / m <sup>3</sup> suelto    | 0.998          | 1.259        | 1.575        | Kg. /m <sup>3</sup> |
| Peso / m <sup>3</sup> varillado |                | 1.448        | 1.703        | Kg. /m <sup>3</sup> |
| % de mezcla                     | 5.371          | 40.00        | 60.00        | %                   |
| % corregidos                    | 5.371          | 37.85        | 56.78        | %                   |

Fuente. Elaboración propia.

**Interpretación:** En la tabla 15 tenemos el resumen de porcentajes óptimos del diseño de asfalto detallando que se obtiene el 5.37% para el asfalto líquido RC-250, el 37.85% de agregados grueso y el 56.78% de agregados fino.

La obtención de resultados se adjuntó en el anexo de diseño de asfalto en frío.

## COMPARACION DEL ENSAYO MARSHALL DE LAS MEZCLAS

Tenemos como resultados las características físicas y mecánicas que ha alcanzado un asfalto con polietileno de baja densidad con porcentaje de Pellet frente a un diseño de asfalto convencional.

**Tabla 17**

*Resultados de Ensayo de Estabilidad y Flujo*

|                                   | CUADRO RESUMEN CON PORCENTAJE DE PEBD (PELLET) |       |       |       |       | SIN PEBD |
|-----------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|----------|
| % de Polietileno de baja densidad | 1.00   | 3.00  | 5.00  | 7.00  | 9.00  |          |
| % RC-250 en peso                  | 5.37   | 5.37  | 5.37  | 5.37  | 5.37  | 5.37     |
| Peso específico Probeta           | 2.144  | 2.073 | 2.063 | 1.922 | 1.932 | 2.009    |
| Vacios                            | 5.1  | 4.9   | 6.2   | 2.9   | 1.4   | 8.3      |
| Vacios Agregado Mineral           | 9.96   | 10.32 | 8.04  | 11.96 | 9.06  | 16.94    |
| Vacios llenados con C. Asfáltico  | 49.05  | 52.60 | 22.92 | 75.76 | 84.27 | 51.13    |
| Flujo                             | 8.26   | 7.75  | 7.21  | 7.60  | 6.52  | 7.89     |
| Estabilidad                       | 582  | 466   | 536   | 517   | 410   | 491      |
| Factor de rigidez                 | 1790   | 1526  | 1886  | 1729  | 1597  | 1579     |
| Estab./Fluencia                   | 70   | 60    | 74    | 68    | 63    | 62       |

Fuente. Elaboración propia.

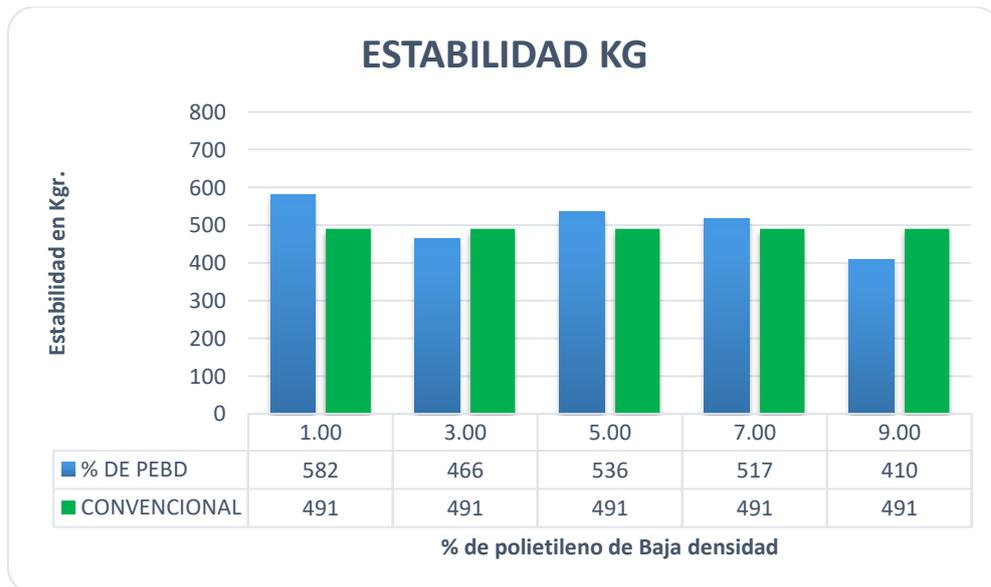
**Interpretación:** En la tabla 16 se puede apreciar el resumen del desarrollo de los ensayos de estabilidad y flujo en el equipo Marshall modificado para el diseño de asfaltos en frío, normado por la ASTM D6729, la estabilidad aumenta considerablemente respecto al diseño patrón que tiene una capacidad de resistir 491Kgr, mientras que la estabilidad que alcanzo con el diseño de asfalto con PEBD al 1% tiene un incremento del 18.5% en comparación con el diseño convencional con las características semejantes de los agregados pétreos y el asfalto de rotura rápida RC-205, mientras en los demás porcentajes se observa de adición del PEBD el incremento no es considerable, además de ello se muestra el ensayo de flujo obteniendo nuestro diseño patrón 7.89 mm relativamente normal según diseños

asfálticos en frío, mientras para nuestra muestra óptima también se puede apreciar que el flujo se encuentra en 8.26 mm la cual ya se encuentra dentro de los parámetros establecidos, como también se detalla el espeso específico de las briquetas que hayan que han sido ensayados en los equipos Marshall modificado.

Para realizar las briquetas de asfalto se tuvo que realizar mediante el método de diseño Área superficial equivalente se obtuvo la estabilidad del diseño convencional sin agregarle polietileno de baja densidad es de 491kg mientras que en el diseño de asfalto con polietileno de baja densidad PEBD (Pellet) varía desde 491kg hasta 582 kg, de donde se puede inferir que de acuerdo a los porcentajes de adición de polietileno de baja densidad peletizado puede tener mayor a igual estabilidad, las características físicas y mecánicas de los agregados son los mismos en ambos diseños.

**Figura 6**

*Estabilidad KG*

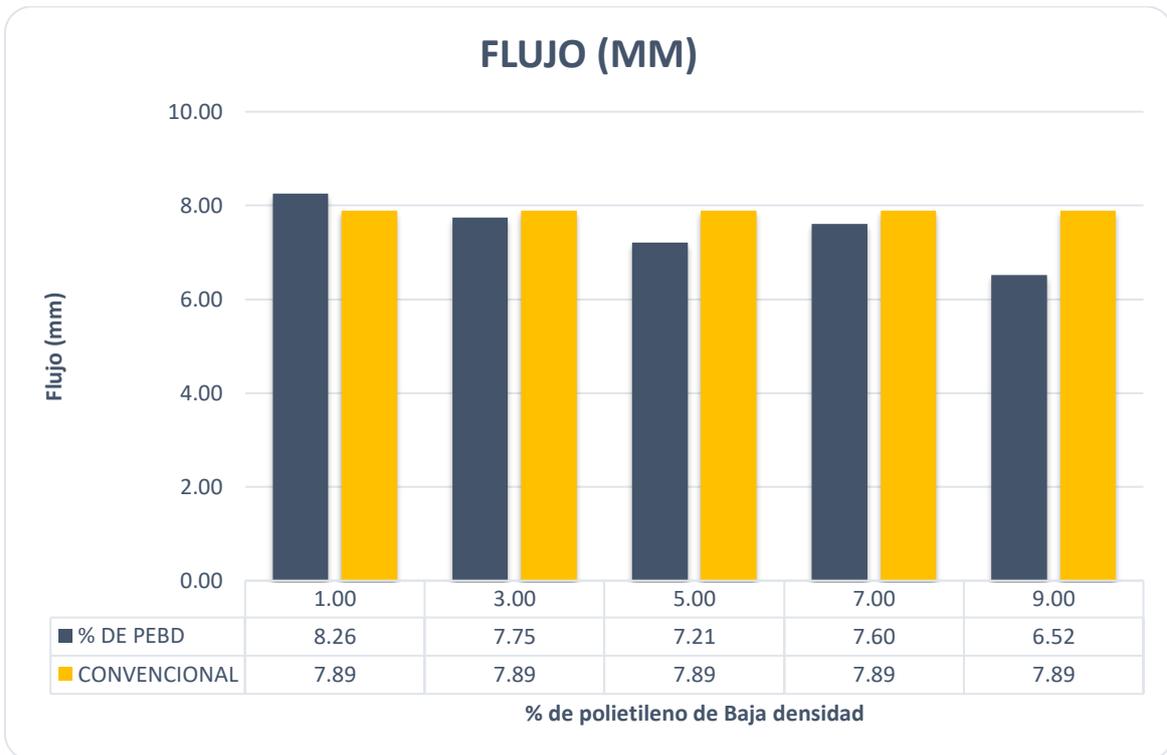


Fuente. Elaboración propia

El flujo en asfaltos diseñado mediante el método de área superficial es de 7.89 mm el cual aún no se encuentra en el rango para tránsito liviano que fluctúa entre 8.00 mm a 20mm, mientras que el diseño adicionando polietileno de baja densidad PEBD (Pellet) alcanzó 8.26 mm con el 1% de PEBD.

**Figura 7**

Flujo MM

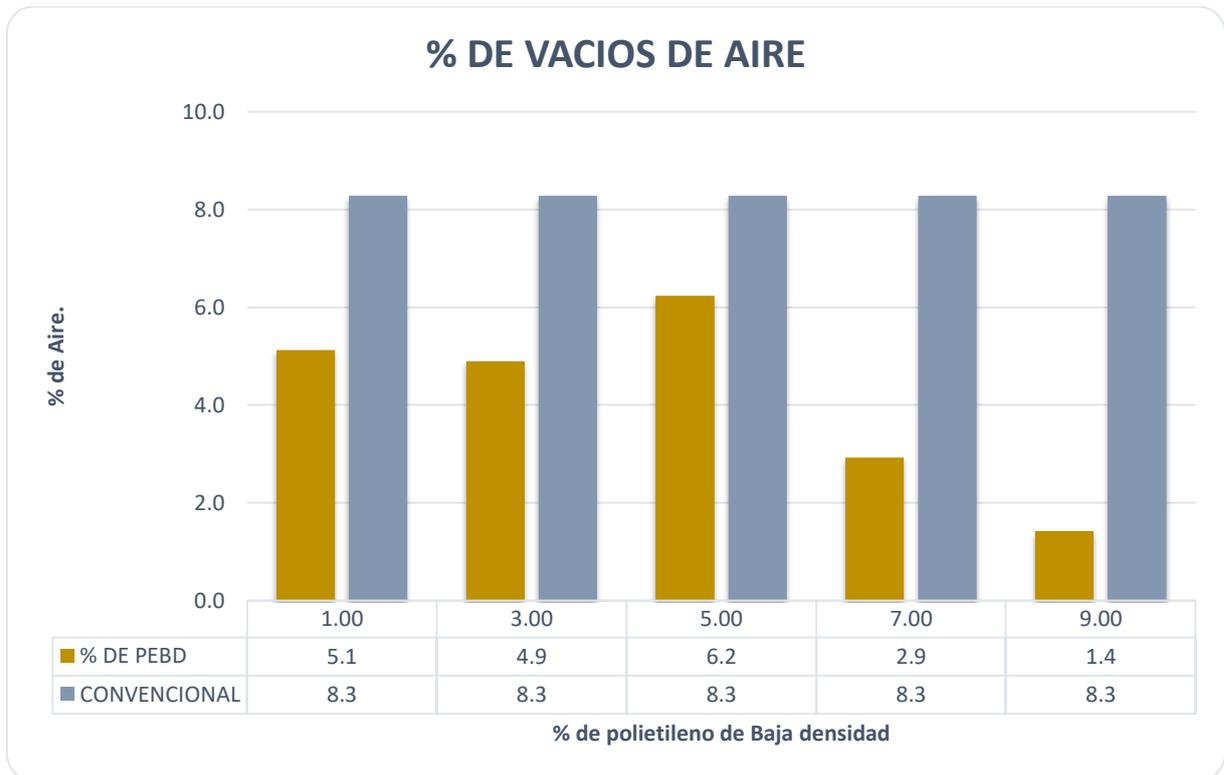


**Fuente:** Elaboración propia

Los porcentajes de vacíos en asfaltos convencionales en frio es de 8.9% pero en los asfaltos con aplicación de polietileno de baja densidad se reduce hasta 3.2% de acuerdo al porcentaje de adición del PEBD (Pellet) aplicado el cual se detalla a continuación en la siguiente figura, debido a que se ha aplicada en la compactación los 35 golpes por cara.

**Figura 8**

Porcentaje de vacíos de aire.

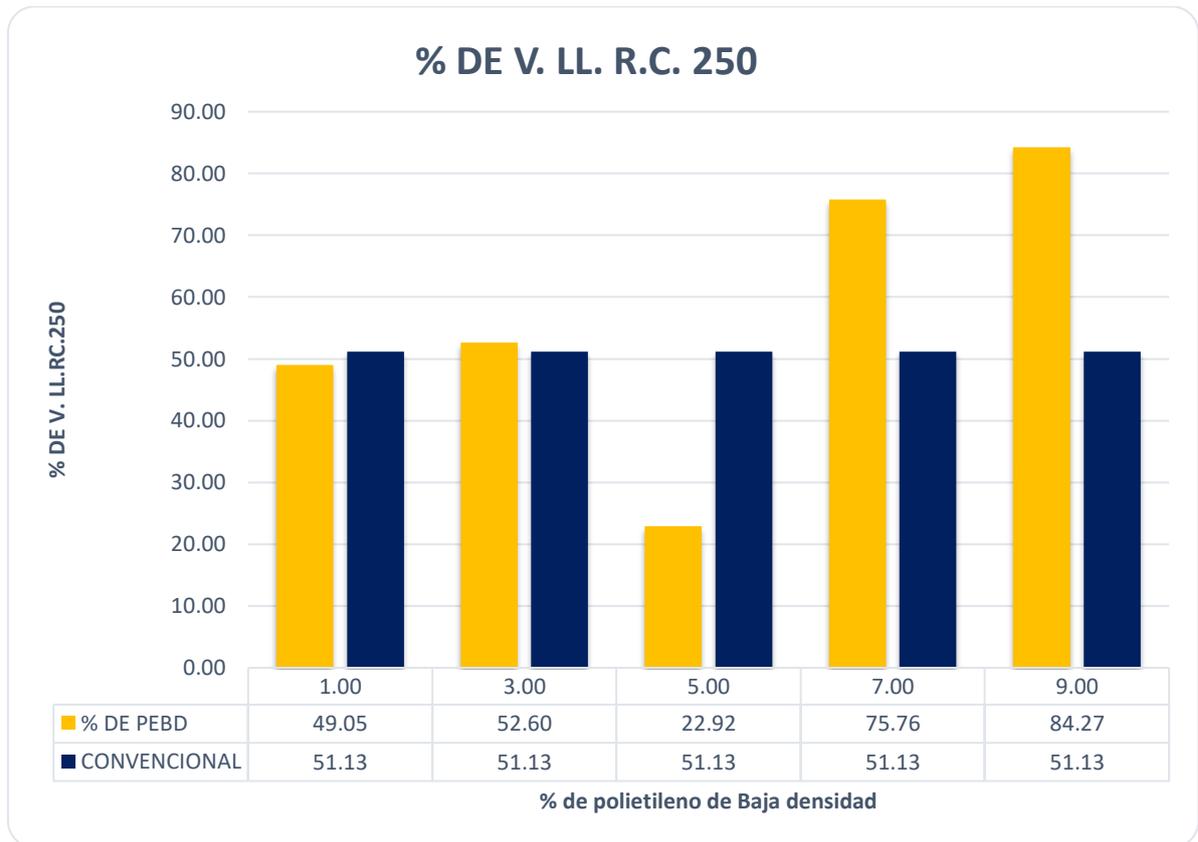


**Fuente:** Elaboración propia

Los vacíos llenados por el asfalto en los diseños convencionales en frío es de 49.45%, las condiciones de asfalto modificado por el polietileno de baja densidad dependen de lo añadido a la mezcla del pelletizado, y también del mezclado o batido que se realiza a la vez de la compactación, esto está relacionado con los % de vacíos en los casos óptimos se puede que son inferiores al 37.74% y en los que no son óptimos superaran a 49.05%.

**Figura 9**

*Porcentaje de V. LL.R.C. 250*

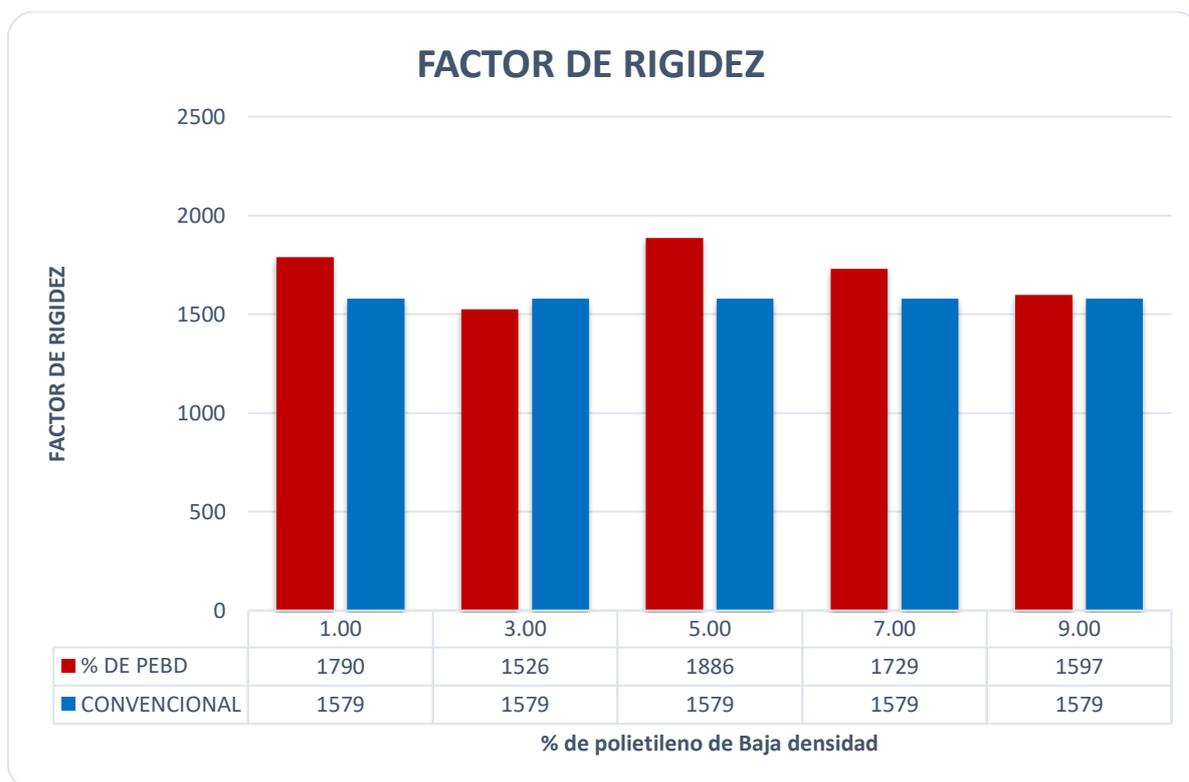


Fuente. Elaboración propia.

La comparación del factor de rigidez de los asfaltos convencionales en frío es de 1579, en cambio en los asfaltos con polietileno de baja densidad PEBD (Pellet) es variable de acuerdo al % de Peletizado adicionado 1790 siendo superior en el 1% de adicional de peletizado debido a que la probeta con pellet tiene un flujo menor hace que eleve la estabilidad, mientras esto no ocurre con los otros porcentajes de adición de pellet.

**Figura 10**

*Factor de Rigidez*



Fuente. Elaboración Propia

De los ensayos en laboratorio del diseño de asfalto en frío aplicando el polietileno de baja densidad PEBD, adicionado el pellet al 1 % se da la estabilidad relativamente cerca a lo de diseño de pavimentos flexibles con RC-250, por ende se realizó un diseño de asfalto para tránsito de bajo volúmenes.

### **Diseño de Pavimento flexible**

Para determinar el terraplén del pavimento de la carretera Tarucuyo - Tahuapalcca en el distrito de Coporaque se realizó el método AASHTO 93 indicando que la estructura está compuesta por una capa sub rasante, la capa sub base, base y finalmente la capa asfáltica.

### **El Periodo de Diseño**

Los periodos de análisis sugeridos son:

**Tabla 18***Periodo de Análisis*

| CLASIFICACIÓN DE LA VÍA                   | PERIODO DE ANALISIS (AÑOS) |
|---|----------------------------|
| Urbana de alto .volumen de tráfico.       | 30 - 50                    |
| Rural de .volumen alto de tráfico         | 20 - 50                    |
| Pavimentada de bajo volumen. de tráfico   | 15 - 25                    |
| No pavimentada de bajo volumen de tráfico | 10-20                      |

Fuente. Manual de carreteras suelos y pavimentos, 2014

T = 20 Años

**Factor de Distribución por Dirección y de Carril****Tabla 19***Factores de Distribución Direccional y de Carril para Determinar el Tránsito en el Carril de Diseño.*

| Numero de calzadas  | Número de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor Dirección al (Fd) | Factor Carril. (Fc) | Factor Ponderado FdxFc |
|---|--------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|------------------------|
|   | 1 sentido          | 1                              | 1.00                     | 1.00                | 1.00                   |
| 1 calzada (para IMD a total de calzadas)                                | 1 sentido          | 2                              | 1.00                     | 0.80                | 0.80                   |
|   | 1 sentido          | 3                              | 1.00                     | 0.60                | 0.60                   |
|   | 1 sentido          | 4                              | 1.00                     | 0.50                | 0.50                   |
|   | 2 sentidos         | 1                              | 0.50                     | 1.00                | 0.50                   |
| 2 calzadas con separador central (para IMD a total de las dos calzadas) | 2 sentidos         | 2                              | 0.50                     | 0.80                | 0.40                   |
|   | 2 sentidos         | 1                              | 0.50                     | 1.00                | 0.50                   |
|   | 2 sentidos         | 2                              | 0.50                     | 0.80                | 0.40                   |
|   | 2 sentidos         | 3                              | 0.50                     | 0.60                | 0.30                   |
|   | 2 sentidos         | 4                              | 0.50                     | 0.50                | 0.25                   |

Fuente. Elaboración Propia

TASA DE CRECIMIENTO = 2 %

**Tabla 20**

*Tipos de Vehículos*

| TIPOS DE VEHICULOS | IMDa      | DISTRIB. %     |
|--------------------|-----------|----------------|
| AUTO Y MOTO        | 37        | 71.15%         |
| PICK UP            | 4         | 7.69%          |
| C. RURAL           | 3         | 5.77%          |
| OMNIBUS 2Ey 3E     | 2         | 3.85%          |
| CAMION 2E          | 4         | 7.69%          |
| CAMION 3E          | 1         | 1.92%          |
| <b>TOTAL IMD</b>   | <b>52</b> | <b>100.00%</b> |

Fuente. Elaboración Propia

**Tabla 21**

*Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE)*

| TIPO DE VEHICULO | IM D | DD | EJE N°1 | EJE N°2 | factor Direccional | Factor Carril | factor E E         | FC. IMDA      |
|------------------|------|----|---------|---------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
| AUTO Y MOTO      | 37   | 1  | 1       |         | 1                  | 1             | 0.0009             | 0.0333        |
| PICK UP          | 4    | 1  | 1       |         | 1                  | 1             | 0.0009             | 0.0036        |
| C. RURAL         | 3    | 1  | 1       |         | 1                  | 1             | 0.0009             | 0.0027        |
| OMNIBUS 2E Y3E   | 2    | 7  | 2       |         | 1                  | 1             | 0.0035             | 0.0070        |
| CAMION 2E        | 4    | 7  | 11      |         | 1                  | 1             | 4.6077             | 18.4308       |
| CAMION 3E        | 1    | 7  | 18      |         | 1                  | 1             | 4.7308             | 4.7308        |
|                  | 1    |    |         |         |                    |               | $\Sigma(f*IMDA) =$ | <b>23.208</b> |

Fuente. Elaboración propia

- Calculo de Número de Ejes Equivalentes (EE)

$$ESAL = \sum(f * IMDA) * 365 * fd * FC * \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

$$ESAL = 205821.076 EE$$

**Tabla 22***Clasificación de Suelos por Calicata*

| <b>Clasificación sucs del suelo</b> |             |    |
|-------------------------------------|-------------|----|
| C1 -M3                              | Prog: 0+000 | GM |
| C2-M4                               | Prog: 1+000 | GC |
| C3-M3                               | Prog: 2+000 | SC |
| C4-M3                               | Prog: 3+000 | SC |
| C5-M2                               | Prog: 4+000 | SM |
| C6-M3                               | Prog: 5+000 | GM |

Fuente. Laboratorio de suelos, concretos y pavimento Geo&Lab EIRL.

**Tabla 23***Ensayo del CBR*

| <b>Ensayo C.B.R. a 95%</b> |             |       |
|----------------------------|-------------|-------|
| C1 -M-03                   | Prog: 0+000 | 21.69 |
| C4-M-03                    | Prog: 3+000 | 36.13 |

Fuente. Laboratorio de suelos, concretos y pavimento Geo&Lab EIRL.

**Interpretación:**

Los resultados que obtuvieron de la tabla 22 se puede describir el tamaño de las partículas, su textura mediante los ensayos granulométricos, límites de consistencia, humedad natural, gravedad específica y Proctor modificado en cada punto de investigación como también los ensayos básicos en los estratos superiores de cada calicata obteniéndose los siguientes resultados. En la calicata C-01 se encontró tres (3) estratos a 0.20m arena limosa constituyendo el primer estrato con una humedad natural de 7.29% e índice de plasticidad de 4.16%, el estrato E-2, el material predominante es la grava limosa de clasificación AASHTO A-4(0) con una humedad natural de 15.42% e índice plasticidad de 22.42%; en el estrato E-3 el material que se encontró es de grava limosa con clasificación AASHTO A-1-b(0) con una humedad del 6.99% e índice de plasticidad de 4.38% pasante a la malla 200 es del 1.75% material que se encuentra dentro del uso 62, con una densidad seca de 2.06g/cm<sup>3</sup> y una humedad optima de 12.72% a su vez tiene gravas de TMN de 2" por ende la gravedad especifica es de 2.25gr/cm<sup>3</sup> y una absorción de 2.22%, en la calicata C-02 constituido de cuatro (4) estratos

a 0.20m el material encontrado es grava arcillosa con una humedad de 3.00% e IP de 14.33%, en el E-02 el material predominante es de arena arcillosa con una HN de 8.77% e IP de 10.77%, E-03 el material encontrado es limo inorgánico con HN de 16.94% e IP 14.61%, el E-04 es grava arcillosa que tiene una HN de 9.63% e IP 11.83% tiene gravillas arcillosas del 58.01% pasante malla 200 de 1.41% tiene una densidad máxima seca de 2.01gr/cm<sup>3</sup> y una humedad optima de 11.15% la gravedad especifica es de 2.45gr/cm<sup>3</sup> y una absorción de 1.40%; en la calicata C-03 se encuentra dos (2) estratos de arena arcillosa con una humedad de 6.30% a 13.52% y con IP de 5.73% y 9.55% respectivamente en el E-2 el pasante de la malla 200 es de 2.93% la gradación se encuentra fuera del uso que corresponde tiene una densidad máxima seca de 1.91g/cm<sup>3</sup> con una humedad optima de 11.56%; en la calicata C-04 está constituido por dos estratos en el E-01 el material es de grava limosa mal graduada con HN 6.68% e IP de 7.26% en el E-02 el material que predomina es de arena arcillosa con una HN de 14.11% e IP de 13.05% tiene una densidad máxima seca de 1.88 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad optima de 12.50%; en la calicata C-05 se encontrados dos estratos, en el E-01 es de material grava arcillosa con HN de 10.07% e IP de 15.56%, en el E-02 segun su clasificación es arena limosa (SM) con una HN de 16.93% e IP de 4.57% su gradación de este material se encuentra fuera de los rangos establecidos en los ensayos de ASTM D-4227 por la malla 200 tiene un pasante de 0.96% además su densidad máxima seca es de 1.62gr/cm<sup>3</sup> y su humedad optima es de 32.00% finalmente la calicata C-06 contiene tres (3) estratos, E-01 es material grava arcillosa con HN de 2.44% e IP de 7.36%, el E-02 es arena arcillosa (SM) con HN de 10.32% e IP de 8.11% , el E-03 el material que se encuentra es de grava limosa mal graduado de HN 9.12% e IP 5.58% tiene una densidad seca máxima de 1.97% y una humedad optima de 10.50%. Los resultados que se obtuvieron según norma técnica peruana del MTC 2013 es considerado material apto para ser subrasante cuando el CBR es mayor o igual al 6% como se puede verificar en la tabla 10 de nuestro CBR de diseño es de 21.69gr/cm<sup>3</sup> considerado como el más crítico de nuestro estudio de suelos.

Para realizar el diseño de la estructura del pavimento flexible se ha utilizado el método AASTHO 93 basado en resultados empíricos desarrollados de manera experimental a nivel internacional para diseños de pavimentos.

$$N_{18}) = Z_r * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.20-1.50}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(Mr) - 8.07$$

**Dónde:**

- W18 = Número de ejes equivalentes de 80Kn (18,000lb),  
en el período de diseño
- Zr = La desviación estándar normal
- So = Error Estándar combinado de la predicción del tránsito
- $\Delta PSI$  = Diferencia de Serviciabilidad (Po.-Pt.)
- Po = Serviciabilidad Inicial
- Pt = Serviciabilidad Final
- Mr = Módulo Resiliente
- SN = Número Estructural indicativo del espesor total del pavimento.  
 $SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$
- ai = Coeficiente de la capa i
- Di = Espesor de la capa i (pulgadas)
- mi = Coeficiente del drenaje de la capa i

**CONFIABILIDAD(R):**

**Tabla 24**

*Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una Sola Etapa de Diseño (10 o 20 años) Según Rango de Tráfico.*

| Tipo de Caminos                     | Trafico         | Ejes equivalentes acumulados |           | Nivel de confiabilidad (r) |
|-------------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------|----------------------------|
|                                     |                 |                              |           |                            |
|                                     | TP <sub>0</sub> | 75,000                       | 150,000   | 65%                        |
|                                     | TP <sub>1</sub> | 150,001                      | 300,000   | 70%                        |
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP <sub>2</sub> | 300,001                      | 500,000   | 75%                        |
|                                     | TP <sub>3</sub> | 500,001                      | 750,000   | 80%                        |
|                                     | TP <sub>4</sub> | 750,001                      | 1,000,000 | 80%                        |
| Resto de Caminos                    | TP <sub>5</sub> | 1,000,001                    | 1,500,000 | 85%                        |
|                                     | TP <sub>6</sub> | 1,500,001                    | 3,000,000 | 85%                        |

|                  |            |             |     |
|------------------|------------|-------------|-----|
| TP <sub>7</sub>  | 3.000,001  | 5,000.00    | 85% |
| TP <sub>8</sub>  | 5.000,001  | 7,500.00    | 90% |
| TP <sub>9</sub>  | 7,500,001  | 10,000,000  | 90% |
| TP <sub>10</sub> | 10000.001  | 12,500,000  | 90% |
| TP <sub>11</sub> | 12500.001  | 15,000,000  | 90% |
| TP <sub>12</sub> | 15000.001  | 20,000,000  | 95% |
| TP <sub>13</sub> | 20*000,001 | 25,000,000  | 95% |
| TP <sub>14</sub> | 25X100,001 | 30,000,000  | 95% |
| TP <sub>15</sub> |            | >30'000,000 | 95% |

Fuente. Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO 93

$$R = 0.7$$

### **Desviación Estándar (So):**

Desviación estándar combinada (So): Este valor es considerado para la variabilidad esperada en la predicción del tránsito así como otros factores que afectan el comportamiento de la estructura del pavimento; Para este tipo de pavimentos flexibles AASTHO recomienda que los valores debe estar dentro de los parámetros de 0.40 a 0.50, por ende este proyecto de investigación la desviación combinada para el diseño tendrá un valor promedio de 0.45

$$So = 0.45$$

ESAL DE DISEÑO:

$$ESAL = 205821.076 \text{ EE}$$

La Desviación Estándar Normal (Zr):

**Tabla 25**

*Coefficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (ZR) Para una Sola Etapa de Diseño (10 o 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad Seleccionado y el Rango de Tráfico.*

| Tipo de Caminos                     | Trafico          | Ejes equivalentes acumulados |            | Desviación Estándar Normal (Zr) |
|-------------------------------------|------------------|------------------------------|------------|---------------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | Tp <sub>0</sub>  | 75,000                       | 150,000    | -0.385                          |
|                                     | Tp <sub>1</sub>  | 150,001                      | 300,000    | -0.524                          |
|                                     | TP <sub>2</sub>  | 300,001                      | 500,000    | -0.674                          |
|                                     | Tp <sub>3</sub>  | 500,001                      | 750,000    | -0.842                          |
|                                     | Tp <sub>4</sub>  | 750,001                      | 1,000,000  | -0.842                          |
|                                     | Tp <sub>5</sub>  | 1,000,001                    | 1,500,000  | -1.036                          |
|                                     | TP <sub>6</sub>  | 1,530,001                    | 3,000,000  | -1.036                          |
|                                     | TP <sub>7</sub>  | 3,030,301                    | 5,000,000  | -1.336                          |
| Resto de Caminos                    | Tp <sub>8</sub>  | 5,000,001                    | 7,500,000  | -1.282                          |
|                                     | TP <sub>9</sub>  | 7,500,001                    | 10,000,000 | -1.282                          |
|                                     | TP <sub>10</sub> | 10,000,001                   | 12,500,000 | -1.282                          |
|                                     | TP <sub>11</sub> | 12,500,001                   | 15,000,000 | -1.282                          |
|                                     | TP <sub>12</sub> | 15,000,001                   | 20,000,000 | -1.645                          |
|                                     | TP <sub>13</sub> | 20,000,001                   | 25,000,000 | -1.645                          |
|                                     | TP <sub>14</sub> | 25,000,001                   | 30,000,000 | -1.645                          |
|                                     | TP <sub>15</sub> | >30'000.000                  |            | -1.645                          |

Fuente. Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

$$ZR = -0.524$$

### Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

Se define como la comodidad de la circulación ofrecida a los usuarios, el valor de este suele variar de 0 - 5 donde, el valor de 5 es de muy buena comodidad teórica (es muy difícil de alcanzar) de lo contrario el valor 0 refleja una comodidad muy mala o peor, si las condiciones de las vías decrecen de acuerdo al deterioro, el PSI también decrece.

**Índice de serviciabilidad Inicial (Pi):** La Serviciabilidad Inicial (Pi) son las características y condiciones de las vías que recién fueron construidas y puestas en servicio.

**Índice de serviciabilidad terminal (Pt):** La serviciabilidad Terminal (Pt) es la condición o característica de una vía que haya alcanzado la necesidad de algún tipo de mantenimiento o reconstrucción.

**Tabla 26**

*Índice de Serviciabilidad Final (pt).*

| Pt   | Tipo de Vía                     |
|------|---------------------------------|
| 3.00 | Vía Expres                      |
| 2.50 | Vías arteriales                 |
| 2.25 | Vías colectoras                 |
| 2.00 | Vías locales y estacionamientos |

Fuente. Manual del MTC.

$$\text{Índice de serviciabilidad final (pt)} = 2.00$$

$$\text{Índice de serviciabilidad inicial (po)} = 4.00$$

Variación de la serviciabilidad ( $\Delta$ PSI)

$\Delta$ PSI está considerado como diferencia de la serviciabilidad inicial y terminal asumido en un proyecto vial.

$$\Delta\text{PSI} = P_o - P_f$$

$$\Delta\text{PSI} = 4 - 2$$

$$\Delta\text{PSI} = 2$$

### CBR DE DISEÑO

El CBR de diseño resulta del producto del CBR representativo (CBRo) del suelo con el factor de seguridad (F).



espesor minimo para una subrasante 30 cm  
 $h = 0.4 \text{ m}$

F es un valor que calcularemos con la siguiente formula. Este valor será un factor de seguridad que aplicaremos a nuestro CBR de diseño

$$\frac{1}{F} = \frac{0.125}{(0.156 + h^2 * (\frac{CBR1}{CBRo})^{\frac{2}{3}})^{\frac{1}{2}}} * (1 - \frac{CBRo}{CBR1}) + (\frac{CBRo}{CBR1})$$

$$F = 1.5$$

$$\begin{aligned} \text{CBR dis} &= F * \text{CBRo} \\ \text{CBR dis} &= 1.49 * 21.7 \end{aligned}$$

$$\text{CBR dis} = 32.391$$

### Cálculo del Número Estructural para Proteger la Sub Rasante Sn3:

#### Correlación de la sub rasante:

Para hallar el módulo resiliente (MR) se emplea la ecuación, de correlación con el C.B.R. que es recomendada por el MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide )

$$MR = 2555 * \text{CBR dis}^{0.64}$$

$$\begin{aligned} MR &= 2555 * 32.391^{0.64} \\ MR &= 23662.44 \text{ PSI} \end{aligned}$$

#### Cálculo de número estructural

$$\log_{10}(W_{18}) = Zr * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}(\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.50})}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(Mr) - 8.07$$

El número estructural para proteger la Sub Rasante (SN 3) será:

$$SN_3 = 1.5$$

### Cálculo de los Espesores de la estructura del Pavimento

Para la capa de rodadura lo recomendable es trabajar con una estabilidad marshall de 4.53 kN

Para los CBR tanto de base y sub base tomaremos los valores de los ensayos de laboratorios respectivos

|                     |         |
|---------------------|---------|
| carpeta de rodadura |         |
| MAF                 |         |
| estabilidad =       | 4.53 kN |
| base granular       |         |
| CBR =               | 100 %   |
| sub base granular   |         |
| CBR =               | 95 %    |

### Cálculo del SN para Proteger la Sub Base (SN 2)

Usaremos la correlación con el CBR de la sub base (datos obtenidos en ensayos de laboratorio.) para obtener el MR

$$0 < CBR < 12$$

$$MR = 17.6 * CBR^{0.64}$$

$$12 < CBR \leq 80$$

$$MR = 22.1 * CBR^{0.55}$$

Como el CBR de la sub base es mayor a 12 % usaremos la segunda correlación

$$MR = 22.1 * 60^{0.55}$$

$$MR = 210.1 \text{ Mpa}$$

$$MR = 210.1 \text{ Mpa} * 145.038 \text{ PSI}$$

$$MR = 30468.9$$

Calcularemos el número estructural para proteger la sub base

$$\log_{10}(W_{18}) = Zr * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{1094}\right)}{0.40 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(Mr) - 8.07$$

$$\boxed{SN2 = 1.3}$$

### Cálculo del SN Para Proteger Base (SN 1)

Usaremos la correlación con el CBR de la sub base (datos obtenidos en ensayos de laboratorio.) para obtener el MR como el CBR de la base es mayor a 12 % usaremos la segunda correlación.

$$\begin{aligned} & 0.55 \\ MR &= 22.1 * 80 \\ MR &= 246.1 \text{ Mpa} \\ MR &= 246.1 \text{ Mpa} * 145.038 \text{ PSI} \\ MR &= 35692.1 \end{aligned}$$

### Calcularemos el número estructural para proteger la sub base

$$\log_{10}(W_{18}) = Zr * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{1094}\right)}{0.40 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(Mr) - 8.07$$

$$\underline{\underline{SN1 = 1.2}}$$

### Coefficientes estructurales del pavimento (a)

$$\begin{aligned} a1 &: 0.430 \\ a2 &: 0.132 \\ a3 &: 0.127 \end{aligned}$$

**Tabla 27**

*Coefficientes Estructurales de las Capas del Pavimento*

| Componente del Pavimento  | Coefficiente   | Valor Coeficiente Estructural a, (cm) | Observación   |
|---|----------------|---------------------------------------|---|
| <b>Capa Superficial</b>   |                |                                       |   |
| Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2.965 MPa (430000 PSI) a 20°C (68 °F)                     | a <sub>1</sub> | 0.170/cm                              | Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico. Este ES un valor Máximo y de utilizarse como tal El expediente de ingeniería debe ser explícito en cuanto a pautas de cumplimiento obligatorio como realizar:<br>Un control de calidad riguroso - Indicar un valor de Estabilidad Marshal. superior a 1000 kf-f<br>Alertar sobre La susceptibilidad al fisuramiento térmico y por fatiga (AASHTO1993) |
| Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.                                       | a <sub>1</sub> | 0.125/cm                              | Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1000,000 EE   |
| Micro pavimento 25 mm   | a <sub>1</sub> | 0.130/cm                              | Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1 000,000 EE  |
| Tratamiento Superficial Bicapa.   | a <sub>1</sub> | (*)                                   | Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500.000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%: y. en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos   |
| Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.   | a <sub>1</sub> | (*)                                   | Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500.000 EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos  |
| (*) no se consideran por no tener aporte estructural  |                |                                       |   |
| <b>Base</b>   |                |                                       |   |
| Base Granular CBR 80%. compactada al 100% de la MDS   | a <sub>2</sub> | 0.052/cm                              | Capa de Base recomendada para Tráfico ≤10000,000 EE   |
| Base Granular CBR 100%. compactada al 100% de la MDS  | a <sub>2</sub> | 0.054/cm                              | Capa de Base recomendada para Tráfico > 10 000.000 EE   |
| Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)                              | a <sub>2</sub> | 0.115/cm                              | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico  |
| Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> ) | a <sub>2</sub> | 0.070 cm                              | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico  |
| Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm.)                  | a <sub>2</sub> | 0.080 cm                              | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico  |
| <b>SubBase</b>  |                |                                       |   |
| Subbase Granular CBR 40%. compactada al 100% de la MDS  | a <sub>3</sub> | 0.047/cm                              | Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%. para todos los tipos de Tráfico   |

Fuente. Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

**Coefficientes de drenaje**

|     |     |
|-----|-----|
| m1: | 0   |
| m2: | 1   |
| m3: | 0.8 |

|     |     |
|-----|-----|
| m1: | 0   |
| m2: | 1   |
| m3: | 0.8 |

**Tabla 28***Tiempo que Tarda el Agua en ser Evacuada*

| <b>Calidad del Drenaje</b> | <b>Tiempo que tarda el agua en ser Evacuada</b> |
|----------------------------|---|
| Excelente                  | 2 horas   |
| Bueno                      | 1 día   |
| Regular                    | 1 semana  |
| Malo                       | 1 mes   |
| Muy malo                   | Agua no drena                                   |

Fuente. AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

**Tabla 29**

Tiempo en el que el Pavimento está Expuesto a Niveles de Humedad Próximos a la Saturación

| <b>Capacidad de Drenaje</b> | <b>% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.</b> |             |             |              |
|-----------------------------|--|-------------|-------------|--------------|
|                             | Menos del 1 %  | 1 a 5 %     | 5.a 25%     | Más del 25 % |
| Excelente                   | 1,40-1,35  | 1,35-1,30   | 1,30- 1,20  | 1,20         |
| Bueno                       | 1,35-1,25  | 1,25-1,15   | 1,15-1,00   | 1,00         |
| Regular                     | 1,25-1,15  | 1,15-1,05   | 1,00-0,80   | 0,80         |
| Malo                        | 1,15-1,05  | 1,05-0,30   | 0,30-0,60   | 0,60         |
| Muy malo                    | 1,05-0,95  | 0,95 - 0,75 | 0,75 - 0,40 | 0,40         |

Fuente. AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

**Espesor de la carpeta asfáltica**

$$D1_{\text{adopt}} \geq D1_{\text{min}} = \frac{SN1_{\text{min}}}{a1}$$

$$D1_{\text{min}} = \frac{1.233}{0.43}$$

$$D1_{\text{min}} = 2.867 \text{ plg}$$

$$D1_{\text{adop}} = 2 \text{ plg}$$

$$SN1_{\text{adop}} = 0.86$$

### Espesor de la base granular

$$D2_{\text{min}} = \frac{1.323 - 0.9}{0.132 * 1}$$

$$D2_{\text{min}} = 3.508 \text{ plg}$$

$$D2_{\text{adop}} = 6 \text{ plg}$$

$$SN2_{\text{adop}} = 1.652$$

### Espesor de la sub base granular

$$D3_{\text{min}} = 1.74 \text{ plg}$$

$$D3_{\text{adop}} = 6 \text{ plg}$$

$$SN3_{\text{adop}} = 2.2616$$

### Verificación

$$SN_{\text{diseño}} = 2.2616 \geq 1.48 \quad \text{ok}$$

### Gráfico de pavimento flexible

|                     |            |         |
|---------------------|------------|---------|
| carpeta de rodadura | = 2 plg    | 5.08 cm |
| base granular       | = 6 plg    | 15.2 cm |
| sub base granular   | = 6 plg    | 15.2 cm |
| capa subrasante     | = 15.7 plg | 40 cm   |

## V. DISCUSIÓN

Las discusiones que se logran evidenciar corresponden a los resultados obtenidos, logrando el contraste del marco teórico y los antecedentes de este proyecto de investigación.

De los estudios de mecánica de suelos realizados para este proyecto de investigación fueron 6 calicatas de acuerdo a lo establecido en el manual del MTC en la sección de suelos y pavimentos donde indica que se debe realizar una calicata cada km, pues se consideró ello porque la carretera en estudio es de bajo volumen de tránsito además especifica la profundidad respecto a subrasante es de 1.50m. de donde se observó los diferentes estratos que tiene cada calicata analizados en trayecto de 5 Km. De los cuales se realizaron el muestreo correspondiente según establecido en la norma del MTC manual de ensayo de materiales MTC E 101 donde indica que los muestreos deben estar por cada estrato y uno global del terreno de fundación, en nuestra zona de estudio se encontró en la calicata C-01 consta de 3 estratos el estrato de la subrasantes tiene una clasificación SUCS GM grava limosa y una clasificación AASHTO A-1-b(0) con una HN del 6.99% e IP de 4.38% pasante a la malla 200 es del 1.75% mediante el ensayo de Proctor modificado se obtuvo densidad seca de 2.06g/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 12.72%, la calicata C-02 en su se encontró 4 considerado para la subrasante es el E-04 tiene una clasificación SUCS GC grava arcillosa que tiene una HN de 9.63% e IP 11.83%, pasante malla 200 de 1.41% y la densidad máxima seca de 2.01gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 11.15% en la calicata C-03 se encuentra dos estratos el estrato considerado para subrasante tiene una clasificación SUCS SC de arena arcillosa, el pasante de la malla 200 es de 2.93% tiene densidad máxima seca de 1.91g/cm<sup>3</sup> con una humedad óptima de 11.56%; al cual es considerado buen suelo de fundación en la calicata C-04 está constituido por dos estratos, el estrato E-02 tiene una clasificación SUCS SC arena arcillosa una densidad máxima seca de 1.88 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 12.50%; en la calicata C-05 se encontrados dos estratos, el estrato E-02 considerado como subrasante tiene clasificación SUCS (SM) arena limosa pasante malla 200 es de 0.96% además su densidad máxima seca es de 1.62gr/cm<sup>3</sup> y su humedad óptima es de 32.00% finalmente la calicata C-06 contiene tres (3) estratos, el E-03 considerado como subrasante tiene una clasificación SUCS GM tiene una densidad seca máxima de 1.97gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 10.50%. estos resultados nos muestran que

el terreno natural tiene una densidad seca promedio de **1.91 gr/cm<sup>3</sup>** y la humedad optima promedio de **15.07%** al mismo tiempo se realizó también los ensayos de CBR al 95% del tramo en estudio el cual se realizó de la calicata C-01 y C-04 pues así lo requiere la norma técnica del MTC donde indica que el CBR en tránsito liviano se realizara cada 3Km tenemos como resultado de 21.69% y 36.13% respectivamente con un promedio de CBR **28.91%** cumple con la norma establecida cumple con un material de condiciones adecuadas, estos materiales son muy óptimo para la utilización en el proyecto vial, el módulo de resiliente para la subrasante es 23662.44 lbf/pulg<sup>2</sup>, el módulo resiliente para la sub base es 30468.90 lbf/pulg<sup>2</sup> y finalmente para la base su módulo de resiliente es de 35692.1 lbf/pulg<sup>2</sup> los cuales son permisibles según AASHTO 93 para transito liviano, el diseño de pavimento flexible utilizando el método AASHTO 93 cumple con los espesores típicos de la estructura del pavimento flexible de capa de superficie de rodadura de 2pulg, base de 6pulg, subbase de 6pulg y una subrasante de 15pulg. El diseño óptimo de mezclas asfálticos se realizó mediante el método de área superficial equivalente con el valor óptimo de asfalto se realiza las dosificaciones de las adiciones del polietileno de baja densidad de acuerdo a los porcentajes que se escogieron aleatoriamente al 1%, 3%,5%,7% y 9% de estos dosificaciones obtuvimos resultados de estabilidad Marshall y comparamos con el diseño patrón sin adición de PEBD se incrementa relativamente en los adicionados de PEBD 1%,5%,7% en el primero un incremento mayor promedio de 18.5% existe una referencia de un incremento de 15% con la mezcla asfáltica modificado con nano reactivos y plástico realizados por (ELSAYED, 2015), mientras en las subsiguientes el incremento es mínimamente al 6.5% mientras en los resultados de los especímenes elaborados con 3% y 9% disminuye relativamente un 11% promedio por el cual se visualiza variaciones no muy comunes por ende podemos inferir que haya podido existir una segregación del PEBD (Pellet) el cual haya podido influir en los resultados como posibles problemas, pudo no haberse mezclado de manera homogénea los agregados pétreos y el PEBD con el asfalto liquido RC-250 del cual se llega a coincidir con el incremento de estabilidad que menciona (Huertas & Cazar, 2014) adicionando el material PET Tipo 1, en cuanto al porcentaje de vacíos disminuyen a 5.10% promedio el cual está dentro de los parámetros de % de vacíos que esta como min 3% y máximo 5% de ello podemos precisar que ayuda

en el control de % de vacíos al aplicarle PEBD, en cuanto al flujo se visualiza un incremento de 0.37mm al adicionarle 1% del PEBD, el cual cumpliría con los parámetros de fluencia de Marshall que esta como mínimo 8mm y como máximo 20mm para tráfico liviano, mientras que en los demás porcentajes disminuye un promedio de 0.57mm en esta investigación se cumple con los parámetros establecidos en la normativa del MTC con el diseño de pavimento flexible con aplicación de polietileno de baja densidad en pellet.

De la misma manera la relevancia de la investigación en relación con el contexto científico social en la que se desarrolla es el cuidado del medio ambiente con la participación de ciudadanía en una economía circular hace que por día se procese 1.2 toneladas de productos reciclados, se proyecta que por lo menos a diario se acopie y procese 2 toneladas de reciclaje incrementando así el 10%, este proyecto de investigación muestra las oportunidades que brinda al sector construcción en nuestro país ya que las investigaciones internacionales dan cuenta que avanzado están en trabajar con materiales reciclados el sector de construcciones de pavimentos el cual tiene una iniciativa de impacto positivo para el mundo.

La metodología utilizada para este proyecto de investigación fue adecuado ya que se ha procesado los datos recolectados de campo, las muestras que fueron estudiados en laboratorio, el acceso a esta información no es restringido ya que las carreteras no es un bien privado por ende se realizó de manera adecuada, en cuanto a la debilidad para este proyecto fue la parte económica pues el contexto social en que nos encontramos a dificultado e incrementado en los costos de traslado de muestras, salidas a campo, ensayos en laboratorios por ende para realizar este tipo de proyectos de investigación se debe realizar un análisis minucioso de tal modo no afecte al desarrollo normal la investigación.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Las propiedades de los agregados pétreos tanto físicos como mecánicos cumplen con los rangos establecidos por el MTC, se ha empleado la dosificación de los agregados en la mezcla es del 60% en agregados finos y 40% en agregados grueso cumpliendo con la gradación para la mezcla abierta en frío tipo 2 (MAF-2) del MTC, aplicando el método más adecuado para diseñar mezclas de asfalto en frío obteniendo el RC-250 la cantidad 5.37% para tránsito ligero de esta forma cumpliendo con los rangos mínimos de estabilidad y fluencia, además la resistencia de la subrasante es óptima para constituir la estructura del pavimento, el CBR de diseño es de 32.39% que es considerado óptimo.
2. Ha influido de manera positiva incrementando la resistencia al 18.5% adicionando el 1% de Polietileno de baja densidad (pellet), más que el diseño sin PEBD, en el 5%, 7% el incremento es mínimo de 6.5%, asimismo notamos que al adicionar 3%, 9% la resistencia disminuye en 10.80%.
3. Los resultados son favorables en 1%, 3%, 5% que tienen un porcentaje de vacío promedio de 5.4% que se encuentra dentro del parámetro, y 7% y 9% el porcentaje de vacíos es 2.15% el cual puede ser perjudicial afecta en el contenido de llenado de asfalto ocasionando fracturación, oxidación acelerada e incremento de la permeabilidad, no producen una mezcla estable por consiguiente debe realizar cambios en ello.
4. La dosificación óptima del PEBD (pellet) reciclado sustituyendo al agregado es el 1% produciendo mejoras en la estabilidad, fluencia, porcentajes de vacíos, porcentajes vacíos llenados por el asfalto y el factor de rigidez.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. La aplicación del diseño de la carpeta Asfáltica en frío con polietileno de baja densidad PEBD (Pellet), debe ser considerado con los porcentajes de resistencia óptima, el porcentaje de vacíos y dosificación óptima del polietileno de baja densidad (pellet) de esta investigación, para obtener un correcto resultado, asimismo se debe seguir investigando las nuevas tecnologías sostenibles para el desarrollo de las sociedades, la influencia de la aplicación del PEBD (Pellet) reciclado en un diseño de mezcla asfáltica de pavimentos flexibles que ayudan la conservación de nuestro medio ambiente.
2. Las propiedades de resistencia que tiene por la adición del PEBD (Pellet) a las mezclas asfálticas en frío, deben ser aplicados con asfaltos en caliente o emulsiones asfálticas para poder determinar la funcionalidad y las propiedades que puede adicionar este material, comparando con lo convencional.
3. Se debe sujetar a los parámetros permisibles, que sean favorables según esta investigación desarrollada para que no sea perjudicial y no afecte en el contenido de llenado de asfalto ocasionando fracturación, oxidación acelerada e incremento de la permeabilidad, así producir una mezcla estable.
4. Para encontrar la dosificación óptima se debe agregar de manera progresiva y con una variación del 0.5% del polietileno de baja densidad (pellet) y poder determinar con mayor precisión la dosificación óptima cumpliendo los parámetros de diseño para asfaltos en frío.

## REFERENCIAS

- ABRAHAM, H. (1916). *Asphalts and Allied Substance their Occurrence, Modes of Production, Uses in the Arts and Methods of Testing*. En H. ABRAHAM, *Asphalts and Allied Substance their Occurrence, Modes of Production, Uses in the Arts and Methods of Testing*. (pág. 23). New York: January.
- Arakaki, M., Casado, A., & De la Vega, R. (2017). *Guía de Investigación Ciencias de la INformacion*. Lima: Vicerrectorado de Investigación.
- BANSAL, S., KUMAR, A., & BAJPAI, P. (23 de Abril de 2017). *Evaluation of modified bituminous concrete mix developed using rubber and plastic waste materials*. *International Journal of Sustainable Built Environment [en línea]*. Obtenido de Evaluation of modified bituminous concrete mix developed using rubber and plastic waste materials. International Journal of Sustainable Built Environment [en línea]: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.07.009>
- BANSAL, Shubham; MAR, Anil; KUBAJPAI, Purnima. (01 de Julio de 2017). *Evaluation of modified bituminous concrete mix developed using rubber and plastic waste materials*. *International Journal of Sustainable Built Environment [en línea]*. Obtenido de Evaluation of modified bituminous concrete mix developed using rubber and plastic waste materials. International Journal of Sustainable Built Environment [en línea]: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.07.009>
- Castro, A. (2018). *Investigacion sobre mezclas asfálticas en frio 100% recicladas con adición de residuos sólidos*. Barranquilla: Fundacion Universidad del Norte.
- Ccahuana, P., & Jallasi, A. (2017). *Aplicación de métodos de caracterización de residuos poliméricos reaprovechables del Distrito la Joya*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, Ingeniería de Materiales.
- Chilcon, J., & Ramirez, K. (2017). *Elaboración de una mezcla asfáltica en frio almacenable para la restauración de pavimentos en el departamento de Lambayeque*. Lambayeque: Universidad Señor de Sipan.
- Clavijo, R. (s de a de 2014). *Análisis del comportamiento físico - mecánico de una mezcla densa en caliente tipo mdc-2 modificada con caucho y cuero en porcentajes (25%, 75%) respectivamente*. Obtenido de Análisis del comportamiento físico - mecánico de una mezcla densa en caliente tipo mdc-2 modificada con caucho y cuero en porcentajes (25%, 75%) respectivamente: s
- Clavito R, C. (2014). Análisis del comportamiento físico - mecánico de una mezcla densa en caliente tipo mdc-2 modificada con caucho y cuero en porcentajes (25%, 75%) respectivamente. *L'estrit Ingénieux*, xx.

- Coronado, J. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Guatemala: Integración Económica Centroamericana.
- Coronado, J. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Guatemala: Integración Económica Centroamericana.
- Dash, & Panda. (10 de abril de 2019). *Influence of mix parameters on design of cold bituminous mix construction & building materials*. Obtenido de Influence of mix parameters on design of cold bituminous mix construction & building materials: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=132855077&lang=es&site=ehost-live>
- Delgado Reyes cecilio Nicanor, Solano Paredes Silver Jhonatan. (2019). *Analisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfálticas en caliente con la adición de plástico peletizado LDPE*. Lima: Escuela profesional de Ingeniería Civil - Universidad Cesar Vallejo.
- ELSAYED, E. (12 de junio de 2015). *Nano Reactive Polymer as Asphalt Modifier for Anticorrosion Application*. *Journal of Nanoscience and Nanoengineering [en línea]*. Obtenido de Nano Reactive Polymer as Asphalt Modifier for Anticorrosion Application. *Journal of Nanoscience and Nanoengineering [en línea]*.: <http://www.aiscience.org/journal/jnn>
- Fajardo. (2014). *Efecto de la Incorporación por vía seca, del Polvo de neumatico reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas*. Lima: I.
- Filip. (2016). *Polietileno de baja densidad PEBD (LDPE)*. Obtenido de Polietileno de baja densidad PEBD (LDPE): <http://ub.edu/cmateriales/es/content/polietileno-de-baja-densidad>.
- García, G. (29 de 03 de 2020). *Revista Economía*. Recuperado el 20 de 05 de 2021, de Revista Economía: <https://www.revistaeconomia.com/carreteras-en-el-peru-que-debemos-tener-en-cuenta-para-su-mantenimiento-y-conservacion-2/>
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). Metodología de Investigación. En R. Hernandez, C. Fernández, & L. Baptista, *Metodología de Investigación* (pág. 92). México: McGrawHill.
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). Metodología de Investigación. En R. Hernandez Sampieri, C. Fernández Collado, & L. Baptista, *Metodología de Investigación* (pág. 173). México: MCGrawHill.
- Huertas, G., & Cazar, J. (2014). *Diseño de un pavimento flexible adicionado tereftalato de polietileno como material constructivo junto con ligante asfáltico ac-20*. Ecuador: Universidad de las Fuerzas armadas.
- Hurtado, I., & Toro, J. (2007). *"Paradigmas y Metodos de Invenstigación en Tiempos de Cambio"*. Caracas: Editorial CEC S.A. Obtenido de

[https://issuu.com/mariubautista/docs/paradigmas\\_y\\_metodos\\_de\\_inv.\\_en\\_tiempos\\_de\\_cambio](https://issuu.com/mariubautista/docs/paradigmas_y_metodos_de_inv._en_tiempos_de_cambio)

- Iturbide, J. (2002). Manual Centroamericano para diseño de pavimento. *Secretaría de Integración Económica Centroamericana*, 22.
- Legui, P., & Pacheco, F. (2016). Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales. En P. Legui, & F. Pacheco, *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales* (págs. 28-47). Lima: Universidad de San Martín de Porres.
- Medina, A., & De La Cruz, M. (2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Mogollon, F. (2009). *Plan de negocios para la adquisición de una planta móvil autónoma para la recuperación de polietileno de alta densidad (PEAD) para SAB MILLERBAVARIA*. Bogotá: Administrador.
- Mogollon, F. (2009). *Plan de negocios para la adquisición de una planta móvil autónoma para la recuperación de polietileno de alta densidad (PEAD) para SAB MILLERBAVARIA*. Bogotá: Título de Administrador de empresas.
- Nicholas, J. (2005). *Ingeniería de Tránsito y de Carreteras*. VIRGINIA: COPYRIGHT.
- Química, R. S. (2003). *análisis químico del asfalto*. España: 2da edición. España. ISBN: 84-878663-33-8 .
- Ramírez, P., & Tananta, W. (2018). *Diseño de carpeta asfáltica aplicando granulos de plástico reciclado para mejorar la transitabilidad del Jr. San Martín, distrito de Tabalosos*. Tarapoto: Universidad César Vallejo.
- Ramos, B., & Muñiz, C. (2013). *Propuesta de Diseño de Mezcla Asfáltica en Frio de Graduación densa como alternativa para el mantenimiento de pavimentos flexibles*. Managua: Universidad Centro Americana.
- Real Sociedad Española de Química. (2003). *Análisis Químico de Asfalto*. España: 2da Edición. España, ISBN.
- Reyes, O. (2014). *Evaluación Mecánica de Mezclas Asfálticas frías fabricadas con reemplazo de llenante mineral*. Colombia: Información Tecnológica.
- Salazar, D. (2011). *Guía para la Realización de Ensayos y Clasificación de asfaltos, emulsiones, métodos y materiales*. volumen: Volumen 1, Diciembre.
- Silvestre, R. (2017). *Comparación Técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado*. Lima: Universidad César Vallejo.

Vizcarra, C. (2020). *Evaluación de un modelo mejorado de capa asfáltica mediante el uso de plástico reciclado*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

# MATRIZ OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

**TESIS: DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRTERA TARUCUYO- TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE, ESPINAR 2021.**

## Matriz de Operacionalización de Variables

**Título:** Diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021.

|  |   |  | Variable Independiente  |  | Polietileno de baja densidad |  |  |                                |                    |
|--|---|--|---|--|------------------------------|--|--|--------------------------------|--------------------|
| Problema general   | Objetivo General  | Hipótesis General  | Definición conceptual   | Definición operacional   | Dimensiones                  | Sub dimensión  | Indicadores  | Instrumento                    | Escala de medición |
| ¿Cómo es el diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021?                            | Diseñar la carpeta Asfáltica en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021                              | El diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) influye de manera positiva entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021         | El polietileno de baja densidad es un polímero termoplástico que está conformado por unidades repetitivas de etileno, es uno de los plásticos que más se usa para la transformación de envases de resistencia al impacto y a la elongación. | Este material tiene una buena elongación ante la aplicación de fuerzas de tensión, tiene un valor promedio de parámetro de ruptura de 350 a 750% en pruebas normalizadas.  | Composición                  | Propiedades de acuerdo a la composición                                  | Propiedades físicas<br>Propiedades Químicas                                    | Guía de análisis de documentos | Razón              |
|  |   |  |   |  | Función                      | Capacidad de adecuarse   | Ventajas   | Guía de análisis de documentos | Razón              |
|  |   |  |   |  | Dosificación                 | Dosificación   | Desventajas<br>% de dosificación   | Ensayo en laboratorio          |                    |
|  |   |  | Variable Dependiente  |  | Diseño Asfáltico en frío     |  |  |                                |                    |
| Problema Especifico  | Objetivos Específicos   | Hipótesis Específicos  | Definición conceptual   | Definición operacional   | Dimensiones                  | Sub dimensión  | Indicadores  | Instrumento                    | Escala de medición |
| ¿Cómo es la resistencia del diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar - Cusco - 2021?           | Analizar la resistencia del diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021.             | La resistencia mejora en el diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021.          |   | La variable Diseño de la carpeta asfáltica aplicando polietileno de baja densidad PEBD (Pellets) contiene cuatro dimensiones; resistencia, susceptibilidad a la humedad, trabajabilidad, costos, que serán medidos mediante ensayos a la carpeta asfáltica con los Pellets y los agregados | Estudios básicos             | Mecánica de suelos   | Granulometría  | Ensayo de laboratorio          | Razón              |
|  |   |  |   |  |                              |  | límites de consistencia<br>Pesos Unitarios ensayo Proctor<br>densidad de campo |                                |                    |
| ¿Cómo es el porcentaje de vacíos en el diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021? | Determinar el porcentaje de vacíos en el diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021 | El porcentaje de vacíos influye en el diseño Asfáltico en frío aplicando polietileno de baja densidad (Pellet) entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021 | Mezcla de material pétreo con productos asfálticos añadiendo Pequeños componentes en forma de granos, derivado de desperdicios plásticos que crean una capa más resistente y duradera   |  |                              |  | gravedad específica y absorción<br>Ensayo CBR<br>Asfalto                       |                                |                    |
| ¿Cuál es la dosificación óptima del polietileno de baja densidad (Pellet) en el diseño Asfáltico en frío entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021?        | Determinar la dosificación óptima del polietileno de baja densidad (Pellet) en el diseño Asfáltico en frío entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021        | La dosificación óptima del polietileno de baja densidad (Pellet) contribuye en el diseño Asfáltico en frío entre la Carretera Tarucuyo - Tahuapalcca, distrito de Coporaque, Espinar, Cusco - 2021     |   |  | Diseño                       | Diseño de la mezcla asfáltica convencional método de áreas               | Asfalto líquido de curado rápido RC-250  | Intervalo                      | Razón              |
|  |   |  |   |  |                              | Diseño de la mezcla asfáltica modificada con pellets por el método áreas | Polietileno de baja densidad<br>Pellets  | Intervalo                      | Razón              |

**ANEXO 2: ENSAYOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO DE LOS  
AGREGADOS Y DISEÑO DE MEZCLA.**

**ENSAYOS Y RESULTADOS  
DE LABORATORIO**

**GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO**

**GRANULOMETRIA AGREGADO FINO**

**PESOS UNITARIOS**

**EQUIVALENTE ARENA**

## Descripción del Área de Proyecto

Las principales técnicas de investigación empleadas en este proyecto son los ensayos de Laboratorio realizados en el Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos GEO&LAB EIRL.

### **Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo) (MTC E 105 – 2000, NTP 350.001, ASTM C 702- 93)**

Es el procedimiento para la conservación de las muestras inmediatamente después de obtenidas en el terreno, así como para su transporte y manejo.

**Paso1:** Muestreo de agregado grueso y fino en la cantera huancarumí del rio Apurímac comunidad sucamarca.



**Figura 1** Instalaciones de la Cantera de Huancarumi del Rio Apurímac Comunidad Sucamarca



**Figura 2** Muestreo de Agregado Grueso TN 3/4"



**Figura 3** Muestreo de Agregado Fino TN 3/8"

**Paso2:** Secado de agregado grueso y fino en la cantera huancarumi del rio Apurímac comunidad sucamarca.



**Figura 4** Seco de agregado fino TN 3/8"

**Paso3:** cuarteo de agregado grueso y fino en la cantera huancarumi del rio Apurímac comunidad sucamarca.



**Figura 5** Cuarteo de Agregado Fino TN 3/8”

## Propiedades físicas en agregados finos

### Gradación.

#### Metodología:

Para determinar la gradación de los agregados se utilizó el ensayo de análisis granulométrico de agregados finos (MTC E 204 – 2016/ ASTM C 36).

El objetivo de este ensayo es determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos por medio de tamices normalizados.

El ensayo consistió en hacer pasar cierta cantidad de muestra por dichos tamices normalizados, ordenados de mayor a menor abertura, y pesar los materiales retenidos en cada una de ellos; para poder así hallar el porcentaje acumulado que pasa y poder realizar la curva granulométrica.

**Paso1:** Peso inicial y el lavado de agregado grueso y fino en la cantera huancarumi del rio Apurímac comunidad sucamarca.



**Figura 6** Lavado del Agregado Grueso por el Tamiz # 200.



**Figura 7** Lavado del agregado fino por el tamiz # 200.

**Paso 2:** secado de agregado grueso y fino en horno a  $105 \pm 10$  y el respectivo tamizado de los agregados



**Figura 8** Juego de Tamices para Agregado Fino.



**Figura 9** Juego de Tamices para Agregado Grueso.



**Figura 10** Gradación de Agregado Fino.



**Figura 11** Gradación de Agregado Grueso.

### **Peso específico y absorción.**

#### **Metodología:**

Para determinar el peso unitario de los agregados se utilizó el ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos (MTC E 206 – 2016 / ASTM C 127). El objetivo de este ensayo es determinar, la relación entre el peso y el volumen del agregado y así poder hallar el contenido de vacíos de las mezclas asfálticas al realizar el ensayo Marshall.

El ensayo consistió en hallar los pesos de las muestras gruesas a diferentes condiciones, peso de la muestra seca, peso de la muestra saturada con superficie seca y peso sumergido en agua de la muestra saturada; para poder así hallar la gravedad específica y la absorción del agregado.

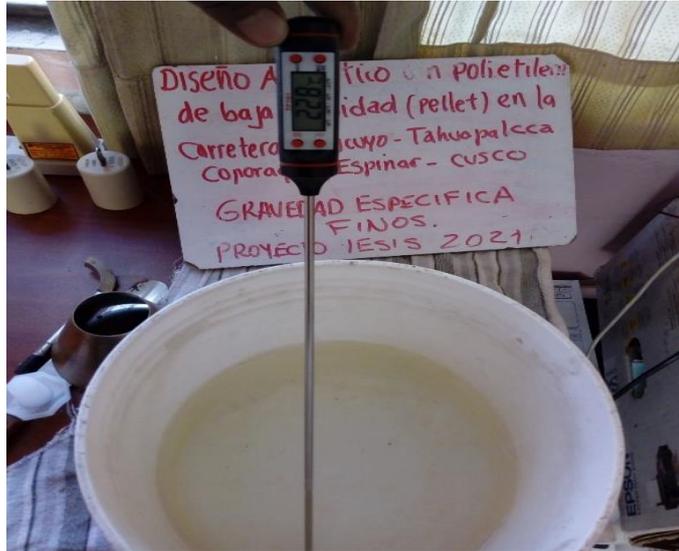
La muestra fue aproximada 4 kg lavados que hayan sido retenidos en la malla N° 4, esta se deja sumergir durante 24 horas, pasado este tiempo se saca del agua y se seca superficialmente con una franela obteniendo así el peso superficialmente seco. La muestra superficialmente seca se coloca en una canastilla y se sumerge en agua para obtener el peso sumergido en agua. Por último, la muestra se coloca en el horno y se pesa.

**Paso 1:** Saturación de muestras por 24 horas



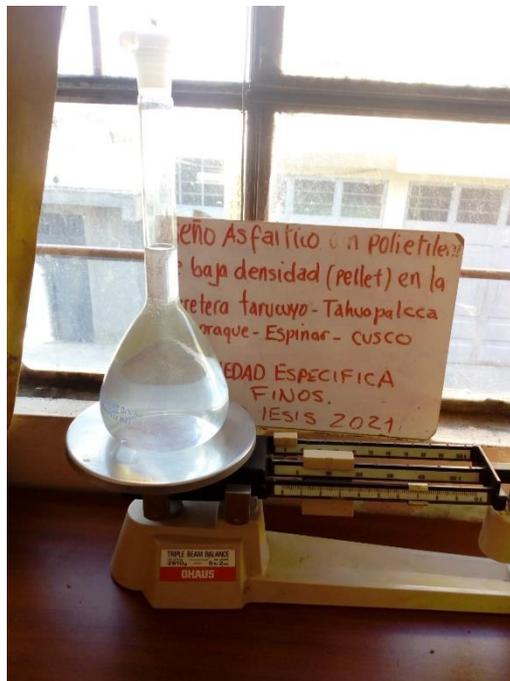
**Figura 12** Saturación de los Agregados Grueso y Fino.

**Paso 2:** Toma de temperatura de agua para ensayar peso específico de finos.



**Figura 13** Toma de Temperatura de Agua

**Paso 3:** calibración de fiola.



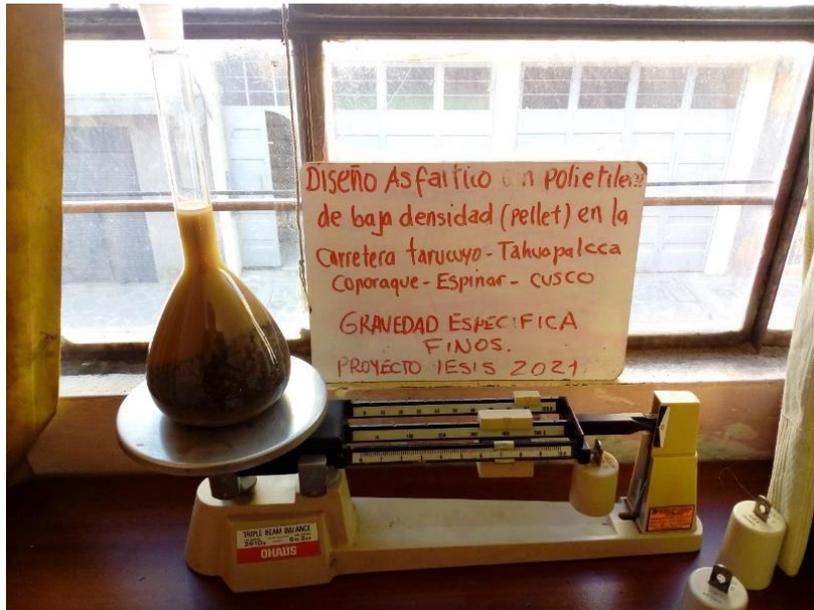
**Figura 14** Calibración de Fiola



**Figura 15** Ensayo de Cono para Humedad Óptima para P.E. Finos



**Figura 16** Humedad Óptima para Ensayo de P.E.



**Figura 17** Pesado de Agregado Fino más Fiola y Agua



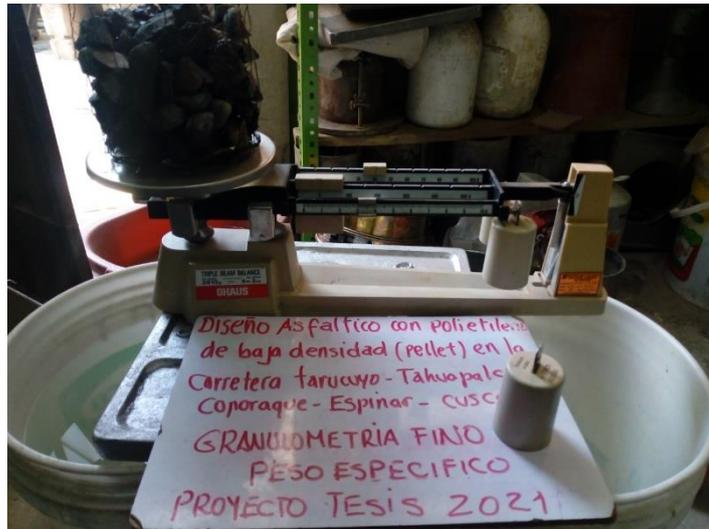
**Figura 18** Ensayo de Contenido de Humedad.



**Figura 19** Toma de T° para P.E. de Agregado Grueso.



**Figura 20** Peso de Canastilla



**Figura 21** Peso Semiseco de Agregado Grueso



**Figura 22** Semisecado de Agregado Grueso para P.E.

### **Peso unitario.**

#### **Metodología:**

Para poder determinar esta propiedad física se utilizó el ensayo de pesos unitarios y vacíos de los agregados (MTC E 203 – 2016 / NTP 400.017).Figura N° 26: Agregado grueso sumergido en agua 86.

El objetivo de este ensayo es obtener el peso unitario suelto y compactado de los agregados gruesos y finos, estos valores son útiles para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa.

El ensayo para peso unitario compactado consiste en colocar el agregado en un recipiente en tres capas compactando con 25 golpes por capa con una varilla. Luego debe pesarse el recipiente de volumen conocido.

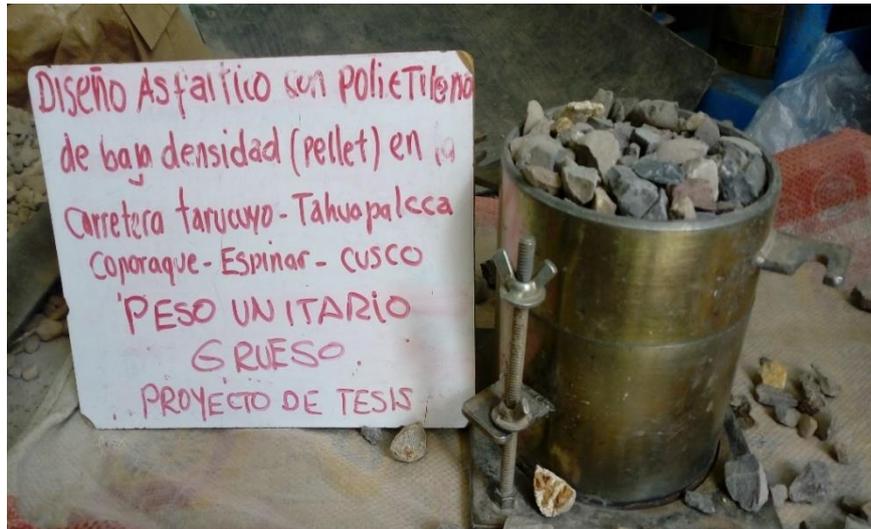
El ensayo para peso unitario suelto se debe llenar el recipiente, pero son compactar y se debe pesar el recipiente de volumen conocido.



**Figura 23** Cuarteo para Realizar el P.U.



**Figura 24** Toma de Peso para P.U.



**Figura 25** Peso Unitario de Agregado Grueso

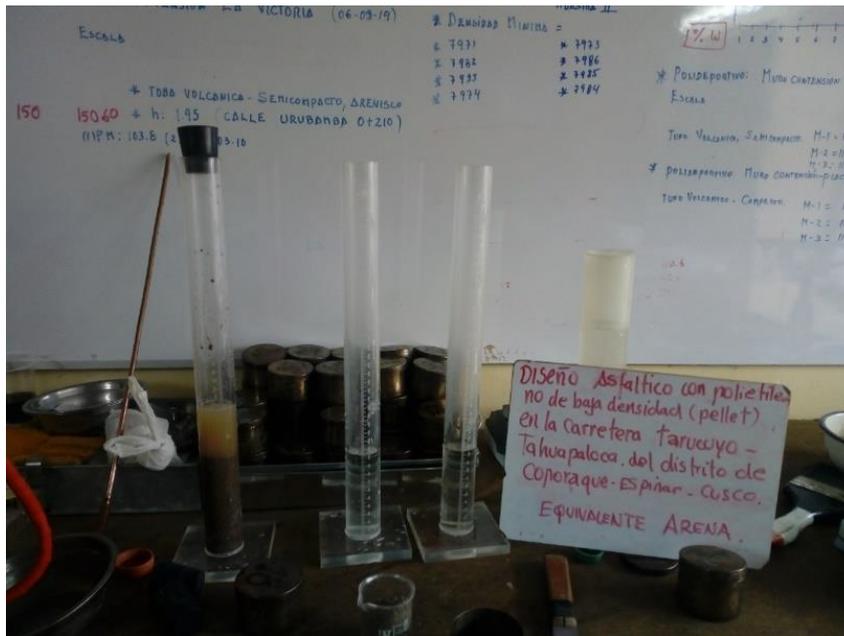
### **Equivalente de arena.**

#### **Metodología:**

Para poder determinar la proporción de polvo fino nocivo o material arcilloso, se utilizó el ensayo Equivalente de arena, suelos y agregados finos (MTC E 114 -2013 ASTM D 2419).

El ensayo consistió en tomar una muestra representativa y colocarla en probetas graduadas que contienen una disolución lavada, se dejó reposar durante 10 minutos.

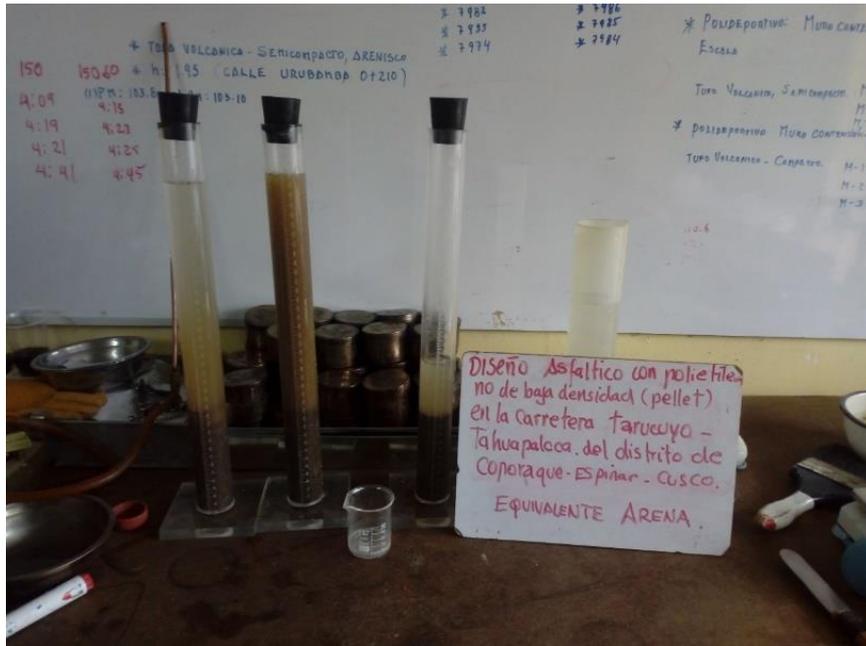
Después se debe agitar la probeta durante 30 segundos para luego colocar la probeta en posición vertical en reposo. Se enjuaga las paredes con la disolución lavada hasta llegar a la base de la probeta aplicando una ligera rotación para lograr una subida de los finos y de materiales arcillosos, esto se realizó hasta que la disolución llegue hasta la marca superior de la probeta. Finalmente se dejó reposar durante 20 minutos y se realizaron las mediciones y cálculos respectivos para hallar la proporción de arcilla en el agregado fino



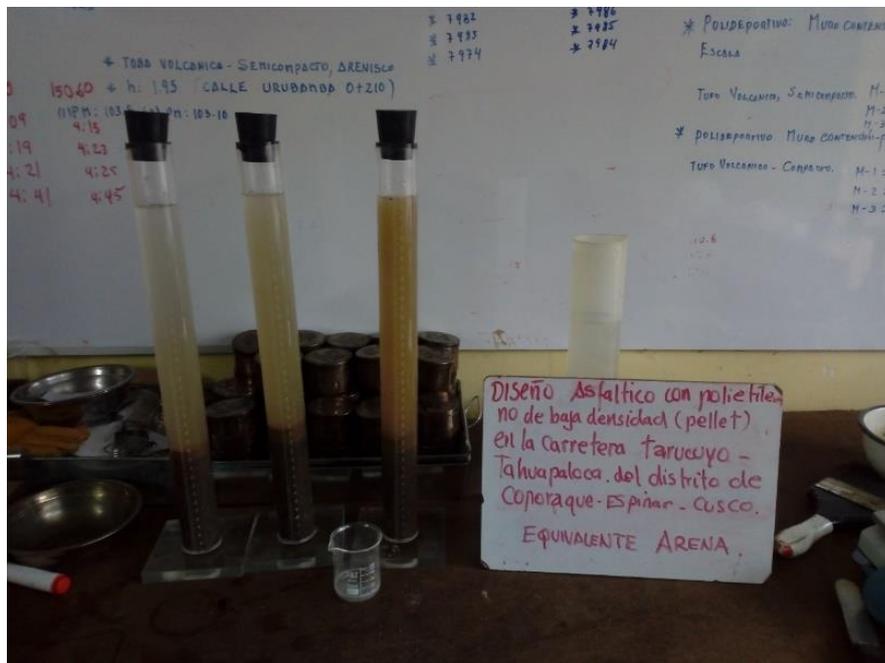
**Figura 26** Ensayo de Equivalente Arena



**Figura 27** Saturación del Agregado Fino



**Figura 28** Agitando las Muestras



**Figura 29** Decantando la Muestra para la Lectura



**Figura 30** Lectura del Ensayo Inicial



**Figura 31** Lectura del Ensayo Final

## II. Procesamiento del polietileno de baja densidad PEBD (Pellet).

El PEBD reciclado, es producido los trabajadores del área de reciclaje de la Municipalidad Distrital de Yanahuara, junto a la Asociación de recicladores ARESA, en promedio, 4 000 familias reciclan de los cuales por día se recoge 28 toneladas de residuos sólidos, de estos solo 1.2 toneladas son productos reciclados, se proyecta que por lo menos a diario se acopie 2 toneladas de reciclaje incrementando así el 10% las toneladas recicladas.

La Planta de valorización de Residuos Sólidos o Planta de reciclaje de Yanahuara, se ubica en el Km 18 de la carretera a Yura en la urb. Piedra Santa. Fue construida el 2008 con el fin de tratar los residuos derivados de los plásticos y contribuir con el cuidado del medio ambiente.

En años anteriores solo operó al 15% de su capacidad. Sin embargo, desde el 2019, su operatividad incrementó al 70%. A la fecha en las instalaciones se procesan casi 850 kilos de productos reciclados al día, con ello se producen 5 mil bolsas reutilizables a la semana, reductores de velocidad, tacos de seguridad además se trabaja para producir ladrillos ecológicos.

La Municipalidad de Yanahuara recibió el premio Nacional Ambiental Antonio Brack Egg por contribuir acciones apropiadas a favor del Medio Ambiente. Obtuvo el primer puesto en la categoría: Perú Limpio, siendo la única municipalidad en el país, junto al municipio de Lima en recibir este reconocimiento. Este título se suma al premio obtenido en diciembre de 2019, otorgado por la Municipalidad Provincial de Arequipa, a través del **“III reconocimiento ambiental: Arequipa ciudad blanca y saludable”**.

Contribuye en ciclo denominado: “Economía Circular”, con la Planta de Reciclaje de la Municipalidad Distrital de Yanahuara.

**Paso 1:** El proceso inicia cuando los camiones recicladores descargan los residuos reciclados.



**Figura 32** Acopio de Residuos Reciclables

**Paso 2:** Se realiza la segregación mediante una faja y cajoneras para separar cada material reciclable.



**Figura 33** Proceso de Segregación de Reciclado

**Paso 3:** Los materiales reciclables son separados y acopiados por la Asociación de recicladores ARESA para luego monetizarlo como medio de pago y el fill sucio

tendría que ir al botadero, pero eso es la materia prima para realizar la última transformación del polietileno de baja densidad.



**Figura 34** Acopia de Materiales Reciclables por la Asociación

**Paso 4:** Algunos polietilenos de baja densidad pasan a ser lavado, secado y molido.



**Figura 35** Molido del Polietileno de Baja Densidad

**Paso 5:** Luego el polietileno es fundido y es aglomerado ganando peso el material.



**Figura 36** Polietileno Aglomerado

**Paso 6:** El polietileno es fundido por el sistema de peletizadora a 270°C se filtra y sale en estado semilíquido



**Figura 37** Sistema Peletizadora

**Paso 7:** El polietileno pasa por la tina de enfriamiento dándole pequeño estiramiento para lograr el diámetro requerido.



**Figura 38** Tina de Enfriamiento

**Paso 8:** El polietileno de baja densidad finalmente llega a la trituradora y es el producto es el pellet o chip.



**Figura 39** Trituradora para el Pellet.

**Paso 9:** El polietileno de baja densidad en su presentación de pellet son almacenados para refabricar los productos que realiza la planta de reciclaje de la municipalidad, para realizar el diseño de mezcla asfáltica en frío.



**Figura 40** Producto Final Pellet de PEBD



**INFORME**  
**DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**  
**ASTM C128-15**

|         |            |
|---------|------------|
| Código  | AE-FO-37   |
| Versión | 01         |
| Fecha   | 28/04/2021 |
| Página  | 1 de 1     |

**Proyecto:** "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR -CUSCO 2021" **Registro N°:** GEOLAB-LEM-37

**Solicitante:** TESISTA BACH. RUFLO LAGUNA CONDORI **Muestreado por:** Solicitante

**Atención:** - **Ensayado por:** F. Incantillo

**Ubicación de Proyecto:** CENTRO POBLADO TARUCUYO - TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE **Fecha de Ensayo:** 28/04/2021

**Material:** Agregado Fino **Resp. Laboratorio:** C. Mendoza

**Código de Muestra:** ---

**Procedencia:** Cantera huancarumi de la comunidad sucamarca

**N° de Muestra:** ---

**Progresiva:** ---

| IDENTIFICACIÓN   |                                  | 1     | 2     |
|--|----------------------------------|-------|-------|
| A  | Peso Mat. Sat. Sup. Seca (SSS)   | 600.0 |       |
| B  | Peso Frasco + agua               | 700.7 |       |
| C  | Peso Frasco + agua + muestra SSS | 897.3 |       |
| D  | Peso del Mat. Seco               | 480.0 |       |
| Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = D/(B+A-C)      |                                  | 2.36  | 2.360 |
| Pe Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS = A/(B+A-C)      |                                  | 2.46  | 2.458 |
| Pe Aparente (Base seca) o Peso específico aparente = D/(B+D-C) |                                  | 2.82  | 2.617 |
| % Absorción = 100*((A-D)/D)                                    |                                  | 4.2   | 4.2   |



GEOLABORATORIO MECÁNICO DE  
 SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
 Ing° Constantino Merma Mendoza  
 CIP.: 46698

*Franco y Incantillo Matamoros*  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### DESGASTE POR ABRASIÓN

ASTM C131 /131M-14

Proyecto : "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR 2021"

Solicitante : Tesista Bach. Ruffo Laguna Condori

Muestreado por : R. Laguna C

Ubicación de Proyecto : Centro Poblado de Tarucuyo - Tahuapalcca del Distrito de Coporaque Espinar Cusco

Ensayado por : Y. Incattito M.

Material : Agregado Grueso - Piedra chancada huso #57

Ing. Resp: C. Merma M.

Fecha : 20/06/2021

Código de Muestra : ---  
 Procedencia : Cantera rio apurimac comunidad sucamarca  
 N° de Muestra : ---  
 Progresiva : ---

Profundidad: ---  
 Norte: ---  
 Este: ---  
 Cota: ---

#### DATOS

| PI     | P100 | P400 | U    | ABRASION |
|--------|------|------|------|----------|
| 5000.0 | 4667 | 3831 | 0.28 | 23       |

#### DETALLE

|             | RESULTADO |
|-------------|-----------|
| Uniformidad | 0.28      |
| Abrasión    | 23%       |

DE GEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
 Ing. Constantino Merma Mendoza  
 CIP: 46898

Juan Velasco  
 Fijado Y. Incattito Matamoros  
 DNI: 4848326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



**INFORME**

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINACIÓN DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO**  
**ASTM D4791-19**

|         |            |
|---------|------------|
| Código  | AE-FO-61   |
| Versión | 01         |
| Fecha   | 15-06-2021 |
| Página  | 1 de 1     |

**Proyecto** : "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"

**Solicitante** : TESISTA BACH. RUFO LAGUNA CONDORI

**Atención** : TESISTA BACH. RUFO LAGUNA CONDORI

**Ubicación de Proyecto** : CENTRO POBLADO DE TARUCUYO -TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE

**Material** : Agregado Grueso - Piedra chancada huso #6

**Registro N°** : GEOLAB-LEM-137-20

**Muestreado por** : Solicitante

**Ensayado por** : F. Incatitto

**Fecha de Ensayo** : 15/06/2021

**Resp. Laboratorio** : C. Merma

**Material** : ---

**Procedencia** : Cantara Huancanumi de la comunidad susancara

**N° de Muestra** : ---

**Progresiva** : ---

| TAMIZ (Pulg.)                    | ABERTURA (mm) | AGREGADO GRUESO       |          | PESO DE PARTICULAS CHATAS | PESO DE PARTICULAS ALARGADAS | PESO DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS | PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) | (% CORREGIDO) |
|----------------------------------|---------------|-----------------------|----------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------|
|                                  |               | PESO RET. GRAD. ORIG. | (%) RET. |                           |                              |                                       |                                   |               |
| 2"                               | 50.800        |                       |          |                           |                              |                                       |                                   |               |
| 1 1/2"                           | 38.100        |                       |          |                           |                              |                                       |                                   |               |
| 1"                               | 25.400        | 415.3                 | 10.10    | 12.5                      | 0.0                          | 21.4                                  | 8.18                              | 0.82          |
| 3/4"                             | 19.000        | 784.1                 | 10.07    | 23.6                      | 35.8                         | 2.6                                   | 7.91                              | 1.51          |
| 1/2"                             | 12.700        | 615.3                 | 14.96    | 32.4                      | 12.2                         | 3.1                                   | 7.75                              | 1.16          |
| 3/8"                             | 9.500         | 912.4                 | 22.19    |                           |                              |                                       |                                   |               |
| N° 4                             | 4.750         | 1305.1                | 33.68    |                           |                              |                                       |                                   |               |
| <b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA:</b> |               | <b>4112.2</b>         |          |                           |                              |                                       |                                   |               |

|  |             |
|--|-------------|
| <b>PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)</b> | <b>3.5</b>  |
| <b>ESPECIFICACIÓN - MÁXIMO (%)</b>       | <b>15.0</b> |


**GEOLAB LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**  
**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
**CIP: 46898**

  
**F. Incatitto Matamoros**  
**DNI: 48248326**  
**TÉCNICO LABORATORIO MECÁNICO DE SUELOS**



**FORMATO**

|         |            |
|---------|------------|
| Código  | AE-FO-58   |
| Versión | 01         |
| Fecha   | 15-06-2021 |
| Página  | 1 de 1     |

**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

**PROYECTO** : DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021

**SOLICITANTE** : TESISTA BACH. RUFO LAGUNA CONDORI

**CÓDIGO DE PROYECTO** : ---

**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Centro Poblado Tarucuyo - Tahuapalcca del Distrito de Coporaque

**GISTRO N°** : GEOLAB-067-03

**MUESTREADO POR** : Cliente

**ENSAYADO POR** : F. Incattito

**FECHA DE ENSAYO** : 15/06/2021

**RESP. LABORATORIO** : C. Merma

**Material** : Diseño de asfalto en frío

**Profundidad** : ---

**Procedencia** : Cantera - Huancarumi de la comunidad Sucamarca

**Norte** : ---

**N° de Muestra** : ---

**Este** : ---

**Ubicación** : ---

**Cota** : ---

**EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D2419**

**DATOS DE LA MUESTRA**

| ITEM | DESCRIPCION                               | ENSAYOS |        |        |
|------|---|---------|--------|--------|
| 1    | Tamaño Maximo (mm)                        | 4.76    | 4.76   | 4.76   |
| 2    | Muestra N°                                | 1       | 2      | 3      |
| 3    | Hora de Entrada                           | 16:05   | 16:09  | 16:13  |
| 4    | Hora de Salida                            | 16:15   | 16:19  | 16:23  |
| 5    | Hora de Entrada                           | 16:17   | 16:21  | 16:25  |
| 6    | Hora de Salida                            | 16:37   | 16:41  | 16:45  |
| 7    | Altura Maxima de la Arena (Pulgadas)      | 109.00  | 116.00 | 110.00 |
| 8    | Altura Maxima de Material Fino (Pulgadas) | 118.00  | 133.00 | 120.00 |
| 9    | Equivalente de Arena (%)                  | 92.4    | 87.2   | 91.7   |
| 10   | Equivalente de Arena Promedio (%)         | 90      |        |        |

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y ARGAMOS

*Constanino Merma Mendoza*

**Constanino Merma Mendoza**  
C.P.: 46898

*Fijezgerald Y. Incattito Matamoros*

**Fijezgerald Y. Incattito Matamoros**  
DNI: 48548326  
TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



**INFORME**

**CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DE LOS AGREGADOS  
ASTM C566-19**

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| <b>Código</b>  | <b>AE-FO-37</b>   |
| <b>Versión</b> | <b>01</b>         |
| <b>Fecha</b>   | <b>26/04/2021</b> |
| <b>Página</b>  | <b>1 de 1</b>     |

|                              |   |                          |                      |
|------------------------------|---|--------------------------|----------------------|
| <b>PROYECTO</b>              | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> | <b>REGISTRO N°:</b>      | <b>GEOLAB-LEM-37</b> |
| <b>SOLICITANTE</b>           | <b>TESISTA BACH. RUFU LAGUNA CONDORI</b>  | <b>MUESTREADO POR :</b>  | <b>Solicitante</b>   |
| <b>CÓDIGO DE PROYECTO</b>    | <b>---</b>  | <b>ENSAYADO POR :</b>    | <b>F. Incattito</b>  |
| <b>UBICACIÓN DE PROYECTO</b> | <b>CENTRO POBLADO TARUCUYO - TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE</b>  | <b>FECHA DE ENSAYO :</b> | <b>26/04/2021</b>    |
|                              |   | <b>RESP.LABORATORIO</b>  | <b>C. Merma</b>      |

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO**

| ITEM | DESCRIPCION                          | UND. | DATOS |       | PROMEDIO |
|------|--------------------------------------|------|-------|-------|----------|
| 1    | Peso del Recipiente                  | g    | 117.3 | 117.3 | 0.67     |
| 2    | Peso del Recipiente + muestra húmeda | g    | 584.0 | 584.0 |          |
| 3    | Peso del Recipiente + muestra seca   | g    | 580.9 | 580.9 |          |
| 4    | CONTENIDO DE HUMEDAD                 | %    | 0.67  | 0.67  |          |

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**

| ITEM | DESCRIPCION                          | UND. | DATOS |       | PROMEDIO |
|------|--------------------------------------|------|-------|-------|----------|
| 1    | Peso del Recipiente                  | g    | 119.9 | 119.9 | 4.99     |
| 2    | Peso del Recipiente + muestra húmeda | g    | 597.1 | 597.1 |          |
| 3    | Peso del Recipiente + muestra seca   | g    | 574.4 | 574.4 |          |
| 4    | CONTENIDO DE HUMEDAD                 | %    | 4.99  | 4.99  |          |


**LABORATORIO MECÁNICA DE  
SUELOS, CEMENTOS Y PAVIMENTOS**  
**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
**CIP. 46698**

  
**Fyzzgerald Y. Incattito Matamoros**  
**DTN. 40248326**  
**TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS**



**INFORME**  
**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINACIÓN DE LAS CARAS DE FRACTURA EN AGREGADO GRUESO**  
**ASTM D5821-13 (2017)**

|         |            |
|---------|------------|
| Código  | AE-FO-65   |
| Versión | 01         |
| Fecha   | 15-06-2021 |
| Página  | 1 de 1     |

Proyecto: "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" REGISTRO N°: 050LAB-LEM-137-20

Solicitante: Teelista Bach, Rifo Laguna Condon MUESTREADO POR: Solicitante

Atención: F. Incattito ENSAYADO POR: F. Incattito

Ubicación de Proyecto: FECHA DE ENSAYO: 15/06/2021

MATERIAL: Agregado Grueso - Piedra chancada huso #6 RESP LABORATORIO: C. Merma

Código de Muestra: ---

Procedencia: Cantera huancarumi de la comunidad sucomarca del Distrito de Coporaque

N° de Muestra: ---

Progresiva: ---

| A- CON UNA CARA FRACTURADAS               |                   |               |               |                |              |               |
|---|-------------------|---------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
| TAMAÑO DEL AGREGADO                       |                   | A             | B             | C              | D            | E             |
| PASA TAMIZ                                | RETENIDO EN TAMIZ | (g)           | (g)           | ((B/A)*100)    | % Retenido   | C*D           |
| 1 1/2"                                    | 1"                | 2000.0        | 1984.0        | 99.2           | 9.2          | 912.6         |
| 1"  | 3/4"              | 1500.0        | 1497.2        | 99.8           | 5.1          | 509.0         |
| 3/4"                                      | 1/2"              | 1200.0        | 1196.6        | 99.9           | 6.6          | 850.0         |
| 1/2"                                      | 3/8"              | 300.0         | 299.1         | 99.7           | 19.3         | 1,924.2       |
| <b>TOTAL</b>                              |                   | <b>5000.0</b> | <b>4978.9</b> |                |              |               |
| <b>PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA</b> |                   |               |               | <b>TOTAL E</b> | <b>4295</b>  |               |
|   |                   |               |               | <b>TOTAL D</b> | <b>42.20</b> | <b>99.8 %</b> |

| B- CON DOS CARAS FRACTURADAS                |                   |               |               |                |              |               |
|---|-------------------|---------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
| TAMAÑO DEL AGREGADO                         |                   | A             | B             | C              | D            | E             |
| PASA TAMIZ                                  | RETENIDO EN TAMIZ | (g)           | (g)           | ((B/A)*100)    | % Retenido   | C*D           |
| 1 1/2"                                      | 1"                | 2000.0        | 1978.6        | 98.9           | 9.2          | 910.2         |
| 1"  | 3/4"              | 1500.0        | 1364.9        | 91.0           | 5.1          | 484.1         |
| 3/4"  | 1/2"              | 1200.0        | 1162.4        | 96.9           | 8.6          | 833.1         |
| 1/2"  | 3/8"              | 300.0         | 264.9         | 88.3           | 19.3         | 1,704.2       |
| <b>TOTAL</b>                                |                   | <b>5000.0</b> | <b>4770.8</b> |                |              |               |
| <b>PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS</b> |                   |               |               | <b>TOTAL E</b> | <b>3911</b>  |               |
|   |                   |               |               | <b>TOTAL D</b> | <b>42.20</b> | <b>92.7 %</b> |



Ing. Constantino Merma Mendoza  
 CIP. 46898

Flyzgerald Y. Incattito Matamoros  
 DNI: 48240326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



**INFORME**  
**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y LA**  
**ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS**  
**ASTM C127-15**

|         |            |
|---------|------------|
| Código  | AE-FO-37   |
| Versión | 01         |
| Fecha   | 28/04/2021 |
| Página  | 1 de 1     |

|                       |   |                   |               |
|-----------------------|---|-------------------|---------------|
| Proyecto              | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR -CUSCO 2021" | Registro N°:      | GEOLAB-LEM-37 |
| Solicitante           | TESISTA BACH. RUFO LAGUNA CONDORI   | Muestreado por :  | Solicitante   |
| Atención              |   | Ensayado por :    | F. Incantito  |
| Ubicación de Proyecto | CENTRO POBLADO TARUCUYO - TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE   | Fecha de Ensayo:  | 28/04/2021    |
| Material              | Agregado Grueso   | Resp. Laboratorio | C. Merma      |
| Tipo de muestra       | ---   |                   |               |
| Procedencia           | Cantera huancaurumi de la comunidad sucamarca   |                   |               |
| N° de Muestra         | ---   |                   |               |
| Progresivas           | ---   |                   |               |

| DATOS |                                    |        |
|-------|------------------------------------|--------|
|       | A                                  | B      |
| 1     | Peso de la muestra sss             | 1543.6 |
| 2     | Peso de la muestra sss sumergida   | 838.4  |
| 3     | Peso de la muestra secada al horno | 1519.9 |

| RESULTADOS                    | 1     | 2 | PROMEDIO |
|-------------------------------|-------|---|----------|
| PESO ESPECIFICO DE MASA       | 2.155 |   | 2.155    |
| PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S | 2.189 |   | 2.189    |
| PESO ESPECIFICO APARENTE      | 2.230 |   | 2.230    |
| PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)   | 1.6   |   | 1.556    |


**GEOLABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**  
  
**Ing. Constanza Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

  
**Fijergeld Y. Incantito Matamoras**  
 DNI: 48248326  
 TÉCNICO LABORATORIO MECÁNICO DE SUELOS



**INFORME**  
**DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO**  
**DE LOS AGREGADOS**  
**ASTM C29 / C29M - 17a**

|         |            |
|---------|------------|
| Código  | AE-FO-37   |
| Versión | 01         |
| Fecha   | 27/04/2021 |
| Página  | 1 de 1     |

|                       |  |                   |                |
|-----------------------|--|-------------------|----------------|
| Proyecto              | : "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" | Registro N°       | GEOLAB-LEM-37  |
| Solicitante           | : TESISTA BACH. RUFO LAGUNA CONDORI  | Muestreado por    | : Solicitante  |
| Atención              | : -  | Ensayado por      | : F. Incattito |
| Ubicación de Proyecto | : CENTRO POBLADO TARUCUYO - TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE  | Fecha de Ensayo   | : 27/04/2021   |
| Material              | : Agregado Fino  | Resp. Laboratorio | : C. Merma     |
| Código de Muestra     | : ---  |                   |                |
| Procedencia           | : Cantera huancarumi comunidad sucamarca   |                   |                |
| N° de Muestra         | : ---  |                   |                |
| Progresiva            | : ---  |                   |                |

**PESO UNITARIO SUELTO**

| IDENTIFICACIÓN                      | 1        | 2        | PROMEDIO |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso de molde (kg)                  | 6.065    | 6.065    |          |
| Volumen de molde (m3)               | 0.002130 | 0.002130 |          |
| Peso de molde + muestra suelta (kg) | 9.442    | 9.442    |          |
| Peso de muestra suelta (kg)         | 3.377    | 3.377    |          |
| PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)        | 1586     | 1586     | 1586     |

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

| IDENTIFICACIÓN                       | 1        | 2        | PROMEDIO |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso de molde (kg)                   | 6.065    | 6.065    |          |
| Volumen de molde (m3)                | 0.002130 | 0.002130 |          |
| Peso de molde + muestra Compacto(kg) | 9.632    | 9.632    |          |
| Peso de muestra compacto (kg)        | 3.567    | 3.567    |          |
| PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)         | 1675     | 1675     | 1675     |

  
**Laboratorio Mecánica de SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**  
**Constantino Merma Mendoza**  
 CIP.: 46898

  
**Fijaz Y. Incattito Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



**INFORME**  
**DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS ASTM C29 / C29M - 17a**

|         |            |
|---------|------------|
| Código  | AE-FO-37   |
| Versión | 01         |
| Fecha   | 27/04/2021 |
| Página  | 1 de 1     |

|                       |  |                   |               |
|-----------------------|--|-------------------|---------------|
| Proyecto              | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" | Registro N°:      | GEOLAB-LEM-37 |
| Solicitante           | TESISTA BACH. RUFO LAGUNA CONDORI  | Muestreado por :  | Solicitante   |
| Atención              | -  | Ensayado por :    | F. Incattio   |
| Ubicación de Proyecto | CENTRO POBLADO TARUCUYO - TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE  | Fecha de Ensayo:  | 27/04/2021    |
| Material              | Agregado Grueso  | Resp. Laboratorio | C. Merma      |
| Código de Muestra     | -  |                   |               |
| Procedencia           | Cantera huancarumi comunidad suzamarca   |                   |               |
| N° de Muestra         | -  |                   |               |
| Progresiva            | -  |                   |               |

**PESO UNITARIO SUELTO**

| IDENTIFICACIÓN                      | 1        | 2        | PROMEDIO |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso de molde (kg)                  | 7.620    | 7.620    |          |
| Volumen de molde (m3)               | 0.003040 | 0.003040 |          |
| Peso de molde + muestra suelta (kg) | 11.987   | 11.987   |          |
| Peso de muestra suelta (kg)         | 4.047    | 4.047    |          |
| PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)        | 1331     | 1331     | 1331     |

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

| IDENTIFICACIÓN                        | 1        | 2        | PROMEDIO |
|---------------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso de molde (kg)                    | 7.620    | 7.620    |          |
| Volumen de molde (m3)                 | 0.003040 | 0.003040 |          |
| Peso de molde + muestra compacto (kg) | 12.061   | 12.061   |          |
| Peso de muestra compacto (kg)         | 4.441    | 4.441    |          |
| PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)          | 1461     | 1461     | 1461     |

  
**Ing° Constantino Merma Mendoza**  
 C.I.R.: 46898

  
**Fiza Y. Incattio Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



**PROYECTO :** "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"

**SOLICITA :** TESISISTA BACH. RUFO LAGUNA CONDORI

**MUESTRA :** Grava de 3/4" = 40%, Arena =60%

**CANTERA :** Huancarumi Rio Apurimac a 5Km del proyecto de investigacion

**FECHA :** 16/05/2021 **ESPOSOR:** 2 Pulg.

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - GRAVA

METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

| TAMICES      | ABERTURA | PESO           | PORCENTAJE    | % RETENIDO | PORCENTAJE | RANGO | DESCRIPCION DE LA MUESTRA         |
|--------------|----------|----------------|---------------|------------|------------|-------|-----------------------------------|
| ASTM         | mm       | RETENIDO       | RETENIDO      | ACUMULADO  | PASANTE    |       |                                   |
| 1 1/2"       | 38.100   |                |               |            |            |       | TAMAÑO MAXIMO 3/4"                |
| 1"           | 25.400   | 0.00           | 0.000         | 0.000      | 100.00     |       | CANTERA : Huancarumi              |
| 3/4"         | 19.050   | 301.77         | 16.406        | 16.406     | 83.59      |       | MUESTRA : Grava para carpeta      |
| 1/2"         | 12.700   | 734.70         | 39.942        | 56.348     | 43.65      |       |                                   |
| 3/8"         | 9.525    | 422.16         | 22.951        | 79.300     | 20.70      |       |                                   |
| 1/4"         | 6.350    | 336.88         | 18.315        | 97.614     | 2.39       |       |                                   |
| # 4          | 4.760    | 37.02          | 2.013         | 99.627     | 0.37       |       | PESO TOTAL 1839.40                |
| # 6          | 3.360    | 3.76           | 0.204         | 99.831     | 0.17       |       |                                   |
| # 8          | 2.380    | 3.01           | 0.164         | 99.995     | 0.01       |       | OBSERVACIONES:                    |
| # 10         | 2.000    | 0.09           | 0.005         | 100.000    | 0.00       |       | Material muestreado de la cantera |
| # 16         | 1.190    | 0.00           | 0.000         | 100.000    | 0.00       |       | Huancarumi                        |
| # 20         | 0.840    | 0.00           | 0.000         | 100.000    | 0.00       |       |                                   |
| # 30         | 0.590    | 0.00           | 0.000         | 100.000    | 0.00       |       |                                   |
| # 40         | 0.420    | 0.00           | 0.000         | 100.000    | 0.00       |       |                                   |
| # 50         | 0.300    | 0.00           | 0.000         | 100.000    | 0.00       |       |                                   |
| # 80         | 0.180    | 0.00           | 0.000         | 100.000    | 0.00       |       |                                   |
| # 100        | 0.149    | 0.00           | 0.000         | 100.000    | 0.00       |       |                                   |
| # 200        | 0.074    | 0.00           | 0.000         | 100.000    | 0.00       |       |                                   |
| < # 200      | < 0.074  | 0.00           | 0.000         | 100.000    | 0.00       |       |                                   |
| <b>TOTAL</b> |          | <b>1839.40</b> | <b>100.00</b> |            |            |       |                                   |



**Constantino Merma Mendoza**  
 CIP. 46899

**Fitzgerald Y. Incantillo Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICA DE SUELOS



**PROYECTO :** "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"

**SOLICITA :** TESISTA BACH. RUFO LAGUNA CONDORI

**MUESTRA :** Grava de 3/4" = 40%, Arena =60%

**CANTERA :** Huancarumi Rio Apurimac a 5Km del proyecto de investigacion

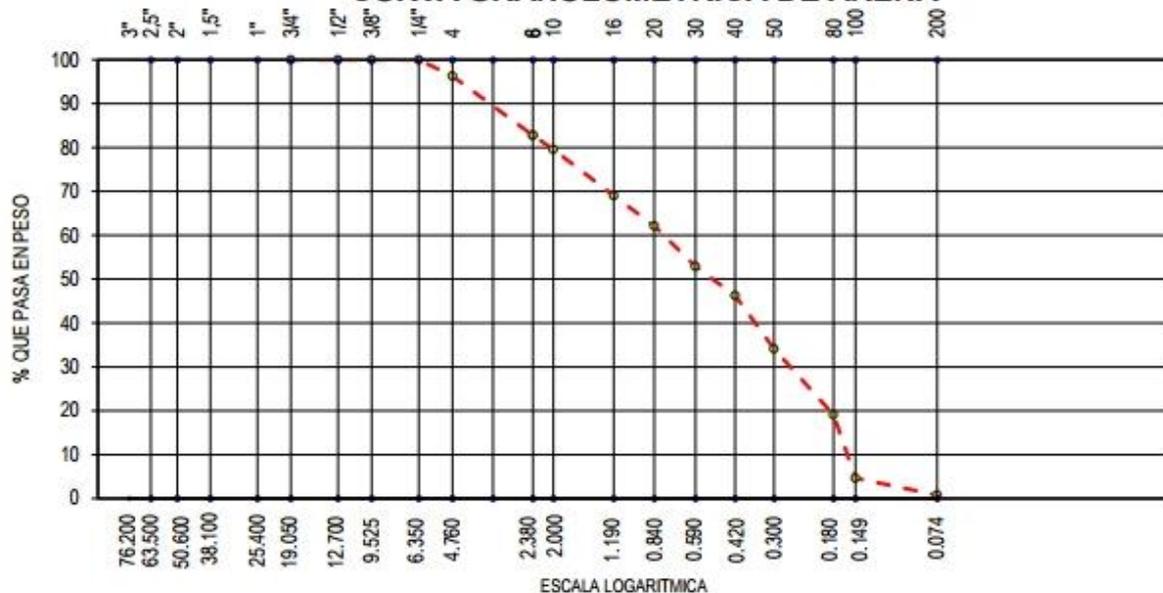
**FECHA :** 16/05/2021 **ESPESOR:** 2 Pulg.

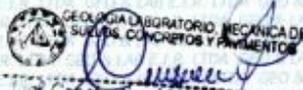
### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ARENA

METODO AASHTO T-89 Y ASTM-1422

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETEN     | % RETEN       | % RETEN ACUM | % PASANTE | RANGO | DESCRIPCION DE LA MUESTRA    |
|--------------|-------------|----------------|---------------|--------------|-----------|-------|------------------------------|
| 1 1/2"       | 38.100      |                |               |              |           |       | TAMAÑO MAXIMO                |
| 1"           | 25.400      |                |               |              |           |       |                              |
| 3/4"         | 19.050      | 0.00           | 0.000         |              | 100.00    |       | CANTERA : Huancarumi         |
| 1/2"         | 12.700      | 0.00           | 0.000         |              | 100.00    |       | MUESTRA : Arena para carpeta |
| 3/8"         | 9.525       | 0.00           | 0.000         | 0.000        | 100.00    |       |                              |
| 1/4"         | 6.350       | 0.00           | 0.000         | 0.000        | 100.00    |       |                              |
| # 4          | 4.760       | 57.62          | 3.689         | 3.689        | 96.31     |       | PESO TOTAL : 1562.21         |
| # 6          | 3.360       | 40.66          | 2.603         | 6.291        | 93.71     |       |                              |
| # 8          | 2.380       | 170.83         | 10.9          | 17.227       | 82.77     |       | INDICE PLASTICO :            |
| # 10         | 2.000       | 50.76          | 3.249         | 20.476       | 79.52     |       | OBSERVACIONES:               |
| # 16         | 1.190       | 164.16         | 10.508        | 30.984       | 69.02     |       |                              |
| # 20         | 0.840       | 107.28         | 6.867         | 37.851       | 62.15     |       |                              |
| # 30         | 0.590       | 145.10         | 9.288         | 47.139       | 52.86     |       |                              |
| # 40         | 0.420       | 103.44         | 6.621         | 53.761       | 46.24     |       |                              |
| # 50         | 0.300       | 190.26         | 12.179        | 65.940       | 34.06     |       |                              |
| # 80         | 0.180       | 234.24         | 14.994        | 80.934       | 19.07     |       |                              |
| # 100        | 0.149       | 225.26         | 14.419        | 95.354       | 4.65      |       |                              |
| # 200        | 0.074       | 60.42          | 3.868         | 99.221       | 0.78      |       |                              |
| < # 200      | < 0.074     | 12.17          | 0.779         | 100.000      | 0.00      |       |                              |
| <b>TOTAL</b> |             | <b>1562.21</b> | <b>100.00</b> |              |           |       |                              |

### CURVA GRANULOMETRICA DE ARENA



  
 Constantino Merma Mendoza  
 CIP: 46898

  
 Fitzgerald Y. Incantilla Matamoros  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

**ANEXO 3: DISEÑO DE MEZCLA EN FRIO METODO ÁREA SUPERFICIAL  
EQUIVALENTE DE LA MEZCLA (AS)**

DISEÑO DE MEZCLA EN FRIO  
METODO ÁREA SUPERFICIAL  
EQUIVALENTE DE LA MEZCLA (AS)

**APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD PEBD (PELLET)**

## **Diseño de Mezcla asfáltica en frío**

Describe que, en 1940, “Francis Hveem desarrollo el método que ahora recibe su nombre, Ingeniero de Materiales e Investigación con la División de Carreteras de California con el objetivo de brindar un procedimiento para fabricar, ensayar y diseñar mezclas asfálticas densas”. “El propósito del Método Hveem es el determinar el contenido óptimo de asfalto para una combinación específica de agregados. El método también provee información sobre las propiedades de la mezcla asfáltica final”.

Según Asphalt Institute, el Método de Área Superficial corresponde al principio que, el asfalto recubre la superficie del agregado, se fundamenta en que cada partícula del agregado que debe ser cubierta por el asfalto, tiene una superficie determinada la cual depende del tamaño de la partícula y su forma. Para determinar el área superficial del agregado, hay que tener su granulometría. En la práctica se obtiene de tablas, en lo que se denomina “Constante de Área Superficial Equivalente”.

Se determina la cantidad de asfalto por unidad de superficie, y se conoce como “Índice Asfáltico” que se obtiene de las curvas.

## **Metodología**

### **Elección el Tamizado**

Según, Asphalt Institute está en función del número de mallas utilizadas las que determinan el Factor de Áreas Superficiales (F.A.S), según la tabulación establecida.

Son constantes de Área también representadas por “K” en  $\text{pie}^2/\text{lib}$  el agregado, siendo mayor en el material fino. Normalmente se utilizan máxima 10 mallas, obteniendo 10 constantes.

El agregado se descompone en grupos cada vez más pequeños con granulometrías de tamaño máximo y mínimo se pueden tomar variados tipos de mallas obteniendo constantes diferentes

## Cálculo del Área Superficial Equivalente de la Mezcla (AS)

Cálculo del Área Superficial Equivalente de la Mezcla (AS) Según, Asphalt Institute, se multiplica el porcentaje retenido en cada dimensión de malla por el “K”, luego se suman los productos obtenidos y el total representará el “área superficial equivalente de la muestra en pie<sup>2</sup> /lib de agregado (N)”

**Tabla 1**  
*Modelo para el cálculo de área Superficial Equivalente*

| MALLA<br>PASA | RET | % RET | ( 1 ) | F.A.S (K)<br>(k pie <sup>2</sup> /lb) | A. S<br>Pie <sup>2</sup> /Lib |
|---------------|-----|-------|-------|---------------------------------------|-------------------------------|
| 3/4           | 3/8 | 10    | 0.1   | 1                                     | 0.1                           |
| 3/8           | 4   | 15    | 0.15  | 2                                     | 0.3                           |
| 4             | 8   | 10    | 0.1   | 4                                     | 0.4                           |
| 8             | 16  | 10    | 0.1   | 8                                     | 0.8                           |
| 16            | 30  | 20    | 0.2   | 16                                    | 0.32                          |
| 30            | 50  | -     | -     | 30                                    | -                             |
| 50            | 100 | -     | -     | 60                                    | -                             |
| 100           | 200 | -     | -     | 120                                   | -                             |
| 200           | 270 | -     | -     | 200                                   | -                             |
| 270           |     |       |       | 300                                   |                               |
|               |     | 100   | 100   |                                       | Suma = N                      |

Fuente. Diseño de Mezclas asfálticas, Asphalt Institute Manual Series N°22 (MS-22)

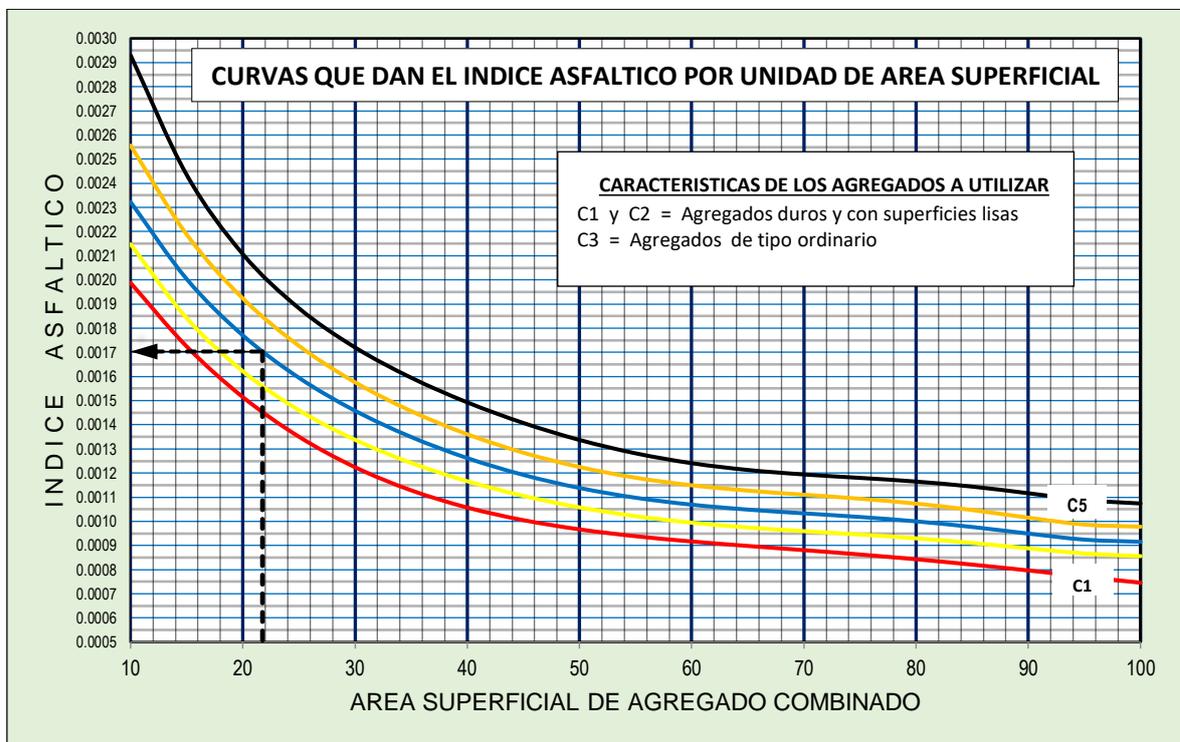
## Cálculo del Índice Asfáltico (I.A)

Es cantidad de asfalto en libras que requiere cada pie cuadrado de superficie de agregado. Cada pie cuadrado de áreas superficial del agregado, tiene un peso determinado de asfalto que varía entre: 0.001 y 0.003 libra de asfalto por pie cuadrado de superficie de agregado.

Se ha elaborado el gráfico con las curvas 1 a 5, según la naturaleza del agregado. Se obtiene de ABACOS entrando con el área superficial obtenida hasta cortar la curva de agregados, encontrando en las ordenadas el valor del índice asfáltico en libra asfalto/pie<sup>2</sup> de agregado.

Si no se obtiene el gráfico, se puede usar un índice de 0.0015 lb de asfalto/pie<sup>2</sup>

Halle el área superficial de la muestra como se ha obtenido en las tablas en la línea inferior de este gráfico. Siga hacia arriba hasta encontrar la curva. De aquí siga hacia la izquierda en la línea de este extremo se encuentra el índice asfáltico. Multiplique el área superficial por el índice asfáltico: el resultado dará el número de libras de asfalto por libra de agregado.



**Figura 1** Gráfico de índice de asfalto.

### Utilización del Método

Según, Asphalt Institute, la utilización de este método comprende:

Se encuentra la granulometría del agregado, para poder utilizar una de las tablas de constantes de superficie que se tengan.

- Se toma el peso específico del agregado.
- Se busca el Índice Asfáltico utilizando en la figura N° 51
- Se aplica la fórmula, la que nos dará la cantidad de asfalto.
- Proceso para el Diseño de una Mezcla en Frío

## **Según, Asphalt Institute**

Se escoge el tipo de agregados con los que se va a obtener la mezcla. Para ello puede tomarse cualquiera de los cinco tipos de granulometría, recomendados por el Instituto del Asfalto.

Se calcula la cantidad de bitumen que se va a emplearse en la mezcla, utilizando una de las fórmulas empíricas o el método de las áreas superficiales.

- Se determina el tipo de asfalto diluido que se va a usar.
- Se calcula la cantidad del asfalto escogido

### **Cálculo del Porcentaje de Asfalto (% Asf)**

$$P = \frac{2.65 * \textit{Área Superficial} * \textit{Índice Asfáltico}}{\textit{Peso específico del agregado}}$$

#### **Donde:**

P = Porcentaje de asfalto en peso sobre el peso total de la mezcla.

Área Superficial de la suma de todas las partículas, en pies cuadrados/libra de peso.

índice Asfáltico, cantidad de asfalto de recubrimiento.

Nota: Es necesario tener en cuenta los pesos específicos correspondientes.



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



**PROYECTO :** "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"

**SOLICITA :** TESISISTA BACH. RUFO LAGUNA CONDORI

**MUESTRA :** Grava de 3/4" = 40%, Arena =60%  
**CANTERA** Huancarumí Rio Apurimac a 5Km del proyecto de investigación

**FECHA :** 16/05/2021 **ESPESOR:** 2 Pulg.

### DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN FRIO

| DATOS DE LABORATORIO   | ASFALTO | GRAVA | ARENA                    |
|------------------------|---------|-------|--------------------------|
| Peso específico        | 0.998   | 2.189 | 2.360 Kg./m <sup>3</sup> |
| Peso/m3 suelto         | 0.998   | 1.259 | 1.575 Kg./m <sup>3</sup> |
| Peso/m3 varillado      |         | 1.448 | 1.703 Kg./m <sup>3</sup> |
| Porcentaje de mezcla   | 5.371   | 40.00 | 60.00 %                  |
| Porcentajes corregidos | 5.371   | 37.85 | 56.78 %                  |

#### I. CALCULO DE VOLUMENES

|              |                               |
|--------------|-------------------------------|
| GRAVA        | 0.017293 m <sup>3</sup>       |
| ARENA        | 0.024059 m <sup>3</sup>       |
| ASFALTO      | 0.005382 m <sup>3</sup>       |
| <b>Total</b> | <b>0.046734 m<sup>3</sup></b> |

#### II. COMPONENTES EN PESO POR M3 DE MEZCLA

|                  |   |
|------------------|---|
| GRAVA            | 809.938 Kg./m <sup>3</sup>              |
| ARENA            | 1214.908 Kg./m <sup>3</sup>             |
| ASFALTO          | 114.929 Kg./m <sup>3</sup>              |
| Densidad Teorica | <b>Total 2139.775 Kg./m<sup>3</sup></b> |
| Densidad Real    | <b>2032.786 Kg./m<sup>3</sup></b>       |

#### III. VOLUMENES ABSOLUTOS DE AGREGADOS

|              |                            |
|--------------|----------------------------|
| GRAVA        | 0.370 m <sup>3</sup>       |
| ARENA        | 0.515 m <sup>3</sup>       |
| ASFALTO      | 0.115 m <sup>3</sup>       |
| <b>Total</b> | <b>1.000 m<sup>3</sup></b> |

#### IV. CORRECCION DE LOS AGREGADOS POR M3 DE MEZCLA

|              |                                   |
|--------------|-----------------------------------|
| GRAVA        | 769.441 Kg./m <sup>3</sup>        |
| ARENA        | 1154.162 Kg./m <sup>3</sup>       |
| ASFALTO      | 109.183 Kg./m <sup>3</sup>        |
| <b>Total</b> | <b>2032.786 Kg./m<sup>3</sup></b> |

#### V. ASFALTO EN GALONES POR M3 DE MEZCLA

|         |                           |
|---------|---------------------------|
| ASFALTO | 28.904 gln/m <sup>3</sup> |
|---------|---------------------------|

#### VI. PESO DE MEZCLA POR M2 DE CARPETA ASFALTICA

|                   |                            |
|-------------------|----------------------------|
| PESO DE LA MEZCLA | 103.266 Kg./m <sup>2</sup> |
|-------------------|----------------------------|

#### VII. PESO DE LOS AGREGADOS POR M2 DE CARPETA ESPESOR (CM.) =

|              |                                  |
|--------------|----------------------------------|
| GRAVA        | 38.472 Kg./m <sup>2</sup>        |
| ARENA        | 57.708 Kg./m <sup>2</sup>        |
| ASFALTO      | 5.459 Kg./m <sup>2</sup>         |
| <b>Total</b> | <b>101.639 Kg./m<sup>2</sup></b> |

#### VIII. ASFALTO EN GALONES POR M2, ESPESOR (CM.) = 5 1.445 gln/m<sup>2</sup>

Constantino Merma Mendoza  
CIP. 46899

Fitzgerald Y. Incattio Matamoros  
DNI: 48248326  
RECTOR LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



**PROYECTO :** "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"

**SOLICITA :** TESISTA BACH. RUFO LAGUNA CONDORI

**MUESTRA :** Grava de 3/4" = 40%, Arena =60%

**CANTERA** Huancarumi Rio Apurimac a 5Km del proyecto de investigacion

**FECHA :** 16/05/2021 **ESPESOR:** 2 Pulg.

### DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE ASFALTO PARA MEZCLA POR EL METODO DE AREA SUPERFICIAL EQUIVALENTE

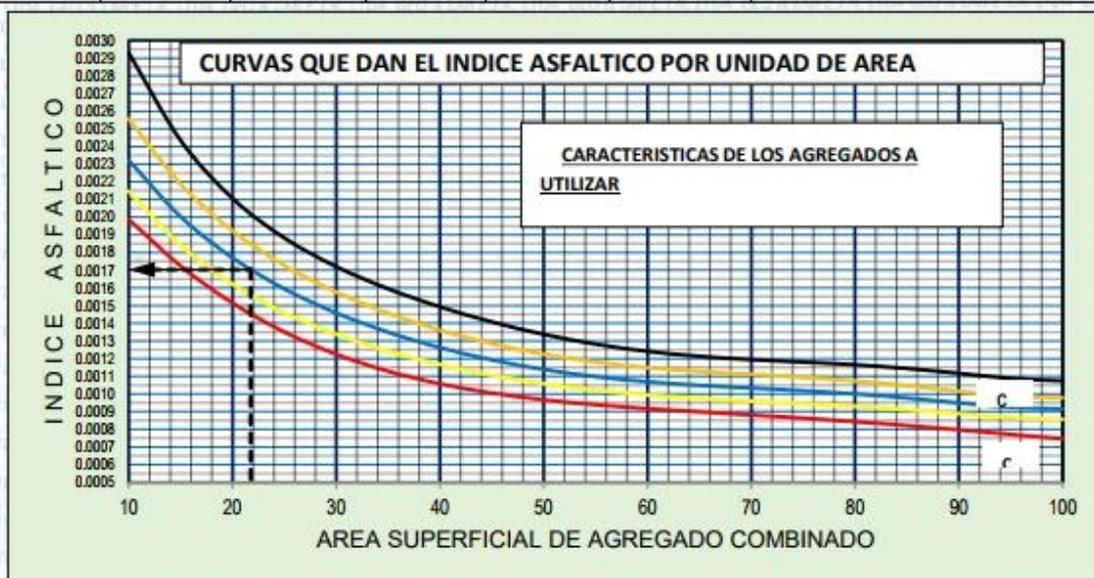
**Características del material a utilizar en el diseño de mezcla asfáltica con RC-250**

1. Agregados duros y superficie lisa utilizar la curva 1 ó 2
2. Agregado de tipo ordinario utilizar la curva 3
3. Agregados ásperos e irregulares utilizar la curva 4 ó 5

**Elija el material con las características físicas:**

**3**

| MALLAS ( Serie americana) |          | PORCENTAJE | POR UNIDAD | CONSTANTE K | AREA EQUIVALENTE | DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE ASFALTO LIQUIDO : |         |
|---------------------------|----------|------------|------------|-------------|------------------|---|---------|
| PASANTE                   | RETENIDO |            |            |             |                  |   |         |
| 1"                        | 1/4"     | 42.9       | 0.429      | 3           | 1.288            | P. E. de la mezcla de agregados                   | 2.28837 |
| 1/4"                      | # 10     | 12.5       | 0.125      | 5           | 0.626            | Area superficial equivalente                      | 21.7492 |
| # 10                      | # 20     | 9.7        | 0.097      | 11          | 1.071            | Indice asfáltico determinado                      | 0.00170 |
| # 20                      | # 30     | 5.2        | 0.052      | 18          | 0.937            | Relacion de pesos especific 2,65/                 | 1.15803 |
| # 30                      | # 40     | 3.7        | 0.037      | 27          | 1.002            | Tipo de asfalto                                   | RC-250  |
| # 40                      | # 50     | 6.8        | 0.068      | 36          | 2.456            | Cemento asfáltico sin solvente                    | 4.29000 |
| # 50                      | # 80     | 8.4        | 0.084      | 55          | 4.620            | Asfalto 80%                                       | 5.37108 |
| # 80                      | # 100    | 8.1        | 0.081      | 75          | 6.059            | Porcentaje de asfalto RC-250                      | 5.37%   |
| # 100                     | # 200    | 2.2        | 0.022      | 120         | 2.600            | Maximo  | 5.64%   |
| # 200                     |          | 0.4        | 0.004      | 250         | 1.091            | Minimo  | 5.10%   |
|                           |          | 100.0      | 1.000      |             | 21.749           |   |         |



GEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
 Constantino Merma Mendoza  
 CIP. 46898

Fitzgerald Y. Incattio Matamoros  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



**PROYECTO :** "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"

**SOLICITA :** TESISTA BACH. RUFO LAGUNA CONDORI

**MUESTRA :** Grava de 3/4" = 40%, Arena =60%

**CANTERA** : Huancarumi Río Apurimac a 5Km del proyecto de investigacion

**FECHA :** 16/05/2021 **ESPESOR:** 2 Pulg.

### DETERMINACION DE LA MEZCLA DE AGREGADOS

| TAMICES | ABERTURA | PORCENTAJE QUE PASA |          | PORCENTAJE DE TRABAJO | RANGO |     |
|---------|----------|---------------------|----------|-----------------------|-------|-----|
|         |          | AG. GRUESO          | AG. FINO |                       |       |     |
| ASTM    | mm       |                     |          |                       |       |     |
| 1"      | 25.400   | 100.00              |          |                       | 100   | 100 |
| 3/4"    | 19.050   | 83.59               | 100.00   | 93.44                 |       |     |
| 1/2"    | 12.700   | 43.65               | 100.00   | 77.46                 | 75    | 90  |
| 3/8"    | 9.525    | 20.70               | 100.00   | 68.28                 |       |     |
| 1/4"    | 6.350    | 2.39                | 100.00   | 60.95                 |       |     |
| # 4     | 4.760    | 0.37                | 96.31    | 57.94                 | 50    | 70  |
| # 6     | 3.360    | 0.17                | 93.71    | 56.29                 |       |     |
| # 8     | 2.380    | 0.01                | 82.77    | 49.67                 |       |     |
| # 10    | 2.000    | 0.00                | 79.52    | 47.71                 | 35    | 50  |
| # 16    | 1.190    | 0.00                | 69.02    | 41.41                 |       |     |
| # 20    | 0.840    | 0.00                | 62.15    | 37.29                 |       |     |
| # 30    | 0.590    | 0.00                | 52.86    | 31.72                 |       |     |
| # 40    | 0.420    | 0.00                | 46.24    | 27.74                 | 20    | 30  |
| # 50    | 0.300    | 0.00                | 34.06    | 20.44                 |       |     |
| # 80    | 0.180    | 0.00                | 19.07    | 11.44                 |       |     |
| # 100   | 0.149    | 0.00                | 4.65     | 2.79                  |       |     |
| # 200   | 0.074    | 0.00                | 0.78     | 0.47                  | 0     | 3   |

**RESULTADO DE LA MEZCLA**

**MUESTRA I :**

**GRAVA 3/4"** **40%**

Rango **37** **44**

**MUESTRA II :**

**ARENA 3/8"** **60%**

Rango **56** **63**

**OBSERVACIONES:**

Agregados grava y arena (Chancado y de canto rodado)

**CANTERA :**

Huancarumi



*Constantino Merma Mendoza*  
CIP. 46898

*Fitzgerald Y. Incantio Matamoros*  
DNI: 48248326  
TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



**PROYECTO :** "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"

**SOLICITA :** TESISTA BACH. RUFO LAGUNA CONDORI

**MUESTRA :** Grava de 3/4" = 40%, Arena =60%

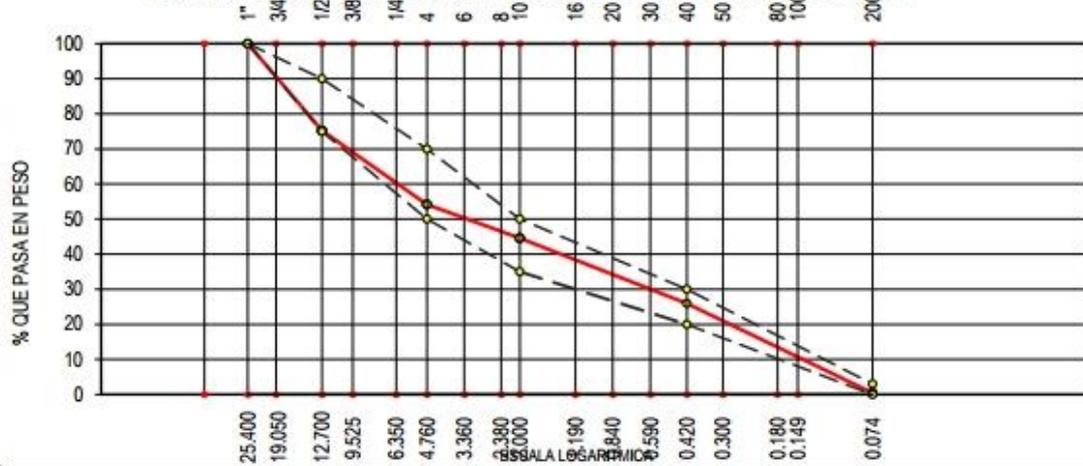
**CANTERA :** Huancarumi Rio Apurimac a 5Km del proyecto de investigacion

**FECHA :** 16/05/2021 **ESPEJOR:** 2 Pulg.

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - MEZCLA METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | RETENIDO       |               |           | PORCENTAJE PASANTE | RANGO |     | DESCRIPCION DE LA MUESTRA  |
|--------------|-------------|----------------|---------------|-----------|--------------------|-------|-----|--|
|              |             | PESO           | PORCENTAJE    | ACUMULADO |                    |       |     |  |
| 1.5"         | 38.100      |                |               |           | 100.00             | 100   | 100 | TAMAÑO MAXIMO  |
| 1"           | 25.400      |                |               |           | 92.79              | 75    | 90  | CANTERA : Huancarumi   |
| 3/4"         | 19.050      | 120.71         | 7.21          | 7.21      | 75.22              | 50    | 70  | MEZCLA DE MUESTRA : AGREGADOS                                    |
| 1/2"         | 12.700      | 293.88         | 17.57         | 24.78     | 65.13              | 35    | 50  | PESO TOTAL : 1673.09   |
| 3/8"         | 9.525       | 168.86         | 10.09         | 34.87     | 57.07              |       |     | INDICE PLASTICO :  |
| 1/4"         | 6.350       | 134.75         | 8.05          | 42.93     | 54.12              |       |     | OBSERVACIONES:   |
| # 4          | 4.760       | 49.38          | 2.95          | 45.88     | 52.57              |       |     | Materiales muestreados de los acumulados en cancha de la cantera |
| # 6          | 3.360       | 25.90          | 1.55          | 47.43     | 46.38              |       |     | Huancarumi   |
| # 8          | 2.380       | 103.70         | 6.20          | 53.62     | 44.55              |       |     |  |
| # 10         | 2.000       | 30.49          | 1.82          | 55.45     | 44.55              |       |     |  |
| # 16         | 1.190       | 98.50          | 5.89          | 61.33     | 38.67              |       |     |  |
| # 20         | 0.840       | 64.37          | 3.85          | 65.18     | 34.82              |       |     |  |
| # 30         | 0.590       | 87.06          | 5.20          | 70.39     | 29.61              |       |     |  |
| # 40         | 0.420       | 62.06          | 3.71          | 74.09     | 25.91              | 20    | 30  |  |
| # 50         | 0.300       | 114.16         | 6.82          | 80.92     | 19.08              |       |     |  |
| # 80         | 0.180       | 140.55         | 8.40          | 89.32     | 10.68              |       |     |  |
| # 100        | 0.149       | 135.16         | 8.08          | 97.40     | 2.60               |       |     |  |
| # 200        | 0.074       | 36.25          | 2.17          | 99.56     | 0.44               | 0     | 3   |  |
| < # 200      | < 0.074     | 7.30           | 0.44          | 100.00    | 0.00               |       |     |  |
| <b>TOTAL</b> |             | <b>1673.09</b> | <b>100.00</b> |           |                    |       |     |  |

**CURVA GRANULOMETRICA DE LA MEZCLA DE AGREGADOS**



**Constantino Merma Mendoza**  
 CIP. 46898

**Fitzgerald Y. Incantilla Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS

**ANEXO 4: PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE  
ESPECIMENES EN EQUIPOS DE MARSHALL**

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA  
COMPRESION DE ESPECIMENES  
EN EQUIPOS DE MARSHALL**

**TESIS: DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA  
DENSIDAD EN LA CARRTERA TARUCUYO- TAHUAPALCCA DEL DISTRITO  
DE COPORAQUE, ESPINAR 2021.**

## **Método Marshall para la Prueba de Diseño de la Mezcla Asfáltica en Frío.**

El concepto del Método Marshall en el diseño de mezclas para pavimentación fue formulado por Bruce Marshall, ingeniero de asfaltos de Departamento de Autopistas del estado de Mississippi. El cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos, a través de una extensiva investigación y estudios de correlación, mejoraron y adicionaron ciertos aspectos al procedimiento de prueba Marshall, a la vez que desarrolló un criterio de diseño de mezclas, “el método Marshall utiliza especímenes de prueba (briquetas) estándar de 64 mm (2 ½”) de alto y 102 mm (4”) de diámetro, se preparan mediante un procedimiento para calentar, combinar y compactar mezcla de asfalto – agregado (ASTM D1559). Los dos aspectos principales del método Marshall son: densidad – análisis de vacíos, la prueba de estabilidad – flujo de los especímenes compactados; cabe mencionar que este proceso de diseño no tiene especificado pruebas para agregados minerales ni para cementos asfálticos. Los criterios de ensayos recomendados, son aplicable para mezclas de agregados para base granular de bajos volúmenes de tráfico, conteniendo emulsión asfáltica y agregados minerales de gradación densa. Este método diseño es recomendado para mezclas en camino o elaboradas en planta, preparadas a temperatura ambiente. (Guevara, 2013, p.85).

(Ramos & Muñiz, 2013), indica que, “la carga de falla de las briquetas se denomina estabilidad y la deformación máxima se llama flujo”, uno de los Métodos de diseño más usado en la actualidad es el Marshall Modificado, basado en el método Marshall para diseño de mezclas en caliente el cual es modificado para adecuarse al diseño de mezclas preparadas a temperatura ambiente. Su propósito es proveer la cantidad adecuada de ligante asfáltico que establezca el material granular con el fin de dar la resistencia o estabilidad requerida para soportar las aplicaciones de carga sin una deformación permanente excesiva o los efectos por cambios bruscos de temperatura. El diseño analiza la relación ESTABILIDAD – FLUJO en muestras compactadas y la relación densidad-análisis de vacíos. (Galván, 2015, p.37) La estabilidad y el flujo de un pavimento reflejan su capacidad de resistir desplazamientos y su deformación bajo las cargas del tránsito. En la relación densidad y contenido de vacíos, entre más alta la densidad menor es el porcentaje

de vacíos en la mezcla, y viceversa. La durabilidad de un pavimento asfáltico es función del contenido de vacíos, a menor cantidad de vacíos menor será permeabilidad de la mezcla y un contenido alto proporciona aberturas donde puede entrar agua y aire, deteriorando el pavimento. (Galván, 2015, p.38)

**Tabla 1**  
*Requisitos para Mezclas de Concreto Bituminoso*

| Parámetros de diseño                                      | Clase de Mezcla  |                |                  |
|---|------------------|----------------|------------------|
|   | Tránsito Pesado  | Tránsito Medio | Tránsito Liviano |
| 1. Compactación, número de golpes por lado                | 75               | 50             | 35               |
| 2. Estabilidad (mínimo)                                   | 8.15 kN          | 5.44 kN        | 4.53 kN          |
| 3. Flujo 0.01" (0.25 mm)                                  | 8 - 14           | 8 - 16         | 8 - 20           |
| 4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)          | 3 - 5            | 3 - 5          | 3 - 5            |
| 5. Vacíos en el agregado mineral                          | Ver Tabla 423-10 |                |                  |
| Inmersión - Compresión (MTC E-518)                        |                  |                |                  |
| 1. Resistencia a la compresión Mpa min.                   | 2.1              | 2.1            | 1.4              |
| 2. Resistencia retenida % (mín.)                          | 75               | 75             | 75               |
| Relación Polvo Asfalto (2)                                | 0.6 - 1.3        | 0.6 - 1.3      | 0.6 - 1.3        |
| Relación Estabilidad flujo (kg/cm) (3)                    | 1700-4000        |                |                  |
| Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta | 80 Mín.          |                |                  |

(1) A la fecha se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango de 2% a 4% (es deseable que tienda al menos 2%) con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos.

(2) Relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0,075 mm y el contenido de asfalto efectivo, en porcentaje en peso del total de la mezcla.

(3) Para zonas de clima frío es deseable que la relación Est. /flujo sea de la menor magnitud posible.

(4) El índice de Compactibilidad mínimo será 5. 
$$\frac{1}{GEB\ 50 - GEB\ 75}$$

El índice de Compactibilidad se define como:

Siendo GEB50 Y OEB75. las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 75 golpes

Fuente. Manual de Carreteras Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013.

**Tabla 2**  
*Criterios para el Diseño de Mezcla de Agregados - Emulsión Asfáltica.*

| Propiedades de los Ensayos   | Mínimo | Máximo |
|--|--------|--------|
| Estabilidad. N(1b) a 22.2° C (72°F)  | 2224   |        |
| Mezclas para pavimentos  | 500    |        |
| Porcentaje de Perdida de estabilidad después de saturación de vacíos e inmersión |        | 50     |
| Agregado para recubrimiento  | 50     |        |

Fuente. Manual de Carreteras Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013.

## **Fabricación de Briquetas**

Para la elaboración de briquetas de asfalto se toma la muestra de (1200 gr.) de material de gradación combinada por unidad de briqueta.

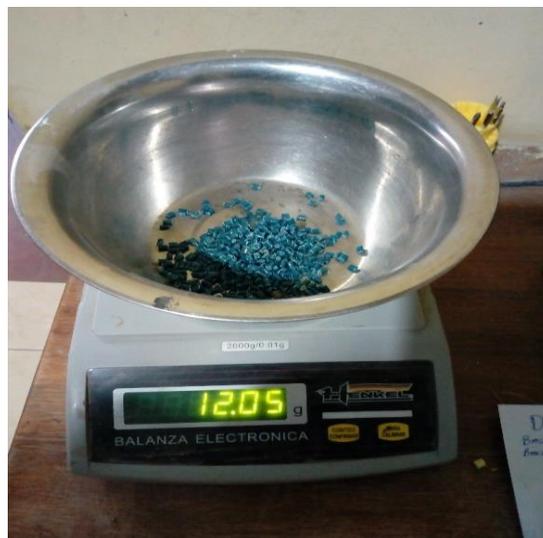
Asfalto de curado rápido RC-250 (Proveedor Geotecnia, Proyectos y construcción S.R.L)

- Disco de papel parafinado
- Balanza digital de precisión de 0.1 gr. Calibrado.
- Equipos adicionales (espátulas, cepillo, bandejas galvanizadas, cucharas y cuchilla brochas de limpieza).
- Moldes de briquetas de diámetro de 4”.
- Martillo mecánico Marshall
- Equipo para desmoldar briquetas Marshall

## **Procedimiento de mezclado.**

El Instituto del Asfalto en su publicación Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, MS N° 19S, indica que se debe realizar 3 puntos como mínimo para determinar el porcentaje optimo del asfalto liquido RC -250.

Para el mezclado del asfalto se realiza el pesado de la mezcla de agregados obtenidos en la gradación en una balanza calibrada, agregar el porcentaje del RC 250, realizar el mezclado hasta que se visualice una mezcla homogénea.



**Figura 1** Producto Final Pellet de PEBD



**Figura 2** *Peso de Agregado Fino*



**Figura 3** *Peso de Agregado Grueso*



**Figura 4** *Peso de Asfalto RC-250*



**Figura 5** *Mezclado de Agregados*



**Figura 6** Homogenizando el Asfalto con el Agregado



**Figura 7** Mezcla Concluida para la Realización de Briquetas.

## Procedimiento de Compactación

1. Colocar en el molde y el collar sobre la base del pedestal que forma parte del equipo de compactación Marshall, en el interior poner disco de papel parafinado con las dimensiones del interior del molde, luego colocar la mezcla asfáltica.
2. Varillar la mezcla en el molde, dándole 15 punzadas en el perímetro y 10 en el centro, con la espátula, alise la superficie de la mezcla dándole una forma ligeramente redondeada, y colocar otro disco de papel parafinado.
3. Colocar el martillo Marshall con una caída libre de 457.2 mm (18.0 pulgadas) sobre el molde, para luego proceder a la compactación, procurando dar de forma constante el número de golpes según sea el diseño. En nuestra investigación el uso va a ser en una vía vecinal, por este motivo se someterá a las briquetas a 35 golpes.



**Figura 8** *Martillo Marshall para Moldeo de Briquetas*



**Figura 9** Cambio de Cara de Briquetas para Compactar

4. Terminada la compactación en la primera cara, invertimos el molde para golpear la cara que no estuvo expuesta.



**Figura 10** Molde de Briquetas de Asfalto

## Ensayo de las Briquetas

Con las briquetas compactadas se determinan los valores aproximados de los parámetros volumétricos y de la estabilidad.

Los parámetros volumétricos a menudo no son evaluados; se los calcula sólo como aproximaciones, debido a la posibilidad de que exista humedad en las briquetas compactadas, curadas y al gran número de especímenes necesarios para valores más exactos. Si se desean valores más precisos, debe tenerse en cuenta la humedad existente en los especímenes compactados y la máxima densidad teórica debe ser determinada con una mezcla suelta, libre de humedad.



**Figura 11** Extracción de las Briquetas del Molde.



**Figura 12** Muestras Extraídas para Tomar Lecturas de Volúmenes.

### **Propiedades Volumétricas (Método Marshall Modificado).**

La determinación de las propiedades volumétricas se realiza por medio del caso general expuesto para este tipo de mezclas con emulsión asfáltica esto es utilizando la geometría y el peso en el aire para determinar la densidad Bulk.

Debe recordarse que solo se realiza la determinación por esta forma para comprobar la validez de la compactación de briquetas y comprobar que las briquetas sean similares.

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$D_b = \frac{W_a}{(H * A)}$$

#### **Dónde:**

$D_b$  = Densidad bruta (medida) de un espécimen de mezcla compactada

$W_a$  = Peso, en aire del espécimen compactado

$H$  = Altura del espécimen compactado

$A$  = Área de la selección transversal de un espécimen compactado, se lo obtiene de la fórmula ( $A = \pi r^2$ )



**Figura 13** Verificación de las Características de la Briqueta.



**Figura 14** Lectura del Diámetro de la Briqueta.



**Figura 15** *Lectura de Altura de las Briquetas.*

5. Retire la base, el collar, los discos de papel (si fuera posible, si se compromete la briqueta conservarlo hasta que se pueda sacar sin dañar la superficie) y coloque el molde, con el espécimen compactado en su interior, sobre un estante perforado en el horno a 60 °C (140 F) durante 48 Horas (JIMÉNEZ, A; SIBAJA, O; & MOLINA, Z; 2008). Para algunas mezclas, puede ser necesario empujar espécimen hacia abajo nivelándolo con el fondo del molde, de mezcla que el estante de la estufa lo soporte durante el curado.



**Figura 16** *Equipo para Baño María*



**Figura 17** *Briquetas Sumergidos para Baño María.*



**Figura 18** Toma de Temperatura al Baño María

6. Pasado el tiempo de curado de las briquetas a la temperatura de 60 °C, se procede a sacarlas de los moldes, para esto se deja enfriar el espécimen en el molde durante una hora como mínimo, previamente a su desmolde. Para esto nos ayudamos del equipo apropiado para este objetivo.

#### **“Resistencia de Mezcla Asfáltica empleando el Aparato Marshall”**

(Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p.583). Para la realización de este ensayo se utilizó 3 especímenes por cada tipo de tránsito (tránsito medio y tránsito pesado) y envase (bolsa de polietileno y balde plástico); de esta manera se pudo determinar la capacidad que tiene la mezcla compactada para resistir desplazamientos (estabilidad) y deformaciones (flujo) bajo las cargas del tránsito. Dicho ensayo consistió en tomar las medidas de las dimensiones de cada espécimen para así poder determinar el factor de corrección. Luego se procedió hacer el ensayo de estabilidad y flujo utilizando el aparato Marshall. Se colocaron los especímenes en un baño María a 60 °C durante un periodo de 30 a 40 minutos para poder acondicionar la muestra a temperatura de ensayo. (Manual de Ensayo de Materiales EG 2016, p.591). Inmediatamente después de haber realizado el baño

se seca la muestra y se pesa cada espécimen, luego se colocó el espécimen en el segmento inferior del cabezal, posteriormente se colocó el segmento superior del cabezal y se colocó el conjunto completo en la máquina de carga. Se colocó el flujometro en posición sobre una de las líneas guías y se ajustó a cero mientras se sostenía firmemente contra el segmento superior del cabezal mientras el ensayo se estaba realizando. El cálculo de la estabilidad, se realizó con la siguiente ecuación, la cual fue considerada según el tipo de anillo de carga marca ELE-Internacional. Fuerza (Newton) = (Def. unitaria del anillo de carga \* 33.25487) + 27.39643 Este procedimiento se realizó para cada periodo de análisis.



**Figura 19** Muestras de Briqueta.



**Figura 20** Muestra para ser Colocado en el Equipo Marshall



**Figura 21** Muestra Listo para ser Ensayada.



**Figura 22** Equipo Marshall Realizando el Ensayo de Estabilidad y Flujo.



**Figura 23** Muestra Ensayada en Laboratorio de Pavimentos



**Figura 24** *Tesista Realizando la Prueba Marshall.*



FORMATO

|         |            |
|---------|------------|
| Código  | AE-FO-176  |
| Versión | 01         |
| Fecha   | 22-07-2021 |
| Página  | 1 de 6     |

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO  
MÉTODO DE AREA SUPERFICIAL EQUIVALENTE

|                       |   |                  |                  |
|-----------------------|---|------------------|------------------|
| PROYECTO              | DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021* | REGISTRO N°:     | IGC19-LEM-409-26 |
| SOLICITANTE           | TESISTA BACH. RUFO LAGUNA CONDORI   | REALIZADO POR:   | F. Incaltito     |
| CLIENTE               |   | REVISADO POR:    | C. Mendoza       |
| UBICACIÓN DE PROYECTO | CENTRO POBLADO TARUCUYO - TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE   | FECHA DE ENSAYO: | 22/07/2021       |
| ATENCIÓN              |   |                  |                  |

ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
ASTM D6927-15 / MTC E 504

| PORCENTAJES DE DISEÑO |        |
|-----------------------|--------|
| Piedra Chancada       | 40.0%  |
| Arena Chancada        | 60.0%  |
| PEBD (Pellet)         | 0.0%   |
| Σ suma                | 100.0% |
| RC                    | 280    |

| Lectura dial | Lectura calibración | Flujo (0.01 mm) |
|--------------|---------------------|-----------------|
| 113          | 607.98              | 331             |
| 96           | 517.83              | 308             |
| 85           | 459.48              | 293             |

| Número de Probetas  | N°     | 1      | 2      | 3      | 4 | Promedio |
|---|--------|--------|--------|--------|---|----------|
| 1 % R.C. en peso de la Mezcla                                     | %      | 5.37   | 5.37   | 5.37   |   |          |
| 2 % de agregado grueso en Peso de la Mezcla                       | %      | 37.85  | 37.85  | 37.85  |   |          |
| 3 % de agregado fino en peso de la Mezcla                         | %      | 56.78  | 56.78  | 56.78  |   |          |
| 4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla                      | %      | 0.00   | 0.00   | 0.00   |   |          |
| 5 % de PEBD en Peso de la Mezcla                                  | %      | 0.00   | 0.00   | 0.00   |   |          |
| 6 Peso Especifico Aparente de C.A.                                | gr/cc. | 0.998  | 0.998  | 0.998  |   |          |
| 7 Peso Especifico agregado grueso-Bulk                            | gr/cc. | 2.189  | 2.189  | 2.189  |   |          |
| 8 Peso Especifico agregado fino-Bulk                              | gr/cc. | 2.360  | 2.360  | 2.360  |   |          |
| 9   |        |        |        |        |   |          |
| 10 Peso Especifico del Polietileno de baja densidad PEBD-Aparente | gr/cc. | 0.904  | 0.904  | 0.904  |   |          |
| 11 Altura Promedio de la Probeta                                  | cm.    | 6.48   | 6.40   | 6.38   |   |          |
| 12 Peso de la briqueta en el Aire                                 | gr.    | 1052.0 | 1103.0 | 1079.0 |   |          |
| 13 Peso de la briqueta Saturada                                   | gr.    | 1048.0 | 1110.0 | 1062.0 |   |          |
| 14 Peso de la briqueta en el Agua                                 | gr.    | 523.0  | 562.0  | 545.0  |   |          |
| 15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)              | c.c.   | 525.0  | 548.0  | 537.0  |   | 536.7    |
| 16 Peso Especifico de la Probeta (14/17)                          | gr/cc. | 2.004  | 2.013  | 2.009  |   | 2.009    |
| 17 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041                      | gr/cc. | 2.190  | 2.190  | 2.190  |   |          |
| 18 Peso Especifico Máximo (Teórico)                               | gr/cc. | 2.140  | 2.140  | 2.140  |   |          |
| 19 % de Vacíos  | %      | 8.5    | 8.1    | 8.3    |   | 8.3      |
| 20 Peso Especifico Bulk del Agregado Total                        | gr/cc. | 2.288  | 2.288  | 2.288  |   |          |
| 21 % V.M.A. Vacíos del Agregado Mineral                           | %      | 17.1   | 16.8   | 16.9   |   | 16.9     |
| 22 % vacíos llenados con C.A.                                     | %      | 50.4   | 51.7   | 51.2   |   | 51.1     |
| 23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total                    | gr/cc. | 2.349  | 2.349  | 2.349  |   |          |
| 24 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total                  | %      | 1.13   | 1.13   | 1.13   |   |          |
| 25 % de Asfalto Efectivo (1-26)                                   | %      | 4.24   | 4.24   | 4.24   |   |          |
| 26 Flujo (0.01 pulg)  | mm     | 8.41   | 7.82   | 7.44   |   | 7.89     |
| 27 Estabilidad sin corregir                                       |        | 608    | 518    | 459    |   |          |
| 28 Factor de Estabilidad  |        | 0.96   | 0.89   | 0.93   |   |          |
| 29 Estabilidad corregida (27*28)                                  | kg.    | 584    | 461    | 427    |   | 491      |
| 30 Factor de Rigidez (29/26)                                      | kg/cm. | 1763   | 1496   | 1458   |   | 1579     |
| 31 Número de Golpes por Capa                                      |        | 35     | 35     | 35     |   |          |

GEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
 Ing. Condori No Menna Mendoza  
 CIP: 46395

F. Incaltito  
 F. Incaltito Matamoros  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



**FORMATO**

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN FRIO  
MÉTODO DE AREA SUPERFICIAL EQUIVALENTE**

|                |            |
|----------------|------------|
| <b>Código</b>  | AE-FO-176  |
| <b>Versión</b> | 01         |
| <b>Fecha</b>   | 22-07-2021 |
| <b>Página</b>  | 4 de 6     |

**PROYECTO** : "DISEÑO ASFÁLTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" **REGISTRO N°** : IGC19-LEM-409-26

**SOLICITANTE** : TESISTA BACH. RUFU LAGUNA CONDORI **REALIZADO POR** : F. Incatillo

**CLIENTE** : **FECHA DE ENSAYO** : 22/07/2021

**UBICACIÓN DE PROYECTO** : CENTRO POBLADO TARUCUYO - TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE **REVISADO POR** : C. Mendoza

**ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
ASTM D6927-16 / MTC E 504**

| PORCENTAJES DE DISEÑO |        |
|-----------------------|--------|
| Piedra Chancada       | 40.0%  |
| Arena Chancada        | 55.0%  |
| PEBD                  | 5.0%   |
| Σ Suma                | 100.0% |
| R.C                   | 250    |

| Lectura dial | Lectura calibración | Flujo (0.01 mm) |
|--------------|---------------------|-----------------|
| 106          | 570.86              | 274             |
| 89           | 480.70              | 310             |
| 83           | 448.87              | 266             |

| Número de Probetas   | N°     | 1      | 2      | 3      | 4 | Promedio |
|--|--------|--------|--------|--------|---|----------|
| 1 % C.A. en peso de la Mezcla  | %      | 5.37   | 5.37   | 5.37   |   |          |
| 2 %de Piedra chancada en Peso de la Mezcla                                       | %      | 37.85  | 37.85  | 37.85  |   |          |
| 3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla                                       | %      | 52.05  | 52.05  | 52.05  |   |          |
| 4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla                                     | %      | 0.00   | 0.00   | 0.00   |   |          |
| 5 % de PEBD en Peso de la Mezcla   | %      | 4.73   | 4.73   | 4.73   |   |          |
| 6 Peso Especifico Aparente de C.A.   | gr/cc. | 0.998  | 0.998  | 0.998  |   |          |
| 7 Peso Especifico agregado grueso-Bulk   | gr/cc. | 2.189  | 2.189  | 2.189  |   |          |
| 8 Peso Especifico agregado fino-Bulk   | gr/cc. | 2.360  | 2.360  | 2.360  |   |          |
| 9  |        |        |        |        |   |          |
| 10 Peso Especifico del Polietileno de baja densidad PEBD-Aparente                | gr/cc. | 0.904  | 0.904  | 0.904  |   |          |
| 11 Altura Promedio de la Probeta   | cm.    | 6.69   | 6.48   | 6.42   |   |          |
| 12 Peso de la briqueta en el Aire  | gr.    | 1029.0 | 1011.0 | 998.0  |   |          |
| 13 Peso de la briqueta Saturada  | gr.    | 1034.0 | 1017.0 | 1012.0 |   |          |
| 14 Peso de la briqueta en el Agua  | gr.    | 528.0  | 534.0  | 528.0  |   |          |
| 15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)                             | c.c.   | 506.0  | 483.0  | 484.0  |   | 491.0    |
| 16 Peso Especifico de la Probeta (14/17)   | gr/cc. | 2.034  | 2.093  | 2.052  |   | 2.063    |
| 17 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041                                     | gr/cc. | 2.200  | 2.200  | 2.200  |   |          |
| 18 Peso Especifico Máximo (Teórico) $100/((1/7+2/8+3/9+4/10+5/11)+1)$            | gr/cc. | 2.002  | 2.002  | 2.002  |   |          |
| 19 % de Vacios $100*((19-18)/19)$  | %      | 7.6    | 4.9    | 6.3    |   | 6.2      |
| 20 Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11)+1)$ | gr/cc. | 2.123  | 2.123  | 2.123  |   |          |
| 21 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100-(2+3+4+5+6)*18/22$                  | %      | 9.3    | 6.7    | 8.1    |   | 8.0      |
| 22 % vacios llenados con C.A. $100*((23-21)/23)$                                 | %      | 19.0   | 27.4   | 22.3   |   | 22.9     |
| 23 Peso Especifico Efectivo del Agregado To $(2+3+4+5+6)/((100/19-1/7))$         | gr/cc. | 2.361  | 2.361  | 2.361  |   |          |
| 24 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado * $(100*7)/((25-22)/(25*22))$         | %      | 4.75   | 4.75   | 4.75   |   |          |
| 25 % de Asfalto Efectivo (1-26)  | %      | 0.62   | 0.62   | 0.62   |   |          |
| 26 Flujo (0.01 pulg)   | mm     | 6.96   | 7.87   | 6.81   |   | 7.21     |
| 27 Estabilidad sin corregir  |        | 571    | 481    | 449    |   |          |
| 28 Factor de Estabilidad   |        | 1.04   | 1.09   | 1.09   |   |          |
| 29 Estabilidad corregida (27*28)   | kg.    | 594    | 524    | 489    |   | 536      |
| 30 Factor de Rigidez (29/26)   | kg/cm. | 2167   | 1690   | 1826   |   | 1886     |
| Número de Golpes por Capa  |        | 35     | 35     | 35     |   |          |

Geotecnia Laboratorio, Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos  
**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 C.I.P.: 46398

**Ing. Fajardo Y. Incatillo Matamoros**  
 DNI: 48249326  
 TECNICO LABORATORIO NECAVICO DE SUELOS



FORMATO

DISÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN FRIO  
MÉTODO DE AREA SUPERFICIAL EQUIVALENTE

|         |            |
|---------|------------|
| Código  | AE-FO-176  |
| Versión | 01         |
| Fecha   | 22-07-2021 |
| Página  | 6 de 6     |

PROYECTO : "DISÑO ASFÁLTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"

SOLICITANTE : TESISTA BACH. RUFÓ LAGUNA CONDORI

CLIENTE : REALIZADO POR : F. Incattito

UBICACIÓN DE PROYECTO : CENTRO POBLADO TARUCUYO - TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE

REVISADO POR : C. Mendoza

FECHA DE ENSAYO : 22/07/2021

REGISTRO N° : IGC-19-LEM-409-26

ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
ASTM D6927-15 / MTC E 504

| PORCENTAJES DE DISÑO |        |
|----------------------|--------|
| Piedra Chancada      | 38.0%  |
| Arena Chancada       | 55.0%  |
| PEBD                 | 7.0%   |
| Σ Suma               | 100.0% |
| R.C.                 | 250    |

| Lectura dial | Lectura calibración | Flujo (0,01 mm) |
|--------------|---------------------|-----------------|
| 104          | 560.26              | 256             |
| 87           | 470.09              | 314             |
| 89           | 460.70              | 328             |

| Número de Probetas   | N°     | 1     | 2     | 3      | 4 | Promedio |
|--|--------|-------|-------|--------|---|----------|
| 1 % R.C. en peso de la Mezcla  | %      | 5.37  | 5.37  | 5.37   |   |          |
| 2 %de Piedra chancada en Peso de la Mezcla                               | %      | 35.96 | 35.96 | 35.96  |   |          |
| 3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla                               | %      | 52.05 | 52.05 | 52.05  |   |          |
| 4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla                             | %      | 0.00  | 0.00  | 0.00   |   |          |
| 5 % de PEBD en Peso de la Mezcla   | %      | 6.62  | 6.62  | 6.62   |   |          |
| 6 Peso Especifico Aparente de C.A.                                       | gr/cc  | 0.998 | 0.998 | 0.998  |   |          |
| 7 Peso Especifico agregado grueso-Bulk                                   | gr/cc  | 2.189 | 2.189 | 2.189  |   |          |
| 8 Peso Especifico agregado fino-Bulk                                     | gr/cc  | 2.360 | 2.360 | 2.360  |   |          |
| 9 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk                                  | gr/cc  | 0.000 | 0.000 | 0.000  |   |          |
| 10 Peso Especifico del Polietileno de baja densidad PEBD-Aparente        | gr/cc  | 0.904 | 0.904 | 0.904  |   |          |
| 11 Altura Promedio de la Probeta   | cm.    | 6.41  | 6.39  | 6.38   |   |          |
| 12 Peso de la briqueta en el Aire  | gr.    | 980.0 | 976.0 | 993.0  |   |          |
| 13 Peso de la briqueta Saturada  | gr.    | 992.0 | 983.0 | 1002.0 |   |          |
| 14 Peso de la briqueta en el Agua  | gr.    | 483.5 | 479.0 | 480.0  |   |          |
| 15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-18)                     | c.c.   | 508.5 | 504.0 | 522.0  |   | 511.5    |
| 16 Peso Especifico de la Probeta (14/17)                                 | gr/cc  | 1.927 | 1.937 | 1.902  |   | 1.922    |
| 17 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041                             | gr/cc  | 1.980 | 1.980 | 1.980  |   |          |
| 18 Peso Especifico Máximo (Teórico)                                      | gr/cc  | 1.954 | 1.954 | 1.954  |   |          |
| 19 % de Vacios   | %      | 2.7   | 2.2   | 3.9    |   | 2.9      |
| 20 Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3+4+5+6)/(2/8+3/9+4/10+1)  | gr/cc  | 2.068 | 2.066 | 2.066  |   |          |
| 21 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral                                  | %      | 11.7  | 11.3  | 12.9   |   | 12.0     |
| 22 % vacios llenados con C.A.  | %      | 77.3  | 80.5  | 69.5   |   | 75.8     |
| 23 Peso Especifico Efectivo del Agregado To (2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7)) | gr/cc  | 2.097 | 2.097 | 2.097  |   |          |
| 24 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado (100*7)/((25-22)/(25*22))     | %      | 0.72  | 0.72  | 0.72   |   |          |
| 25 % de Asfalto Efectivo (1-26)  | %      | 4.65  | 4.65  | 4.65   |   |          |
| 26 Flujo (0.01 pulg)   | mm     | 6.50  | 7.98  | 8.33   |   | 7.60     |
| 27 Estabilidad sin corregir  |        | 560   | 470   | 481    |   |          |
| 28 Factor de Estabilidad   |        | 1.04  | 1.04  | 1.00   |   |          |
| 29 Estabilidad corregida (27*28)   | kg.    | 583   | 489   | 481    |   | 517      |
| 30 Factor de Rigidez (29/26)   | kg/cm. | 2276  | 1557  | 1466   |   | 1729     |
| Número de Golpes por Capa  |        | 35    | 35    | 35     |   |          |

GEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE  
SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Ing. Constanza Merma Mendoza  
CIP: 40399

Franco y Incattito Matamoros  
DNI: 48248326  
TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



FORMATO

|         |            |
|---------|------------|
| Código  | AE-FO-176  |
| Versión | 01         |
| Fecha   | 22-07-2021 |
| Página  | 6 de 6     |

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN FRIO MÉTODO DE AREA SUPERFICIAL EQUIVALENTE

PROYECTO: "DISEÑO ASFÁLTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" REGISTRO N°: IGC19-LEM-409-25

SOLICITANTE: TESISTA BACH. RUFQ LAGUNA CONDORI REALIZADO POR: F. Incatito

CLIENTE: CENTRO POBLADO TARUCUYO - TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE REVISADO POR: C. Mendoza

UBICACIÓN DE PROYECTO: CENTRO POBLADO TARUCUYO - TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE FECHA DE ENSAYO: 22/07/2021

ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL ASTM D6927-15 / MTC E 504

| PORCENTAJES DE DISEÑO |        |
|-----------------------|--------|
| Piedra Chancada       | 37.0%  |
| Arena Chancada        | 54.0%  |
| PEBD                  | 9.0%   |
| Σ Suma                | 100.0% |
| R.C.                  | 250    |

| Lectura dial | Lectura calibración | Flujo (0,01 mm) |
|--------------|---------------------|-----------------|
| 91           | 438.26              | 356             |
| 74           | 401.12              | 330             |
| 63           | 342.74              | 304             |

| Número de Probetas  | N°     | 1     | 2     | 3     | 4 | Promedio |
|---|--------|-------|-------|-------|---|----------|
| 1 % R.C. en peso de la Mezcla   | %      | 5.37  | 5.37  | 5.37  |   |          |
| 2 %de Piedra chancada en Peso de la Mezcla  | %      | 35.01 | 35.01 | 35.01 |   |          |
| 3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla  | %      | 51.10 | 51.10 | 51.10 |   |          |
| 4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla  | %      | 0.00  | 0.00  | 0.00  |   |          |
| 5 % de PEBD en Peso de la Mezcla  | %      | 8.52  | 8.52  | 8.52  |   |          |
| 6 Peso Especifico Aparente de C.A.  | gr/cc. | 0.998 | 0.998 | 0.998 |   |          |
| 7 Peso Especifico agregado grueso-Bulk  | gr/cc. | 2.189 | 2.189 | 2.189 |   |          |
| 8 Peso Especifico agregado fino-Bulk  | gr/cc. | 2.360 | 2.360 | 2.360 |   |          |
| 9 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk   | gr/cc. | 0.000 | 0.000 | 0.000 |   |          |
| 10 Peso Especifico del Polietileno de baja densidad PEBD-Aparente                   | gr/cc. | 0.904 | 0.904 | 0.904 |   |          |
| 11 Altura Promedio de la Probeta  | cm.    | 6.56  | 6.63  | 6.47  |   |          |
| 12 Peso de la briqueta en el Aire   | gr.    | 961.0 | 972.0 | 966.0 |   |          |
| 13 Peso de la briqueta Saturada   | gr.    | 981.0 | 982.0 | 981.0 |   |          |
| 14 Peso de la briqueta en el Agua   | gr.    | 483.5 | 479.0 | 480.0 |   |          |
| 15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)                                | c.c.   | 497.5 | 503.0 | 501.0 |   | 500.5    |
| 16 Peso Especifico de la Probeta (14/17)  | gr/cc. | 1.932 | 1.932 | 1.932 |   | 1.932    |
| 17 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041  | gr/cc. | 1.960 | 1.960 | 1.960 |   |          |
| 18 Peso Especifico Máximo (Teórico)   | gr/cc. | 1.907 | 1.907 | 1.907 |   |          |
| 19 % de Vacios  | %      | 1.4   | 1.4   | 1.4   |   | 1.4      |
| 20 Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12))$ | gr/cc. | 2.010 | 2.010 | 2.010 |   |          |
| 21 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100-(2+3+4+5+6)/18/22$                     | %      | 9.1   | 9.0   | 9.1   |   | 9.1      |
| 22 % vacios llenados con C.A. $100*((23-21)/23)$                                    | %      | 84.1  | 84.4  | 84.3  |   | 84.3     |
| 23 Peso Especifico Efectivo del Agregado To $(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))$          | gr/cc. | 2.073 | 2.073 | 2.073 |   |          |
| 24 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado $(100*7)/((25-22)/(25*22))$              | %      | 1.51  | 1.51  | 1.51  |   |          |
| 25 % de Asfalto Efectivo (1-26)   | %      | 3.86  | 3.86  | 3.86  |   |          |
| 26 Flujo (0.01 pulg)  | mm     | 6.50  | 5.84  | 7.21  |   | 6.52     |
| 27 Estabilidad sin corregir   |        | 438   | 401   | 343   |   |          |
| 28 Factor de Estabilidad  |        | 1.04  | 1.04  | 1.04  |   |          |
| 29 Estabilidad corregida (27*28)  | kg     | 456   | 417   | 356   |   | 410      |
| 30 Factor de Rigidez (29/26)  | kg/cm. | 1780  | 1814  | 1255  |   | 1597     |
| Número de Golpes por Capa   |        | 35    | 35    | 35    |   |          |



GEOLÓGICO LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Constantino Mendoza

Francisco Incatito  
Francisco Incatito Matamoros  
DNI: 48249326  
TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS

**FORMATO**

Código

AE-FO-176

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN FRIO  
MÉTODO DE AREA SUPERFICIAL EQUIVALENTE**

Versión

01

Fecha

22-07-2021

Página

3 de 6

PROYECTO : "DISEÑO ASFÁLTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"

SOLICITANTE : TESISTA BACH. RUFO LAGUNA CONDORI

CLIENTE : CENTRO POBLADO TARUCUYO - TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE

UBICACIÓN DE PROYECTO : CENTRO POBLADO TARUCUYO - TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE

ATENCIÓN :

REGISTRO N°: IGC19-LEM-409-26

REALIZADO POR : F. Incattito

REVISADO POR : C. Mendoza

FECHA DE ENSAYO : 22/07/2021

TURNO : Diurno

**ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
ASTM D6927-15 / MTC E 504**

| PORCENTAJES DE DISEÑO |        |
|-----------------------|--------|
| Piedra Chancada       | 39.0%  |
| Arena Chancada        | 50.0%  |
| PEBD                  | 3.0%   |
| Σ Suma                | 100.0% |
| R.C.                  | 250    |

| Lectura dial | Lecturas calibración | Flujo (0,01 mm) |
|--------------|----------------------|-----------------|
| 87           | 470.09               | 324             |
| 106          | 570.86               | 279             |
| 87           | 470.09               | 312             |

| Número de Probetas  | N°    | 1      | 2      | 3      | 4 | Promedio |
|---|-------|--------|--------|--------|---|----------|
| 1 % C.A. en peso de la Mezcla   | %     | 5.37   | 5.37   | 5.37   |   |          |
| 2 %de Piedra chancada en Peso de la Mezcla                                      | %     | 36.91  | 36.91  | 36.91  |   |          |
| 3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla                                      | %     | 54.89  | 54.89  | 54.89  |   |          |
| 4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla                                    | %     | 0.00   | 0.00   | 0.00   |   |          |
| 5 % de PEBD en Peso de la Mezcla  | %     | 2.84   | 2.84   | 2.84   |   |          |
| 6 Peso Especifico Aparente de R.C.  | gr/cc | 0.998  | 0.998  | 0.998  |   |          |
| 7 Peso Especifico agregado grueso-Bulk  | gr/cc | 2.189  | 2.189  | 2.189  |   |          |
| 8 Peso Especifico agregado fino-Bulk  | gr/cc | 2.360  | 2.360  | 2.360  |   |          |
| 9   |       |        |        |        |   |          |
| 10 Peso Especifico del Polietileno de baja densidad PEBD-Aparente               | gr/cc | 0.904  | 0.904  | 0.904  |   |          |
| 11 Altura Promedio de la Probeta  | cm.   | 6.71   | 6.43   | 6.38   |   |          |
| 12 Peso de la briqueta en el Aire   | gr.   | 1091.5 | 1132.0 | 1115.5 |   |          |
| 13 Peso de la briqueta Saturada   | gr.   | 1130.0 | 1146.0 | 1132.0 |   |          |
| 14 Peso de la briqueta en el Agua   | gr.   | 603.5  | 598.0  | 598.0  |   |          |
| 15 Volumen de la briqueta por desplazamient (15-16)                             | c.c.  | 526.5  | 548.0  | 536.0  |   | 536.8    |
| 16 Peso Especifico de la Probeta (14/17)  | gr/cc | 2.073  | 2.066  | 2.081  |   | 2.073    |
| 17 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041                                    | gr/cc | 2.180  | 2.180  | 2.180  |   |          |
| 18 Peso Especifico Máximo (Teórico)   | gr/cc | 2.056  | 2.056  | 2.056  |   |          |
| 19 % de Vacios  | %     | 4.9    | 5.2    | 4.5    |   | 4.9      |
| 20 Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3+4+5+6)/(2/8+3/9+4/10+5/11+6/12) | gr/cc | 2.188  | 2.188  | 2.188  |   |          |
| 21 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral   | %     | 10.3   | 10.6   | 10.0   |   | 10.3     |
| 22 % vacios llenados con C.A.   | %     | 52.5   | 50.7   | 54.6   |   | 52.6     |
| 23 Peso Especifico Efectivo del Agregado To ((2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7)))      | gr/cc | 2.337  | 2.337  | 2.337  |   |          |
| 24 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado * (100*7)/((25-22)/(25*22))          | %     | 2.92   | 2.92   | 2.92   |   |          |
| 25 % de Asfalto Efectivo (1-26)   | %     | 2.45   | 2.45   | 2.45   |   |          |
| 26 Flujo (0.01 pulg)  | mm    | 8.23   | 7.09   | 7.92   |   | 7.75     |
| 27 Estabilidad sin corregir   |       | 470    | 571    | 470    |   |          |
| 28 Factor de Estabilidad  |       | 0.96   | 0.89   | 0.93   |   |          |
| 29 Estabilidad corregida (27*28)  | kg    | 451    | 508    | 437    |   | 466      |
| 30 Factor de Rigidez (29/26)  | kg/cm | 1393   | 1821   | 1401   |   | 1526     |
| Número de Golpes por Capa   |       | 35     | 35     | 35     |   |          |

INGENIERO MECÁNICO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Ing. Constantino Norma Mendoza

G.P. 46095

Fijado por

Fijado por Y. Incattito Matamoros

DNI: 45245326

TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS

**ANEXO 5: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.**

**ESTUDIO DE MECANICA DE  
SUELOS  
CARRETERA TARUCUYO- TAHUAPALCCA**

**TESIS: DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA  
DENSIDAD EN LA CARRTERA TARUCUYO- TAHUAPALCCA DEL DISTRITO  
DE COPORAQUE, ESPINAR 2021.**

## **Generalidades**

El desarrollo del estudio ha sido tomado de fuente de estudio de suelos de la carretera Tarucuyo – Tahuapalcca donde se ha realizado teniendo en cuenta los términos de referencia en el cual se va a desarrollar el proyecto de investigación y por ende obtener los datos verídicos del terreno. Se realizó mediante la excavación de calicatas a cielo abierto y previo a ello se inspeccionó los puntos claves considerando el lugar del proyecto de investigación.

## **II. Objetivo**

El objetivo del estudio es determinar el suelo de fundación del terreno en el cual se va a realizar el proyecto con la finalidad de analizar y clasificar el tipo de suelo, acción que se lleva a cabo a través de la realización de calicatas.

Estas calicatas son ensayadas en Laboratorio de suelos, concretos y pavimento Geo&Lab EIRL que tiene como objetivo principal determinar las propiedades físicas y geomecánicas del suelo encontradas en el área del proyecto del proyecto de investigación.

## **III. Ubicación**

Los centros poblados de Tarucuyo – Tahuapalcca están ubicados en el distrito de Coporaque, Provincia de Espinar y departamento de Cusco, específicamente cuenta con superficies ligeramente onduladas o planas que se encuentran sobre los 3850 m.s.n.m, su topografía es accidentada de vertientes montañosas, moderadamente empinadas y topografía variada.

## **IV. Estudio de mecánica de suelos**

El presente estudio se lleva a cabo mediante calicatas o pozos exploratorios para determinar la singularidad del suelo y analizar su composición, de esa forma poder clasificarlos correctamente para luego efectuar el diseño de la estructura del pavimento. Particularmente en este caso el suelo se ubica políticamente en la localidad de Tarucuyo - Tahuapalcca del distrito de Coporaque, Espinar, Cusco.

## **V. Calicatas para el estudio de suelos.**

Según el MTC (2014) menciona que, para sondear el suelo es necesario determinar el número de calicatas en función al índice medio diario anual (IMDA), este se obtiene del estudio de tráfico realizado en la zona del proyecto.

**Tabla 1**  
*Número de Calicatas para Exploración de Suelos*

| Tipo de Carretera  | Profundidad (m)                                      | Número mínimo de Calicatas   | Observación  |
|--|--|--|--|
| Autopistas carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día. de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles                          | 1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas - km x sentido</li> </ul> | Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada |
| Carreteras Duales o Multicarril carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día. de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles | 1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul> |  |
| Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día. de una calzada de dos carriles                          | 1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 calicatas x km</li> </ul>   |  |
| Carreteras de Segunda Clase carreteras con un IMDA entre 4000-401 veh/día. de una calzada de dos carriles                            | 1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 calicatas x km</li> </ul>   |  |
| Carreteras de Tercera Clase carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día. de una calzada de dos carriles                             | 1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 calicatas x km</li> </ul>   |  |
| Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día. de una calzada                                     | 1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 calicata x km</li> </ul>  |  |

Fuente. Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC14 y el Mangare Ensayo de Materiales del MTC.

En los estudios de suelos realizados para el proyecto de investigación según tabla se realizó 6 calicatas a cielo abierto con una profundidad de 1.50m entre la Carretera Tarucuyo – Tahupalcca tomando en cuenta con fines de estudio solo 5 km, estratégicamente distribuidas que permitan reconocer las propiedades del terreno de fundación en el distrito de Coporaque, Espinar Cusco.

**Tabla 2**  
*Registro de Calicatas*

| Lado      | Calicata | Progresiva | Tipo de suelo | Profundidad (m) |
|-----------|----------|------------|---------------|-----------------|
| Izquierdo | C1 -M3   | 0+000      | GM            | 1.50            |
| Derecho   | C2-M4    | 1+000      | GC            | 1.50            |
| Izquierdo | C3-M3    | 2+000      | SC            | 1.50            |
| Derecho   | C4-M3    | 3+000      | SC            | 1.50            |
| Izquierdo | C5-M2    | 4+000      | SM            | 1.50            |

Fuente. Elaboración propia.

### Calicatas para el CBR.

El manual de carreteras recomienda que el número de CBR es definido en función al estudio de tráfico (IMDA).

**Tabla 3**  
*Número de Ensayos MR y CBR*

| Tipo de carretera   | N° MR y CBR  |
|---|--|
| Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul> |
| Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul> |
| Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Mr cada 3 km y 1 CBR cada 1 km</li> </ul>   |
| Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 1.5 km se realizará un CBR • (*)</li> </ul>  |
| Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 2 km se realizará un CBR</li> <li>• (*)</li> </ul>   |
| Carreteras con un IMDA < 200 veh/día, de una calzada.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 3 km se realizará un CBR</li> </ul>  |

Fuente. Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 03-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

(\*): La necesidad de efectuar los ensayos de módulos de resiliencia, será determinado en los respectivos términos de referencia, previa evaluación de la zona de estudio y la importancia de la obra

Siendo una carretera con bajo tránsito ordena realizar un ensayo de CBR a cada 3km, como se observa en la tabla 35, considerar el IMDA.

### Conformación del suelo

Se observó mediante las excavaciones en las calicatas, de los estudios de suelos realizados para este proyecto de investigación, la presencia de dos estratos el primer estrato denominado M-0 compuesto por materiales orgánicos y cambiando de estratigrafía gradualmente hasta los 0.30 m; en el segundo estrato M-1 se registró un sedimento de origen residual de grava procedente de características de granitos y andesitas, aumentando notablemente su consistencia a 0.80m. de profundidad, manifestando un suelo de fundación bueno. No se manifestó la presencia del nivel freático.

### Trabajo de gabinete

Los ensayos de laboratorio de suelos fueron realizados en el Laboratorio de suelos, concretos y pavimento Geo&Lab EIRL. tuvieron criterio de las normas internacionales.

**Tabla 4**  
*Ensayos y Normas Usadas*

| <b>ENSAYO</b>                           | <b>NORMA USADA</b>         | <b>NORMAS MTC</b>    |
|---|----------------------------|----------------------|
| Descripción visual-manual               | ASTM D 2488                |                      |
| Análisis granulométrico por tamizado    | ASTM D 422                 | MTCE 107             |
| Límite líquido y límite plástico        | ASTM D 4318                | MTC E110<br>MTCE 111 |
| Clasificación unificada de suelos SUCS  | ASTM D 2487                |                      |
| Contenido de humedad natural            | ASTM D 2216<br>ASTM D 4643 | MTCE 108             |
| Densidad seca máxima-Próctor modificado | ASTM D 1557                | MTCE 115             |
| Ensayo de CBR                           | ASTM D 1883                | MTC E 132            |

Fuente. elaboración propia

**Descripción visual y manual (ASTM D 2488)** “Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedures)”.

**Análisis granulométrico por tamizado. (ASTM D 422)** “Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)”.

**Límite líquido y límite plástico. (ASTM D 4318)** “Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils”.

**Clasificación unificada de suelos SUCS. (ASTM D 2487)** “Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)”

**Contenido de humedad natural. (ASTM D 2216)** “Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass”.  
(ASTM D 4643) “Standard Test Method for Determination of Water Content of Soil and Rock by Microwave Oven Heating”.

**Densidad seca máxima – Próctor modificado. (ASTM D 1557)** “Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kn-m/m<sup>3</sup>))”.

**Ensayo de CBR. (ASTM D 1883)** “Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils”.

Mediante los resultados obtenidos del laboratorio realizados el Laboratorio de suelos, concretos y pavimento Geo&Lab EIRL, fue clasificado el suelo de fundación del proyecto.

Por SUCS como “GM” ósea un suelo de gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo. Y en ASSHTO un suelo “A-2-4” es decir un suelo de grava y arena limosas o arcillosas. En tal sentido se analizó que el suelo es excelente para la subrasante.

### **Relación de soporte de california (CBR)**

El CBR recomendado por este estudio de suelos, realizado para este proyecto de tesis es de 22.83 por ser menor en tramo de estudio; se describe en la tabla 14, este debe cumplir con la compactación mínima para la SUBRASANTE, de 90 a 100% de la máxima densidad seca del Proctor modificado, en cuanto a la capa

BASE será de 100% mínimo de compactación.

**Tabla 5**  
*CBR Adquirido.*

| <b>DESCRIPCION</b>   | <b>CBR (%)</b> |
|----------------------|----------------|
| CBR para 95% de MDS  | 21.69          |
| CBR para 100% de MDS | 22.83          |

*Fuente:* elaboración propia

### **Clasificación de la subrasante**

Por recomendación del manual de carreteras podemos categorizar el terreno de fundación de la sub rasante en función de CBR obtenido que de 7.85%, cotejándolo con la tabla #, que nos da como resultado un S2: Sub rasante regular.

**Tabla 6**  
*Categorías de Sub Rasante.*

| <b>Categorías de la sub rasante</b> | <b>CBR</b>               |
|-------------------------------------|--------------------------|
| So : Sub rasante Inadecuada         | CBR < 3%                 |
| S1 : Sub rasante Insuficiente       | De CBR ≥ 3% A CBR < 6%   |
| S2 : Sub rasante Regular            | De CBR ≥ 6% A CBR < 10%  |
| S3 : Sub rasante Buena              | De CBR ≥ 10% A CBR < 20% |
| S4 : Sub rasante Muy Buena          | De CBR ≥ 20% A CBR < 30% |
| S5 : Sub rasante Excelente          | CBR ≥ 30%                |

Fuente. Manual de carreteras suelos y pavimentos, 2014

### **Evaluación de Canteras**

#### **CANTERA Km 8+500 LD**

##### **a. Ubicación y acceso:**

Se encuentra ubicado en el Km 8+500 LD sobre la carretera Tarucuyo-Tahuapalcca está ubicado en el margen derecho con un acceso de 0.50 Km.

##### **b. Discriminación:**

El material se encuentra emplazada en la pendiente o lomada de origen coluvial en forma cónica de orientación Este a Oeste, la explotación del material aprovechable está compuesto de gravas, arenas con limos y arcillas, compuesto de suelos coluviales formados in situ; las formas de clastos son redondeados a sub redondeados que varían desde tamaños finos hasta 5 pulgadas de diámetro, compuesto de materiales grava y arena.

Tiene las siguientes características de clasificación: SUCS: SC-SM y AASHTO A-2-4(0). Presenta LL de 30.46%, IP de 7.01% y el material pasante de N° 200 de alrededor del 16.02%. La MDS del suelo es de 2.25 g/cm<sup>3</sup>, contenido de humedad óptima es de 6.80% y el valor de CBR es de 40.60% al 95%.

Para la explotación de la cantera, se requiere un desbroce de suelos orgánicos de 0.20 m de espesor.

**c. Potencia** : 7500 m<sup>3</sup>

**d. Explotación** : Todo el año, cargador frontal, excavadora y tractor oruga.

**e. Material** : Cantos rodados, coluvial, gravas, arenas con tamaños de 5”.

Para ser empleadas la cantera se requiere los siguientes tratamientos:

- Para el relleno y corona: emplear en forma natural.
- Para la base granular realizar el zarandeo por la malla de 2” y mezclar con un agregado limpio y adicionalmente mezclar con un 25% de piedra chancada.

### **CANTERA Km 9+100-9+900 LD**

#### **a. Ubicación y acceso:**

Se encuentra ubicado en el Km 9+500 LD sobre la carretera Tarucuyo-Tahuapalcca, está ubicado a un costado de la vía con un acceso de 100 m, el depósito se encuentra a un costado de la vía, la topografía que presenta la cantera es con moderadas inclinaciones.

#### **b. Discriminación:**

El material se encuentra emplazada en la pendiente de origen coluvial en forma cónica de orientación Este a Oeste, la explotación del material aprovechable está

compuesto de rocas fracturadas de tamaños de 8 pulgadas y suelos coluviales formados in situ; las formas de clastos son angulosos a subangulosos que varían desde tamaños finos hasta 8 pulgadas de diámetro, compuesto de materiales grava, arena limo y arcilla.

Tiene las siguientes características de clasificación: SUCS: GP-GM y AASHTO A-1-a(0). Presenta LL de 26.86%, IP de NP% y el material pasante de N° 200 de alrededor del 6.45%. La MDS del suelo es de 2.15 g/cm<sup>3</sup>, contenido de humedad óptima es de 6.80% y el valor de CBR es de 45%.

Para la explotación de la cantera, se requiere un desbroce de suelos orgánicos de 0.20 m de espesor.

**c. Potencia** : 50,000 M3

**d. Explotación** : Todo el año, cargador frontal, excavadora y tractor oruga.

**e. Material** : Material compuesto de rocas sedimentarias, gravas, arenas con tamaños de 8”.

Para ser empleadas la cantera se requiere los siguientes tratamientos:

- Para el relleno y corona: emplear en forma natural
- Para el mejoramiento de suelos de fundación: emplear en forma natural



**Figura 1** *Apertura de Calicatas.*



**Figura 2** Apertura de Calicatas para el Proyecto de Tesis



**Figura 3** Calicata Mostrando los Estratos



**Figura 4** *Midiendo las Potencias de los Estratos.*



**Figura 5** *Apertura de Calicata para Proyecto de Tesis.*



**Figura 6** *Cerrando las calicatas después del muestreo.*



**Figura 7** *Traslado de Material a Laboratorio.*



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PERFIL ESTRATIGRAFICO

|   |  |   |            |
|---|--|---|------------|
| <b>PROYECTO</b><br>TESIS: "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR -CUSCO 2021" |  |   |            |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Tahuapalcca - Distrito de Coporaque |   |            |
| <b>SOLICITA:</b>  | Tesisista Bach. Ruffo Laguna Condori                             |   |            |
| <b>CALICATA:</b>  | C-01   | <b>NIVEL DE AGUA (m)</b><br>No presenta |            |
| <b>ESTRATOS:</b>  | E-01/ E-02/ E-03   | <b>COORDENADA UTM</b>                   | N<br>E     |
| <b>PROGRESIVA:</b>  | 0+000 KM   |   |            |
| <b>PROF (m):</b>  | 1.2 m  | <b>COTA:</b>                            |            |
| <b>ING. RESP.:</b>  | Ing Constantino Merma Mendoza                                    | <b>FECHA DE M.:</b>                     | 14/06/2021 |
| <b>TEC. RESP.:</b>  | Tec. Fitzgerald Yourij Incattito Matamoros                       | <b>FECHA DE A.:</b>                     | 16/06/2021 |

| PROF (m) | SIMBOLOGIA | CLASIFICACION |           | NIVEL DE AGUA | DESCRIPCION Y DESCRIPCION DEL MATERIAL. COCUL, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACTACION  | MUESTRA | ENSAJO EN |        |        |       |
|----------|------------|---------------|-----------|---------------|--|---------|-----------|--------|--------|-------|
|          |            | SUCS          | AASHTO    |               |  |         | LL        | LP     | IP     | NUM   |
| 0.10     |            | SM            | A-4 (1)   |               | Prof.(m) 0.00 - 0.20: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. Material leoso de plastina, presencia de boloneras gruesas y redondeadas mal graduadas de 2" a 3" de color pardo claro de baja plasticidad con capacidad de carga alta a media resistencia de cambio de humedad baja.   | M-01    | 31.28%    | 27.13% | 4.16%  | 7.89  |
| 0.20     |            | GM            | A-4 (0)   |               | Prof.(m) 0.20 - 0.50: Gravas con finos limosas, grava mal graduado muy limoso mezclas grava-arena-arcilla. Material grava limosa con presencia de boloneras sobredimensionadas mal graduadas de color marrón claro, que representa el 42.20% del suelo, arena gruesa no plastica de 21.41% y finos de 36.31% de mediana plasticidad con capacidad de carga alta resistencia a cambios de humedad muy baja. | M-02    | 48.19%    | 25.77% | 22.42% | 15.42 |
| 0.50     |            | GM            | A-1-b (0) |               | Prof.(m) 0.50 - 1.20: Gravas con finos limosas, grava mal graduado muy limoso mezclas grava-arena-arcilla. Material grava con limos, presencia de boloneras sobredimensionadas de color pardo, que representa el 49.51% del suelo, arena gruesa no plastica de 37.25% y finos de 13.24% de baja plasticidad con capacidad de carga alta resistencia a cambios de humedad muy baja.                         | M-3     | 36.28%    | 31.90% | 4.38%  | 6.90  |

**Ing Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fitzgerald Yourij Incattito Matamoros**  
 DNI: 48288326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D221 - 71

|   |  |  |  |   |  |   |  |
|---|--|--|--|---|--|---|--|
| <b>PROYECTO:</b>  |  |  |  | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |  |   |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>   |  | Centro poblado de Tarucuyo - Tahuapalcca - Distrito de Coporaque |  | <b>RESP. LAB.</b>   |  | Ing. Constantino Merma Mendoza            |  |
| <b>SOLICITA :</b>   |  | Tesis Bach. Rufo Laguna Condori                                  |  | <b>TEC. LAB.:</b>   |  | Tec. Fijgerald Yourij Incattito Matamoros |  |
| <b>DESCRIPCION:</b>   |  | Calicata de color marrón claro, de 03 estratos                   |  | <b>FECHA DE M:</b>  |  | 14/06/2021                                |  |
| <b>MATERIAL:</b>  |  | Predominante de Gravas limosas con boloneras mayores a 1 1/2"    |  | <b>FECHA DE A:</b>  |  | 16/06/2021                                |  |
| <b>ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS Y CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO DE FUNDACION</b> |  |  |  |   |  |   |  |
| <b>CALICATA</b>   |  |  |  | <b>C-1</b>  |  | <b>C-1</b>                                |  |
| <b>MUESTRA</b>  |  |  |  | <b>M - 1</b>  |  | <b>M - 2</b>                              |  |
| <b>PROFUNDIDAD (m)</b>  |  |  |  | <b>0.20</b>   |  | <b>0.30</b>                               |  |
| <b>RECIPIENTE</b>   |  |  |  | <b>2</b>  |  | <b>44</b>                                 |  |
| <b>Nº</b>   |  | <b>DATOS</b>   |  | <b>UND</b>  |  |   |  |
| 1   |  | Pfr + P.S.H.   |  | gr  |  | 98.01    96.73    117.84                  |  |
| 2   |  | Pfr + P.S.S.   |  | gr  |  | 93.12    88.00    112.15                  |  |
| 3   |  | Pagua (1) - (2)  |  | gr  |  | 4.89    8.73    5.69                      |  |
| 4   |  | RECIPIENTE   |  | gr  |  | 31.16    31.38    30.70                   |  |
| 5   |  | P.S.S. (2) - (4)   |  | gr  |  | 61.96    56.62    81.45                   |  |
| 6   |  | C Humedad (3) / (5) x 100  |  | %   |  | 7.89    15.42    6.99                     |  |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>   |  |  |  | <b>7.89%</b>  |  | <b>15.42%</b>                             |  |

**Nota :**

- Pfr = Peso de frasco
- P.S.H. = Peso de suelo húmedo
- P.S.S. = Peso de suelo seco
- Pagua = Peso de agua


**GEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**  
  
**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

  
**Fijgerald Yourij Incattito Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS





# GEO & LAB E.I.R.L

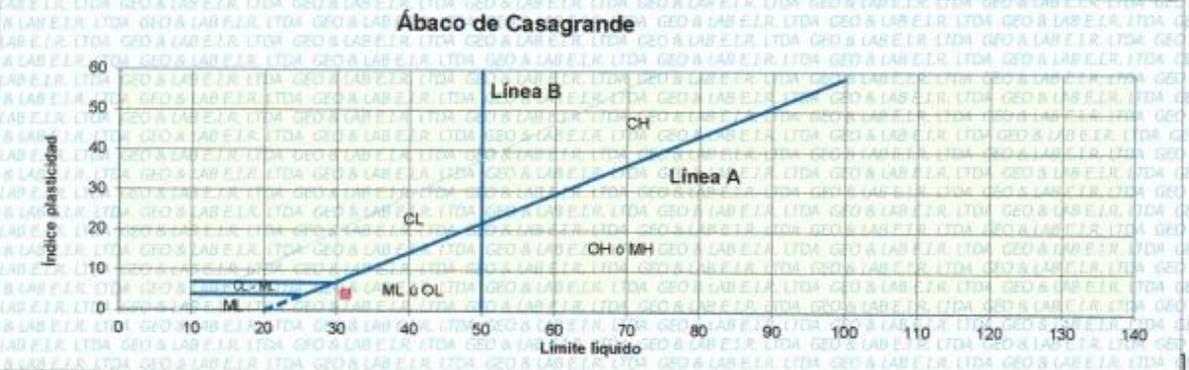
## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



| <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>                    |  |                    |  |
|---|--|--------------------|--|
| MÉTODO AASHTO T 99/90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107 |  |                    |  |
| <b>PROYECTO:</b>                                  | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                    |  |
| <b>UBICACION:</b>                                 | Centro poblado de Tarucuyo - Tahuapalcca - Distrito de Coporaque   | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing Constantino Mema Mendoza               |
| <b>SOLICITA:</b>                                  | Testista Bach. Ruffo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Youtij Incafitio Matamoros |
| <b>MATERIAL:</b>                                  | Arenas limosas, mezclas de arena y limo, de color pardo claro  |                    |  |
| <b>DESCRIPCION:</b>                               | Calicata 1, Estrato 1 de 0.00 a 0.20 mtrs  | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                 |
|   |  | <b>FECHA DE A:</b> | 16/06/2021                                 |

| Nro. DE CAPSULA              | LIMITE LIQUIDO |       |       | LIMITE PLASTICO |       |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
|                              | 32             | 33    | 34    | 44              | 45    |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A) | 61.36          | 63.98 | 65.84 | 36.96           | 37.11 |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)   | 54.43          | 56.20 | 57.21 | 35.81           | 35.80 |
| PESO DE LA TARA              | 31.16          | 31.19 | 31.03 | 31.38           | 31.17 |
| PESO DEL AGUA (A-B)          | 6.93           | 7.78  | 8.63  | 1.15            | 1.31  |
| PESO SUELO SECO (B-C)        | 23.27          | 25.01 | 26.18 | 4.43            | 4.63  |
| HUMEDAD $W=(A-B)/(B-C)*100$  | 29.78          | 31.11 | 32.96 | 25.96           | 28.29 |
| Nro. DE GOLPES               | 35             | 25    | 15    |                 |       |

|                          |                           |                          |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| LIMITE LIQUIDO<br>31.28% | LIMITE PLASTICO<br>27.13% | INDICE PLASTICO<br>4.16% |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------|



**OBSERVACIONES:** Arenas limosas, mezclas de arena y limo, de color pardo claro de baja plasticidad, presenta limite liquido de 31.28% e indice de plasticidad de 4.16%

**Ing Constantino Mema Mendoza**  
 C.P. 46698

**Fitzgerald Y. Incafitio Matamoros**  
 DNI 40248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422/ AASHTO T-88/ MTC E-107

|                     |   |                     |   |
|---------------------|---|---------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                     |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Tahuapalcca - Distrito de Coporaque  | <b>RESP. LAB.</b>   | Ing Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b>   | Teñista Bach. Ruffo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fitzgerald Yauri Incallito Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Gravas con finos limosas, mezclas grava-arena-arcilla de color marron claro   | <b>FECHA DE M.:</b> | 14/09/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 1; Estrato 2 de 0.20 a 0.50 mtrs   | <b>FECHA DE A.:</b> | 16/08/2021                                |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido |             | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |                |
|--------------|----------------|---------------|------------|-------------|------------|------------------|---------------------------|----------------|
|              |                |               | Parcial    | Acumulativo |            |                  |                           |                |
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     | 100 100          | % GRAVA                   | 42.20%         |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     | 100 100          | % ARENA                   | 21.49%         |
| 2"           | 50.800         | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     | 100 100          | FINOS                     | 38.31%         |
| 1 1/2"       | 38.100         | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     |                  | Humedad natural:          | 15.42%         |
| 1"           | 25.400         | 379.00        | 17.44      | 17.44       | 82.56      | 75 95            | Limite Líquido            | 36.28%         |
| 3/4"         | 19.050         | 66.00         | 3.04       | 20.48       | 79.52      |                  | Limite Plástico           | 31.90%         |
| 1/2"         | 12.700         | 212.00        | 9.78       | 30.23       | 69.77      |                  | Índice Plástico           | 4.36%          |
| 3/8"         | 9.525          | 100.00        | 4.80       | 34.84       | 65.16      | 40 75            | Clasificación SUCS        | <b>GM</b>      |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |            |             |            |                  | Clasificación AASHTO      | <b>A-4 (0)</b> |
| N° 4         | 4.760          | 160.00        | 7.36       | 42.20       | 57.80      | 30 80            | DENS. MÁX. SECA           | 2.055          |
| N° 8         | 2.360          | 0.00          |            |             |            |                  | H. ÓPTIMO                 | 12.72          |
| N° 10        | 2.000          | 153.00        | 7.04       | 49.24       | 50.76      | 20 45            | PESO TOTAL                | 2173.00 gr     |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00       | 49.24       |            |                  | Peso Fracc. Lavado:       | 1256.00 gr     |
| N° 20        | 0.840          | 89.00         | 4.10       | 53.34       | 46.66      | 17 37            | D10                       | 0.49           |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00       | 53.34       | 46.66      |                  | D30                       | 0.12           |
| N° 40        | 0.420          | 66.00         | 3.13       | 56.47       | 43.53      | 15 30            | D60                       | 5.96           |
| N° 50        | 0.297          | 41.00         | 1.89       | 58.35       | 41.65      |                  | CC                        | 0.005          |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00       | 58.35       | 41.65      |                  | CU                        | 12.0           |
| N° 100       | 0.149          | 89.00         | 4.10       | 62.45       | 37.55      |                  | Índice de liquidez        |                |
| N° 200       | 0.074          | 27.00         | 1.24       | 63.69       | 36.31      | 5 15             |                           |                |
| PAN          |                | 789.00        | 36.31      | 100.00      | 0.00       |                  |                           |                |
| TOTAL        |                |               |            |             |            |                  |                           |                |
| % PERDIDA    |                |               |            |             |            |                  |                           |                |

#### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES:** Gravas con finos limosas, mezclas grava-arena-arcilla de color marron claro, como terreno de apoyo es bueno a excelente, presenta una clasificacion SUCS **GM** y clasificacion AASHTO de **A-4 (0)**

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46896

**Fitzgerald Y. Incallito Matamoros**  
 CIP: 46240326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



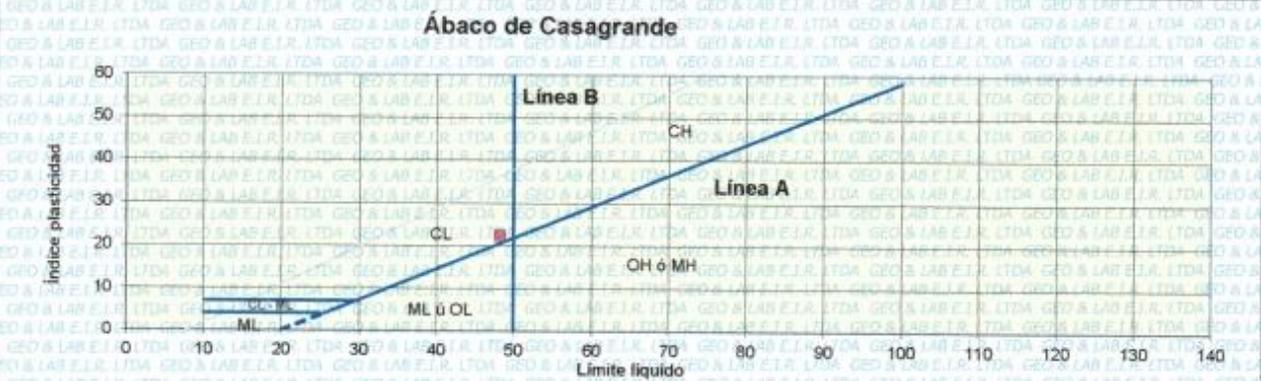
### LIMITES DE CONSISTENCIA

MÉTODO AASHTO T 89/ 90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107

|                     |   |                    |  |
|---------------------|---|--------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                    |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Tahuapalcca - Distrito de Coporaque  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Ruffo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Yourij Incattito Matamoros |
| <b>MATERIAL:</b>    | Gravas con finos limosas, mezclas grava-arena-arcilla de color marron claro   | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                 |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 1, Estrato 2 de 0.20 a 0.50 mtrs   | <b>FECHA DE A:</b> | 16/06/2021                                 |

| Nro. DE CAPSULA              | LIMITE LIQUIDO |       |       | LIMITE PLASTICO |       |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
|                              | 20             | 22    | 24    | 1               | 7     |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A) | 55.75          | 57.55 | 59.39 | 38.70           | 38.90 |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)   | 48.37          | 49.01 | 49.92 | 37.11           | 37.28 |
| PESO DE LA TARA              | 31.91          | 31.49 | 31.35 | 31.01           | 30.92 |
| PESO DEL AGUA (A-B)          | 7.38           | 8.54  | 9.47  | 1.59            | 1.62  |
| PESO SUELO SECO (B-C)        | 16.46          | 17.52 | 18.57 | 6.10            | 6.36  |
| HUMEDAD [W=(A-B)/(B-C)*100   | 44.84          | 48.74 | 51.00 | 26.07           | 25.47 |
| Nro. DE GOLPES               | 35             | 25    | 15    |                 |       |

|                       |                        |                        |
|-----------------------|------------------------|------------------------|
| <b>LIMITE LIQUIDO</b> | <b>LIMITE PLASTICO</b> | <b>INDICE PLASTICO</b> |
| 48.19%                | 25.77%                 | 22.42%                 |



**OBSERVACIONES:** Gravas con finos limosas, mezclas grava-arena-arcilla de color marron claro de mediana plasticidad, presenta limite liquido de 48.19 % e indice de plasticidad de 22.42%

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP. 46898

**Fitzgerald Y. Incattito Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



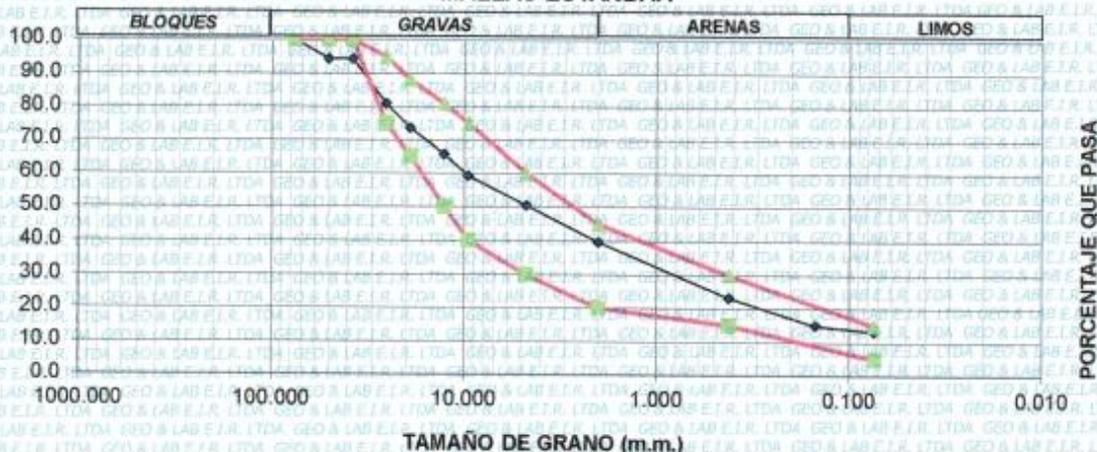
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422/ AASHTO T-88/ MTC E-107

|                     |   |                    |  |
|---------------------|---|--------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                    |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Tahuapalcca - Distrito de Coporaque  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rulo Laguna Condoni   | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Yourij Incallito Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Gravas con finos limosas, mezclas grava-arena-arcilla de color pardo.   | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                 |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 1, Estrato 3 de 0.50 a 1.20 mtrs   | <b>FECHA DE A:</b> | 16/06/2021                                 |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulativo | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA             |
|--------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------|------------------|---------------------------------------|
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % GRAVA 49.51%                        |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % ARENA 37.25%                        |
| 2"           | 50.800         | 180.00        | 5.73               | 5.73                   | 94.27      | 100 100          | FINOS 13.24%                          |
| 1 1/2"       | 38.100         | 0.00          | 0.00               | 5.73                   | 94.27      |                  | Humedad natural: 6.99%                |
| 1"           | 25.400         | 420.00        | 13.37              | 19.10                  | 80.90      | 75 95            | Limite Liquido 38.28%                 |
| 3/4"         | 19.050         | 231.00        | 7.35               | 26.46                  | 73.54      |                  | Limite Plástico 31.90%                |
| 1/2"         | 12.700         | 248.00        | 7.90               | 34.35                  | 65.65      |                  | Indice Plástico 4.38%                 |
| 3/8"         | 9.525          | 198.00        | 6.30               | 40.66                  | 59.34      | 40 75            | Clasificación SUCS <b>GM</b>          |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |                    |                        |            |                  | Clasificación AASHTO <b>A-1-b (0)</b> |
| N° 4         | 4.760          | 278.00        | 8.85               | 49.51                  | 50.49      | 30 60            | DENS. MÁX. SECA 2.055                 |
| N° 8         | 2.380          | 0.00          |                    |                        |            |                  | H. ÓPTIMO 12.72                       |
| N° 10        | 2.000          | 338.00        | 10.76              | 60.27                  | 39.73      | 20 45            | PESO TOTAL 3141.00 gr                 |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00               | 60.27                  |            |                  | Peso Fracc. Lavado: 1586.00 gr        |
| N° 20        | 0.840          | 303.00        | 9.65               | 69.91                  | 30.09      | 17 37            | D10 0.14                              |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00               | 69.91                  | 30.09      |                  | D30 0.83                              |
| N° 40        | 0.420          | 215.00        | 6.84               | 76.76                  | 23.24      | 15 30            | D60 9.81                              |
| N° 50        | 0.297          | 101.00        | 3.22               | 79.97                  | 20.03      |                  | CC 0.505                              |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00               | 79.97                  | 20.03      |                  | CU 70.09                              |
| N° 100       | 0.149          | 158.00        | 5.03               | 85.00                  | 15.00      |                  | Indice de liquidez                    |
| N° 200       | 0.074          | 55.00         | 1.75               | 86.76                  | 13.24      | 5 15             |                                       |
| PAN          |                | 416.00        | 13.24              | 100.00                 | 0.00       |                  |                                       |
| TOTAL        |                |               |                    |                        |            |                  |                                       |
| % PERDIDA    |                |               |                    |                        |            |                  |                                       |

#### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES:** Gravas con finos limosas, mezclas grava-arena-arcilla de color pardo, como terreno de apoyo es bueno a excelente y tiene presencia de nivel freatico, presenta una clasificación SUCS **GM**-y clasificación AASHTO de **A-1-b (0)**

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fitzgerald Y. Incallito Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### LIMITES DE CONSISTENCIA

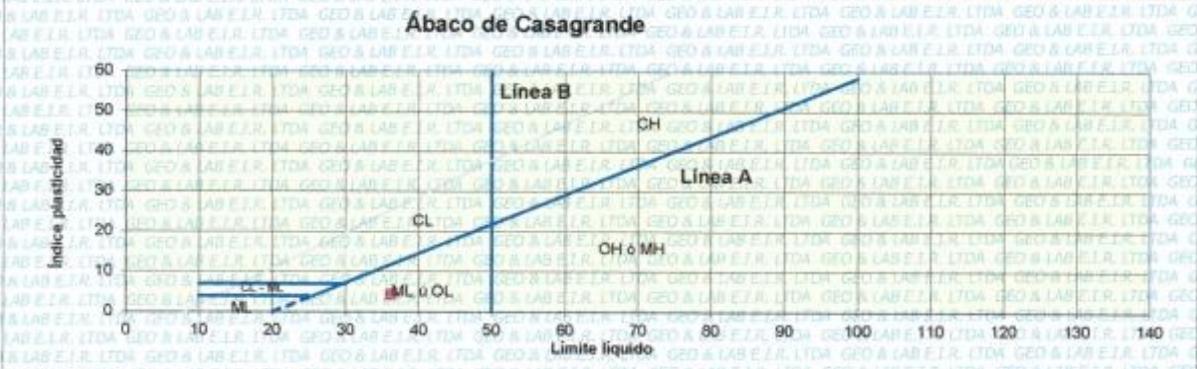
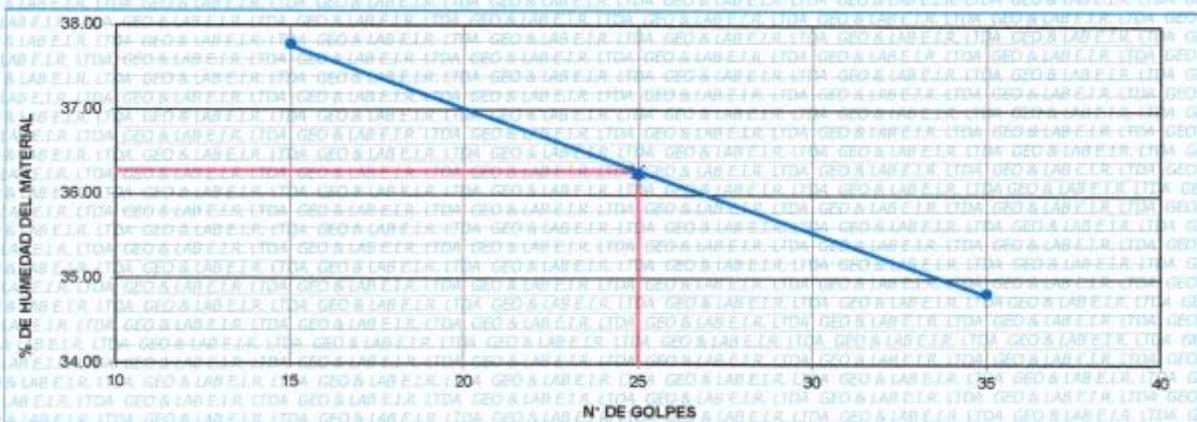
MÉTODO AASHTO T 99/90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107

|              |  |  |  |             |  |
|--------------|--|--|--|-------------|--|
| PROYECTO:    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |  |  | RESP. LAB:  | Ing Constantino Merma Mendoza            |
| UBICACIÓN:   | Centro poblado de Tarucuyo - Tahuapalcca - Distrito de Coporaque   |  |  | TEC. LAB:   | Tec Fitzgerald Youry Incallito Matamoros |
| SOLICITA :   | Testista Bach. Ruffo Laguna Condori  |  |  | FECHA DE M: | 14/06/2021                               |
| MATERIAL     | Gravas con finos limosas, mezclas grava-arena-arcilla de color pardo   |  |  | FECHA DE A: | 16/06/2021                               |
| DESCRIPCION: | Calicata 1, Estirado 3 de 0.50 a 1.20 mtrs   |  |  |             |  |

| Nro. DE CAPSULA              | LIMITE LIQUIDO |       |       | LIMITE PLASTICO |       |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
|                              | 16             | 17    | 19    | 40              | 41    |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A) | 63.15          | 65.44 | 68.19 | 36.57           | 36.38 |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)   | 54.81          | 56.31 | 57.98 | 35.27           | 35.14 |
| PESO DE LA TARA              | 30.87          | 31.12 | 30.95 | 31.10           | 31.34 |
| PESO DEL AGUA (A-B)          | 8.34           | 9.13  | 10.21 | 1.30            | 1.24  |
| PESO SUELO SECO (B-C)        | 23.94          | 25.19 | 27.03 | 4.17            | 3.80  |
| HUMEDAD [W=(A-B)/(B-C)*100   | 34.84          | 36.24 | 37.77 | 31.18           | 32.63 |
| Nro. DE GOLPES               | 35             | 25    | 15    |                 |       |

|                |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|
| LIMITE LIQUIDO | LIMITE PLASTICO | INDICE PLASTICO |
| 36.28%         | 31.90%          | 4.38%           |



OBSERVACIONES: Gravas con finos limosas, mezclas grava-arena-arcilla de color pardo de baja plasticidad, presenta limite liquido de 36.28% e indice de plasticidad de 4.38%

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
CIP: 46898

**Fitzgerald Youry Incallito Matamoros**  
DNI: 48248326  
TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

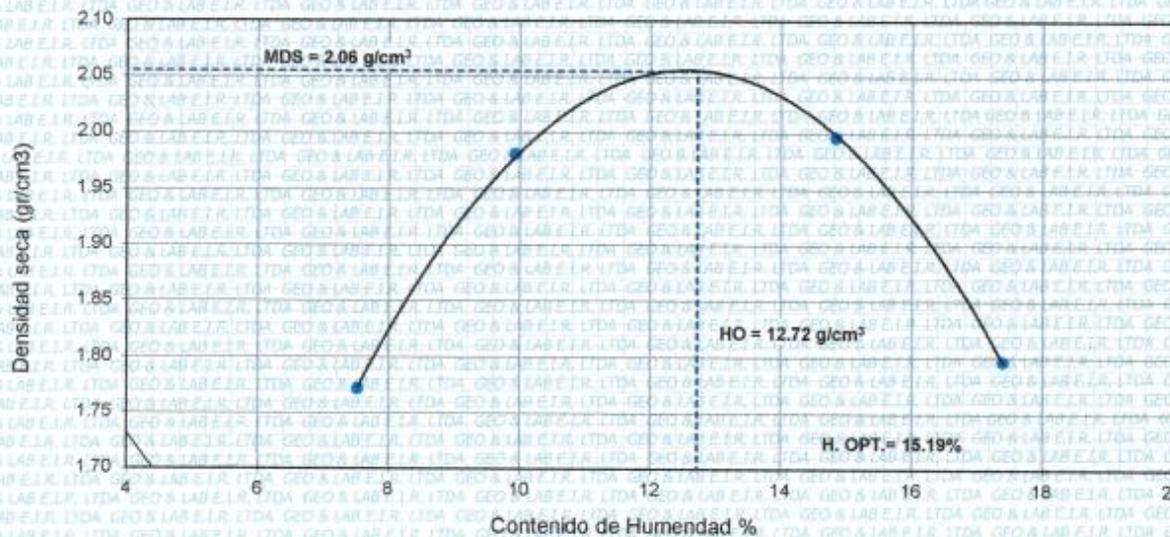
## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PROCTOR MODIFICADO

|                                     |  |                        |  |           |           |           |           |           |
|-------------------------------------|--|------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>                    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                        |  |           |           |           |           |           |
| <b>UBICACIÓN:</b>                   | Centro poblado de Tarucuyo - Tahuapaicca - Distrito de Coporaque   | <b>RESP. LAB.</b>      | Ing Constantino Merma Mendoza              |           |           |           |           |           |
| <b>SOLICITA :</b>                   | Tesista Bach. Rufo Laguna Condoni  | <b>TEC. LAB.:</b>      | Tec. Fijzgerald Yourij Incattito Matamoros |           |           |           |           |           |
| <b>MATERIAL :</b>                   | Gravas con finos limosas, mezclas grava-arena-arcilla de color pardo   | <b>FECHA DE M:</b>     | 14/06/2021                                 |           |           |           |           |           |
| <b>DESCRIPCION:</b>                 | Calicata 1, Estrato 3 de 0.50 a 1.20 mtrs  | <b>FECHA DE A:</b>     | 16/06/2021                                 |           |           |           |           |           |
| <b>COMPACTACION</b>                 | <b>M</b>   | <b>VOL MOLDE (cm3)</b> | <b>2120</b>                                |           |           |           |           |           |
|                                     |  |                        | <b>PESO MOLDE(gr)</b>                      |           |           |           |           |           |
|                                     |  |                        | <b>6095</b>                                |           |           |           |           |           |
| <b>ENSAYO DE COMPACTACION</b>       |  |                        |  |           |           |           |           |           |
| <b>NÚMERO DE ENSAYOS</b>            | <b>1</b>   | <b>2</b>               | <b>3</b>                                   | <b>4</b>  |           |           |           |           |
| <b>PESO SUELO + MOLDE</b>           | 10134  | 10712                  | 10955                                      | 10567     |           |           |           |           |
| <b>PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO</b> | 4039   | 4617                   | 4860                                       | 4472      |           |           |           |           |
| <b>PESO VOLUMETRICO HUMEDO</b>      | 1.905  | 2.178                  | 2.292                                      | 2.109     |           |           |           |           |
| <b>PESO VOLUMETRICO SECO</b>        | 1.772  | 1.981                  | 1.996                                      | 1.797     |           |           |           |           |
| <b>Nº DE RECIPIENTE</b>             | <b>6</b>   | <b>4</b>               | <b>12</b>                                  | <b>15</b> | <b>18</b> | <b>25</b> | <b>42</b> | <b>43</b> |
| <b>PESO SUELO HUMEDO + TARA</b>     | 124.47   | 124.29                 | 113.43                                     | 101.75    | 109.68    | 104.13    | 113.90    | 114.43    |
| <b>PESO SUELOS SECO + TARA</b>      | 117.93   | 117.52                 | 106.01                                     | 95.62     | 99.52     | 95.71     | 101.65    | 102.58    |
| <b>PESO DE LA TARA</b>              | 30.99  | 30.98                  | 31.23                                      | 30.78     | 31.02     | 31.11     | 31.25     | 31.10     |
| <b>PESO DE AGUA</b>                 | 6.54   | 6.77                   | 7.42                                       | 6.13      | 10.16     | 8.42      | 12.25     | 11.85     |
| <b>PESO DE SUELO SECO</b>           | 86.94  | 86.54                  | 74.78                                      | 64.84     | 68.50     | 64.60     | 70.40     | 71.48     |
| <b>CONTENIDO DE AGUA</b>            | 7.52   | 7.82                   | 9.92                                       | 9.45      | 14.83     | 13.03     | 17.40     | 16.58     |

|                              |                    |                        |              |
|------------------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| <b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b> | <b>2.06 gr/cc.</b> | <b>HUMEDAD OPTIMA:</b> | <b>12.72</b> |
|------------------------------|--------------------|------------------------|--------------|



**OBSERVACIONES:** El material de la carretera Tarucuyo - Tahuapalcca del distrito de Coporaque según ensayo de proctor modificado presenta un resultado que a continuación se detalla la densidad máxima de 2.06 gr/cm<sup>2</sup> y humedad Óptima de 12.72%.

GEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
 Ing. Constantino Merma Mendoza  
 CIP: 46896

Fijzgerald Y. Incattito Matamoros  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PESO ESPECÍFICO

|                           |   |                    |  |
|---------------------------|---|--------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>          | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                    |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>         | Centro poblado de Tarucuyo - Tahuapalcca - Distrito de Coporaque  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza         |
| <b>SOLICITA :</b>         | Testista Bach. Rifo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Yourij Incallito Matam |
| <b>MATERIAL</b>           | Gravas con finos limosas, mezclas grava-arena-arcilla de color pardo  | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                             |
| <b>DESCRIPCION:</b>       | Calicata 1, Estrato 3 de 0.50 a 1.20 mtrs   | <b>FECHA DE A:</b> | 16/06/2021                             |
| <b>ENSAYO:</b>            | <b>PESO ESPECIFICO Y ABSORCION</b>  |                    | <b>MUESTRA:</b> <b>AGR. GRUESO</b>     |
| <b>01 DESCRIPCION</b>     |   | <b>DATOS</b>       | <b>RESULTADO</b>                       |
| <b>02</b>                 | Peso de Canastilla  | 121.19             |  |
| <b>03</b>                 | Peso Agregado al aire + canastilla  | 1,211.20           |  |
| <b>04</b>                 | Peso Sumergido + canastilla   | 847.50             |  |
| <b>05</b>                 | Peso Superficialmente Seco al Aire+ canastilla  | 1,427.30           |  |
| <b>06</b>                 | Peso Seco AL horno+canastilla   | 1,396.30           |  |
| <b>07 PESO ESPECIFICO</b> |   |                    | 2.25                                   |
| <b>ABSORCION</b>          |   |                    | 2.22%                                  |


**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**  
**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP.: 46898

  
**Fitzgerald Y. Incallito Matam**  
 DNI: 46349326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### ENSAYO DE CBR

METODO ASTM D -1883

|                     |   |                    |   |
|---------------------|---|--------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                    |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Tahuapalcca - Distrito de Coporaque  | <b>RESP. LAB.:</b> | Ing. Constantino Merma Mendoza            |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Younj Incahitto Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Gravas con finos limosas, mezclas grava-arena-arcilla de color pardo.   | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 1, Estrato 3 de 0.50 a 1.20 mtrs   | <b>FECHA DE A:</b> | 16/06/2021                                |

**MÉTODO ASTM D - 1883**

| N° DE MOLDES              | 1           |         | 2       |        | 3       |        |
|---------------------------|-------------|---------|---------|--------|---------|--------|
|                           | 12          |         | 26      |        | 56      |        |
| Nro. GOLPES POR CAPA      |             |         |         |        |         |        |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA   | NO SATURADO | SAT.    | NO SAT. | SAT.   | NO SAT. | SAT.   |
| Peso molde + suelo humedo | 13104       | 13248   | 12815   | 12995  | 13180   | 13237  |
| Peso del Molde            | 8630        | 8630    | 8385    | 8385   | 8510    | 8510   |
| Peso del Suelo humedo     | 4474        | 4618    | 4430    | 4610   | 4670    | 4727   |
| Volumen del Suelo MOLDE   | 2127.92     | 2127.92 | 2132.7  | 2132.7 | 2141.9  | 2141.9 |
| Densidad humeda           | 2.103       | 2.170   | 2.077   | 2.162  | 2.180   | 2.207  |
| % de humedad              | 11.83       | 13.41   | 8.63    | 8.99   | 7.07    | 7.17   |
| Densidad seca             | 1.880       | 1.914   | 1.912   | 1.983  | 2.036   | 2.059  |
| N° DE TARAS               | 9           | 56      | 21      | 22     | 24      | 19     |
| Tara + suelo humedo       | 153.34      | 159.67  | 159.00  | 164.17 | 163.78  | 174.62 |
| Tara + suelo seco         | 140.41      | 145.40  | 148.85  | 153.23 | 155.04  | 165.01 |
| Peso del agua             | 12.9        | 14.3    | 10.2    | 10.9   | 8.7     | 9.6    |
| Peso de tara              | 31.10       | 38.98   | 31.23   | 31.49  | 31.35   | 30.95  |
| Peso del suelo seco       | 109.3       | 106.4   | 117.6   | 121.7  | 123.7   | 134.1  |
| % de humedad              | 11.8        | 13.4    | 8.6     | 9.0    | 7.1     | 7.2    |
| Promedio de humedad       | 11.8        |         | 8.6     |        | 7.1     |        |

**EXPANSION**

| FECHA      | HORA  | TIEMPO<br>HRS. | LECTURA |      |      | EXPANSIÓN |       |       | LECTURA |      |      | EXPANSIÓN |      |      |
|------------|-------|----------------|---------|------|------|-----------|-------|-------|---------|------|------|-----------|------|------|
|            |       |                | DIAL    | mm.  | %    | DIAL      | mm.   | %     | DIAL    | mm.  | %    | DIAL      | mm.  | %    |
| 16/06/2021 | 13:00 | 0              | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00      | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00 |
| 17/06/2021 | 13:00 | 12             | 20.00   | 0.00 | 0.00 | 18.00     | 0.00  | 0.00  | 10.00   | 0.00 | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00 |
| 18/06/2021 | 13:00 | 24             | 21.00   | 1.00 | 0.79 | 19.50     | 1.50  | 1.18  | 11.00   | 1.00 | 0.79 | 0.00      | 0.00 | 0.00 |
| 19/06/2021 | 13:00 | 48             | 22.00   | 1.00 | 0.79 | 19.00     | -0.50 | -0.39 | 11.00   | 0.00 | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00 |

0.13%

**PENETRACION**

| PENETRACION |       |       | MOLDE Nro: 1 |            | MOLDE Nro: 2 |            | MOLDE Nro: 3 |            |
|-------------|-------|-------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
|             |       |       | LECTURA      | CORRECCION | LECTURA      | CORRECCION | LECTURA      | CORRECCION |
| TIEMPO      | mm.   | pulg. | Kg           | Kg/cm2     | Kg           | Kg/cm2     | Kg           | Kg/cm2     |
| 0.00        | 0.000 | 0.000 | 0.00         | 0          | 0.00         | 0          | 0.00         | 0          |
| 0.30        | 0.064 | 0.000 | 70.80        | 4          | 92.50        | 5          | 125.70       | 6          |
| 1.00        | 0.127 | 0.025 | 88.50        | 4          | 127.90       | 6          | 194.60       | 10         |
| 1.30        | 0.191 | 0.050 | 101.60       | 5          | 210.90       | 11         | 326.20       | 16         |
| 2.00        | 0.254 | 0.075 | 136.50       | 6.81       | 298.70       | 14.90      | 457.70       | 22.83      |
| 3.00        | 0.381 | 0.100 | 184.60       | 9          | 408.30       | 20         | 528.60       | 26         |
| 4.00        | 0.508 | 0.150 | 254.50       | 13         | 658.32       | 33         | 712.20       | 36         |

**OBSERVACIONES:** El terreno presenta en el tercer estrato un potencial de expansión bajo según el indicador IP y su capacidad de carga es alta por presentar garvas, su capacidad de modificación a resistencia por cambios de humedad es media a baja.

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46698

**Fitzgerald Y. Incahitto Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



**PROYECTO:** "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA  
**TESIS:** TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"

**SOLICITANTE:** Tesista Bach. Rulfo Laguna Condon

**RESP. LAB:** Ing. Constantino Merma Mendoza

**UBICACION:** Centro poblado de Tarucuyo - Tahuapalcca - Distrito de Coporaque

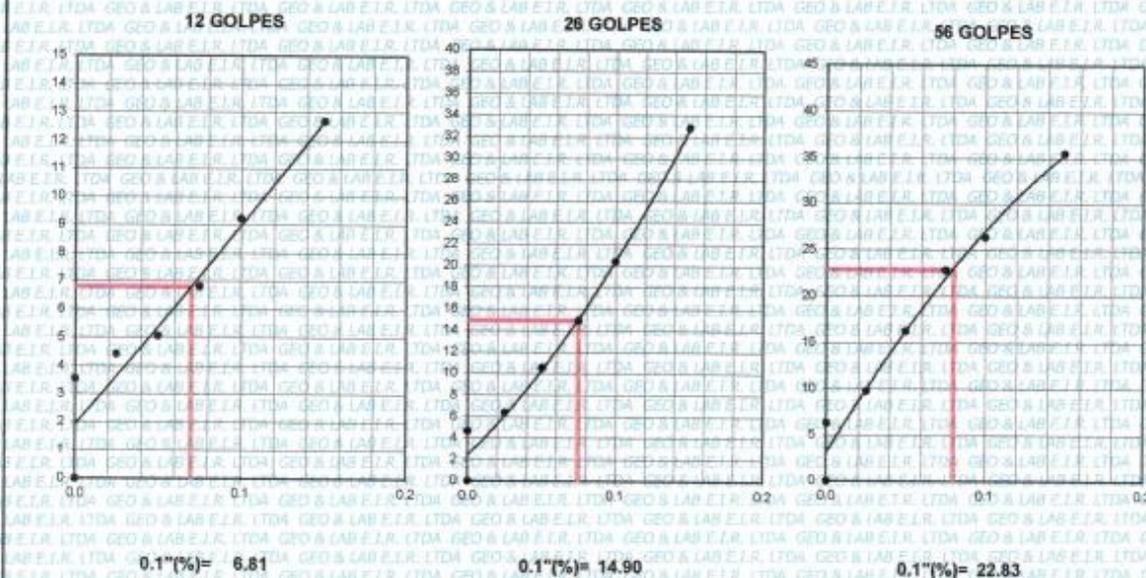
**TEC. LAB:** Tec. Fitzgerald Yourij Incafitto Matamoros

**MATERIAL:** Grava limosa de color marrón claro con presencia de 49.5% de gravas

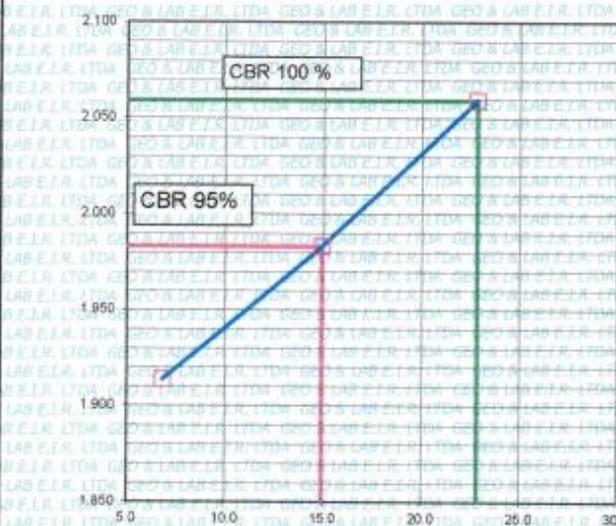
**FECHA M:** 14/06/2021

**FECHA A:** 16/06/2021

### GRAFICO PENETRACION DE CBR



### DETERMINACION DE CBR



#### Datos de Proctor:

|                 |       |        |
|-----------------|-------|--------|
| Densidad seca:  | 2.046 | gr/cc. |
| Optimo humedad: | 13.70 | %      |

**PROCTOR CBR:** 2.06

**CBR AL 100%:** 22.83 %

**CBR AL 95%:** 21.69

#### OBSERVACIONES:

Observaciones area for notes.



TEL: 482-8326



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PERFIL ESTRATIGRAFICO

|   |  |
|---|--|
| <b>PROYECTO:</b><br>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR 2021" |  |
| <b>UBICACIÓN:</b><br>Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca  |  |
| <b>SOLICITA:</b><br>Tesiista Bach. Ruffo Laguna Condori   |  |
| <b>CALICATA:</b><br>C-2   | <b>NIVEL DE AGUA (m):</b><br>No presenta |
| <b>ESTRATOS:</b><br>E-1/ E-2/ E-03 /E-04  | <b>COORDENADA UTM:</b><br>N<br>E         |
| <b>PROGRESIVA:</b><br>1+000 <b>KM</b>   | <b>COTA:</b><br>3975 m.s.n.m.            |
| <b>PROF (m):</b><br>1.20 m <b>LADO:</b> Izquierdo   | <b>FECHA DE M.:</b><br>14/06/2021        |
| <b>ING. RESP.:</b><br>Ing. Constantino Merma Mendoza  | <b>FECHA DE A.:</b><br>18/06/2021        |



| PROF (m) | SIMBOLOGIA | CLASIFICACION |           | ANIL DE AGUA | DESCRIPCION Y CARACTERIZACION DEL MATERIAL, COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE CONSISTENCIA  | MUESTRA | ENSAYOS EN |        |        |       |
|----------|------------|---------------|-----------|--------------|--|---------|------------|--------|--------|-------|
|          |            | SUCS          | AASTHO    |              |  |         | LL         | LP     | IP     | H.M%  |
| 0.10     | [Symbol]   | GC            | A-2-6 (0) |              | Prof. (m) 0.00 - 0.25: Suelos de Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla. Material lebre de préstamo con presencia de raíces y gravas que represente el 46.46% arenas no plásticas de 34.44% y finos de 19.10% de meda plasticidad de color pardo.                  | M-01    | 34.72%     | 20.40% | 14.33% | 3.80  |
| 0.20     | [Symbol]   | SC            | A-6 (1)   |              | Prof. (m) 0.25 - 0.55: Suelos de Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla. Material arenas arcillosas con gravas mal graduadas que represente el 13.93% arenas no plásticas de 48.46% y finos de 37.61% de baja plasticidad de color café.                                 | M-02    | 29.16%     | 18.38% | 10.77% | 8.77  |
| 0.30     | [Symbol]   | ML            | A-7-6 (9) |              | Prof. (m) 0.55 - 0.85: Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad. Material limoso con 6.47% arenas no plásticas de 23.02% y finos de 70.51% de ligera plasticidad de color marrón. | M-03    | 42.16%     | 27.55% | 14.61% | 16.94 |
| 0.40     | [Symbol]   | GC            | A-2-6 (0) |              | Prof. (m) 0.85 - 1.20: Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla. suelo de simbología simple de Gravas arcillosas con 56.01 % arenas no plásticas de 34.04% y finos de 7.95% de ligera plasticidad de color pardo claro.  | M-04    | 32.37%     | 20.54% | 11.83% | 9.63  |

**Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 40399

**Fitzgerald Yancatto Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TÉCNICO LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D221 - 71

|   |  |   |   |              |               |
|---|--|---|---|--------------|---------------|
| <b>PROYECTO:</b>  |  | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO-TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |   |              |               |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca | <b>RESP. LAB.</b>   | Ing. Constantino Merma Mendoza              |              |               |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori                      | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fitzgerald Yourij Incañtillo Matamoros |              |               |
| <b>DESCRIPCION:</b>   | calicata de 04 estratos                                | <b>FECHA DE M:</b>  | 14/06/2021                                  |              |               |
| <b>MATERIAL:</b>  | Predominante de materiales arcillosos y limosos        | <b>FECHA DE A:</b>  | 18/06/2021                                  |              |               |
| <b>ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS Y CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO DE FUNDACION</b> |  |   |   |              |               |
| <b>CALICATA</b>   |  | <b>C-2</b>  | <b>C-2</b>                                  | <b>C-2</b>   | <b>C-2</b>    |
| <b>MUESTRA</b>  |  | <b>M - 1</b>  | <b>M - 2</b>                                | <b>M - 3</b> | <b>M - 4</b>  |
| <b>PROFUNDIDAD (m)</b>  |  | <b>0.25</b>   | <b>0.30</b>                                 | <b>0.30</b>  | <b>0.35</b>   |
| <b>RECIPIENTE</b>   |  | <b>16</b>   | <b>43</b>                                   | <b>41</b>    | <b>9</b>      |
| <b>Nº</b>   | <b>DATOS</b>   | <b>UND</b>  |   |              |               |
| 1   | Pfr + P.S.H.   | gr  | 127.67                                      | 131.77       | 107.97        |
| 2   | Pfr + P.S.S.   | gr  | 124.04                                      | 123.65       | 96.87         |
| 3   | Pagua (1) - (2)  | gr  | 3.63  | 8.12         | 11.10         |
| 4   | RECIPIENTE   | gr  | 30.87                                       | 31.10        | 31.34         |
| 5   | P.S.S. (2) - (4)                                       | gr  | 93.17                                       | 92.55        | 65.53         |
| 6   | C Humedad (3) / (5) x 100                              | %   | 3.90  | 8.77         | 16.94         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>   |  | <b>%</b>  | <b>3.90%</b>                                | <b>8.77%</b> | <b>16.94%</b> |
|   |  |   | <b>9.63%</b>                                |              |               |

Nota :

- Pfr = Peso de frasco
- P.S.H. = Peso de suelo húmedo
- P.S.S. = Peso de suelo seco
- Pagua = Peso de agua



**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
CIP.: 46898

*Fitzgerald Yourij Incañtillo Matamoros*

**Fitzgerald Y. Incañtillo Matamoros**  
DNI: 48248326  
TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



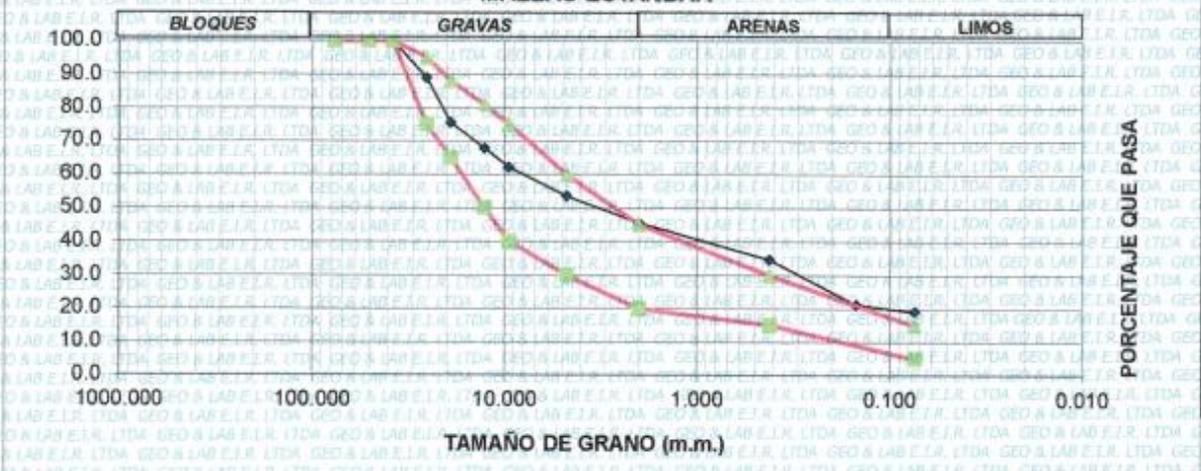
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422/ AASHTO T-88/ MTC E-107

|                     |   |                     |  |
|---------------------|---|---------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                     |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB:</b>   | Ing. Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Ruffo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fitzgerald Yourij Incantito Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Suelos de Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla  | <b>FECHA DE M.:</b> | 14/06/2021                                 |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 2, Estrato de 0.00 a 0.25 mtrs   | <b>FECHA DE A.:</b> | 18/06/2021                                 |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulativo | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |                  |
|--------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------|------------------|---------------------------|------------------|
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % GRAVA                   | 46.46%           |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % ARENA                   | 34.44%           |
| 2"           | 50.800         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | FINOS                     | 19.10%           |
| 1 1/2"       | 38.100         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     |                  | Humedad natural:          | 3.90%            |
| 1"           | 25.400         | 248.00        | 10.96              | 10.96                  | 89.04      | 75 95            | Límite Líquido            | 34.72%           |
| 3/4"         | 19.050         | 308.00        | 13.53              | 24.49                  | 75.51      |                  | Límite Plástico           | 20.40%           |
| 1/2"         | 12.700         | 175.00        | 7.74               | 32.23                  | 67.77      |                  | Índice Plástico           | 14.33%           |
| 3/8"         | 9.525          | 129.00        | 5.70               | 37.93                  | 62.07      | 40 75            | Clasificación SUCS        | <b>GC</b>        |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |                    |                        |            |                  | Clasificación AASHTO      | <b>A-2-6 (0)</b> |
| N° 4         | 4.750          | 193.00        | 8.53               | 46.46                  | 53.54      | 30 60            | DENS. MÁX. SECA           | 2.009            |
| N° 8         | 2.380          | 0.00          |                    |                        |            |                  | H. ÓPTIMO                 | 11.15            |
| N° 10        | 2.000          | 181.00        | 8.00               | 54.47                  | 45.53      | 20 45            | PESO TOTAL                | 2262.00 gr       |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00               | 54.47                  |            |                  | Peso Fracc. Lavado:       | 1211.00 gr       |
| N° 20        | 0.840          | 138.00        | 6.10               | 60.57                  | 39.43      | 17 37            | D10                       | 0.26             |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00               | 60.57                  | 39.43      |                  | D30                       | 0.28             |
| N° 40        | 0.420          | 107.00        | 4.73               | 65.30                  | 34.70      | 15 30            | D60                       | 8.05             |
| N° 50        | 0.297          | 84.00         | 3.71               | 69.01                  | 30.99      |                  | GC                        | 0.0              |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00               | 69.01                  | 30.99      |                  | CU                        | 31.5             |
| N° 100       | 0.149          | 222.00        | 9.81               | 78.82                  | 21.18      |                  | Índice de liquidez        |                  |
| N° 200       | 0.074          | 47.00         | 2.08               | 80.90                  | 19.10      | 5 15             |                           |                  |
| PAN          |                | 432.00        | 19.10              | 100.00                 | 0.00       |                  |                           |                  |
| TOTAL        |                |               |                    |                        |            |                  |                           |                  |
| % PERDIDA    |                |               |                    |                        |            |                  |                           |                  |

#### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES :** Suelos de Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla, como terreno de apoyo es pobre o mediano, presenta una clasificación SUCS **GC** y clasificación AASHTO de **A-2-6 (0)**

GEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 C.I.P.: 46898

**Fitzgerald Y. Incantito Matamoros**  
 DNI: 48243326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### LIMITE DE CONSISTENCIA

MÉTODO AASHTO T 89/90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107

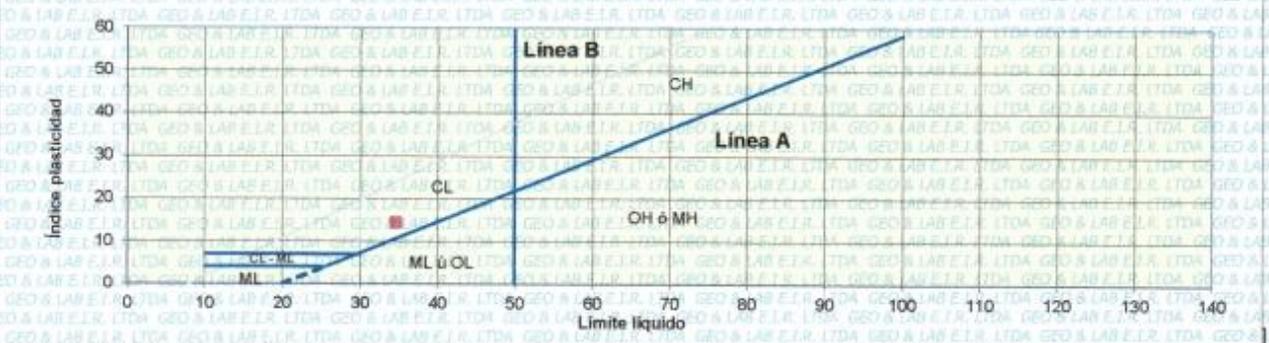
|                     |   |                    |  |
|---------------------|---|--------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                    |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b>   | Testista Bach. Rulo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Yourij Incattito Matamoros |
| <b>MATERIAL</b>     | Suelos de Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla  | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                 |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 2, Estrato de 0.00 a 0.25 mtrs   | <b>FECHA DE A:</b> | 18/06/2021                                 |

| Nro. DE CAPSULA              | LIMITE LIQUIDO |       |       | LIMITE PLASTICO |       |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
|                              | 15             | 16    | 17    | 1               | 9     |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A) | 59.91          | 63.75 | 66.49 | 38.81           | 39.06 |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)   | 52.56          | 55.27 | 57.19 | 37.48           | 37.72 |
| PESO DE LA TARA              | 30.78          | 30.87 | 31.12 | 31.01           | 31.10 |
| PESO DEL AGUA (A-B)          | 7.35           | 8.48  | 9.30  | 1.33            | 1.34  |
| PESO SUELO SECO (B-C)        | 21.78          | 24.40 | 26.07 | 6.47            | 6.62  |
| HUMEDAD (W)=(A-B)/(B-C)*100  | 33.75          | 34.75 | 35.67 | 20.56           | 20.24 |
| Nro. DE GOLPES               | 35             | 25    | 15    |                 |       |

|                                 |                                  |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>LIMITE LIQUIDO</b><br>34.72% | <b>LIMITE PLASTICO</b><br>20.40% | <b>INDICE PLASTICO</b><br>14.33% |
|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|



**Abaco de Casagrande**



**OBSERVACIONES:** Suelos de Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla de mediana plasticidad, presenta limite liquido de 34.72% e índice de plasticidad de 14.33%

**DEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**  
 Ing. Constantino Merma Mendoza  
 C.E. 46898

**Fitzgerald Y. Incattito Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



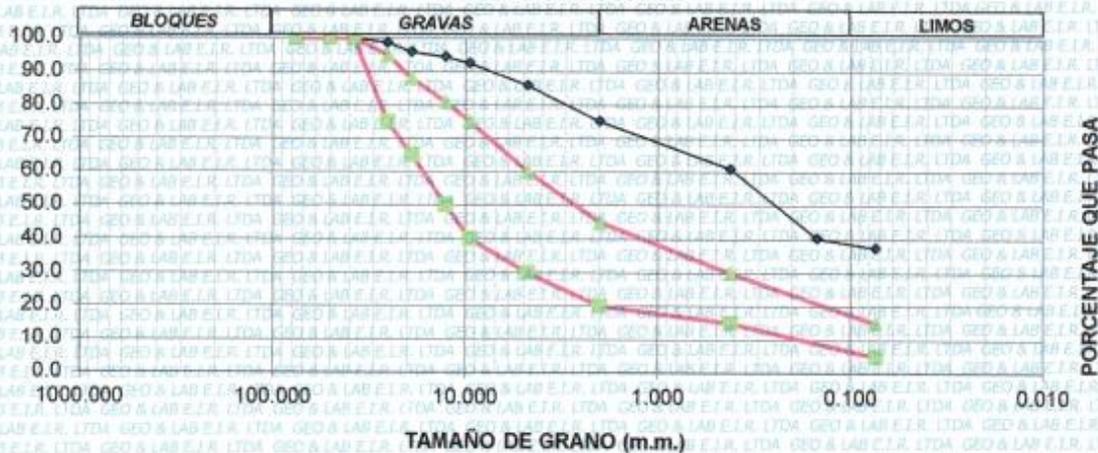
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422/ AASHTO T-88/ MTC E-107

|                     |  |                    |   |
|---------------------|--|--------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                    |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b>   | Testista Bach. Rulfo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Youri Incaltito Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Suelos de Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.  | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 2, Estrato 2 de 0.25 a 0.55 mtrs  | <b>FECHA DE A:</b> | 18/06/2021                                |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulativo | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA           |
|--------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------|------------------|-------------------------------------|
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % GRAVA 13.93%                      |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % ARENA 48.48%                      |
| 2"           | 50.800         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | FINOS 37.61%                        |
| 1 1/2"       | 38.100         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     |                  | Humedad natural: 8.77%              |
| 1"           | 25.400         | 32.00         | 1.37               | 1.37                   | 98.63      | 75 95            | Limite Liquido 29.18%               |
| 3/4"         | 19.050         | 63.00         | 2.69               | 4.06                   | 95.94      |                  | Limite Plástico 18.38%              |
| 1/2"         | 12.700         | 33.00         | 1.41               | 5.47                   | 94.53      |                  | Indice Plástico 10.77%              |
| 3/8"         | 9.525          | 45.00         | 1.92               | 7.39                   | 92.61      | 40 75            | Clasificación SUCS <b>SC</b>        |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |                    |                        |            |                  | Clasificación AASHTO <b>A-6 (1)</b> |
| N° 4         | 4.760          | 153.00        | 6.54               | 13.93                  | 86.07      | 30 60            | DENS. MÁX. SECA 2.009               |
| N° 8         | 2.380          | 0.00          |                    |                        |            |                  | H. ÓPTIMO 11.15                     |
| N° 10        | 2.000          | 254.00        | 10.85              | 24.79                  | 75.21      | 20 45            | PESO TOTAL 2340.00 gr               |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00               | 24.79                  |            |                  | Peso Fracc. Lavado: 2014.00 gr      |
| N° 20        | 0.840          | 184.00        | 7.86               | 32.65                  | 67.35      | 17 37            | D10 0.50                            |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00               | 32.65                  | 67.35      |                  | D30 0.13                            |
| N° 40        | 0.420          | 149.00        | 6.37               | 39.02                  | 60.98      | 15 30            | D60 0.40                            |
| N° 50        | 0.297          | 131.00        | 5.60               | 44.62                  | 55.38      |                  | CC 0.1                              |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00               | 44.62                  | 55.38      |                  | CU 0.8                              |
| N° 100       | 0.149          | 351.00        | 15.00              | 59.62                  | 40.38      |                  | Indice de liquidez                  |
| N° 200       | 0.074          | 65.00         | 2.78               | 62.39                  | 37.61      | 5 15             |                                     |
| PAN          |                | 860.00        | 37.61              | 100.00                 | 0.00       |                  |                                     |
| TOTAL        |                |               |                    |                        |            |                  |                                     |
| % PERCIDA    |                |               |                    |                        |            |                  |                                     |

#### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES** Suelos de Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla., como terreno de apoyo es pobre y mediano presenta una clasificación SUCS **SC** y clasificación AASHTO de **A-6 (1)**

Ing. Constantino Merma Mendoza  
 C.P.: 46898

Fitzgerald Y. Incaltito Matamoros  
 DNI: 46248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### LIMITES DE CONSISTENCIA

MÉTODO AASHTO T 89/ 90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107

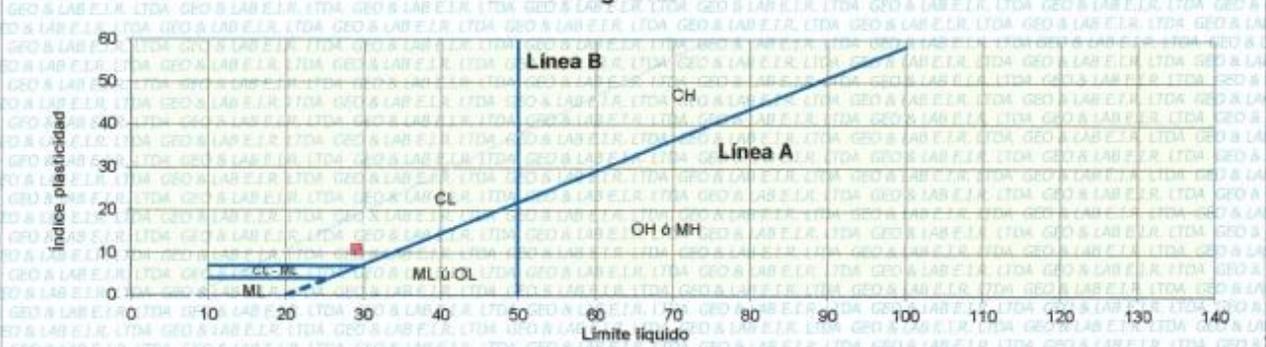
|                     |   |                    |   |
|---------------------|---|--------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                    |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB:</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza            |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Ruffo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fijgerald Yourij Incattito Matamoros |
| <b>MATERIAL</b>     | Suelos de Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.   | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 2, Estrato 2 de 0.25 a 0.55 mtrs   | <b>FECHA DE A:</b> | 18/06/2021                                |

| Nro. DE CAPSULA              | LIMITE LIQUIDO |       |       | LIMITE PLASTICO |       |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
|                              | 21             | 22    | 32    | 42              | 45    |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A) | 68.58          | 68.72 | 65.69 | 39.20           | 39.45 |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)   | 60.48          | 60.30 | 57.61 | 37.96           | 38.17 |
| PESO DE LA TARA              | 31.23          | 31.49 | 31.16 | 31.25           | 31.17 |
| PESO DEL AGUA (A-B)          | 8.10           | 8.42  | 8.08  | 1.24            | 1.28  |
| PESO SUELO SECO (B-C)        | 29.25          | 28.81 | 26.45 | 6.71            | 7.00  |
| HUMEDAD [W=(A-B)/(B-C)*100   | 27.69          | 29.23 | 30.55 | 18.48           | 18.29 |
| Nro. DE GOLPES               | 35             | 25    | 15    |                 |       |

|                |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|
| LIMITE LIQUIDO | LIMITE PLASTICO | INDICE PLASTICO |
| 29.16%         | 18.38%          | 10.77%          |



### Ábaco de Casagrande



**OBSERVACIONES:** Suelos de Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla. de baja plasticidad, presenta limite liquido de 29.16 % e indice de plasticidad de 10.77%

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fijgerald Yourij Incattito Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



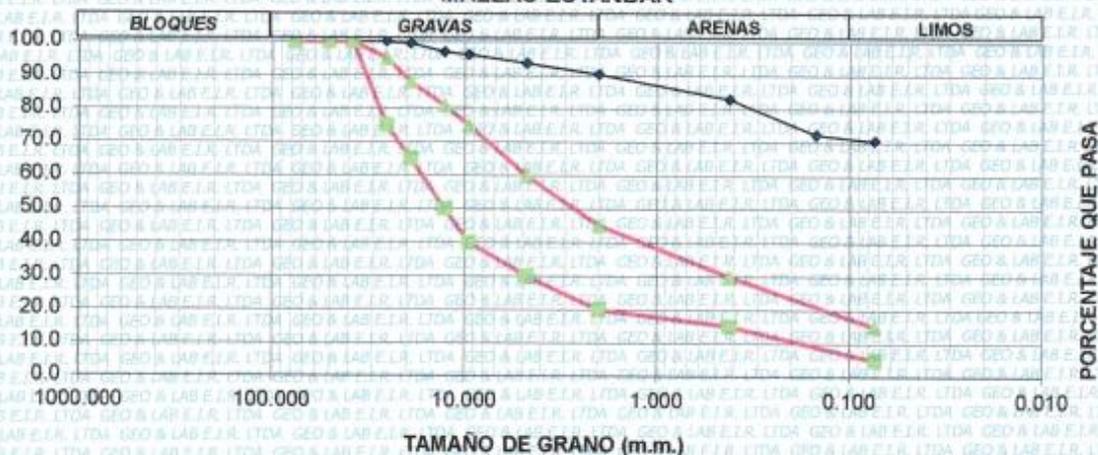
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422/ AASHTO T-88/ MTC E-107

|                     |  |                    |  |
|---------------------|--|--------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                    |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca   | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza           |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Youri Incañito Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas   | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                               |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 2, Estrato 3 de 0.55 a 0.85 mtrs  | <b>FECHA DE A:</b> | 18/06/2021                               |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulativo | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA             |
|--------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------|------------------|---------------------------------------|
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % GRAVA 6.47%                         |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % ARENA 23.02%                        |
| 2"           | 50.800         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | FINOS 70.51%                          |
| 1 1/2"       | 38.100         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     |                  | Humedad natural: 16.94%               |
| 1"           | 25.400         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 75 95            | Limite Liquido 42.16%                 |
| 3/4"         | 19.050         | 15.00         | 0.57               | 0.57                   | 99.43      |                  | Limite Plástico 27.55%                |
| 1/2"         | 12.700         | 67.00         | 2.55               | 3.12                   | 96.88      |                  | Indice Plástico 14.61%                |
| 3/8"         | 9.525          | 19.00         | 0.72               | 3.84                   | 96.16      | 40 75            | Clasificación SUCS <b>ML</b>          |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |                    |                        |            |                  | Clasificación AASHTO <b>A-7-6 (9)</b> |
| N° 4         | 4.760          | 89.00         | 2.63               | 6.47                   | 93.53      | 30 60            | DENS. MÁX. SECA 2.008                 |
| N° 8         | 2.380          | 0.00          |                    |                        |            |                  | H ÓPTIMO 11.15                        |
| N° 10        | 2.000          | 86.00         | 3.27               | 9.74                   | 90.26      | 20 45            | PESO TOTAL 2628.00 gr                 |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00               | 9.74                   |            |                  | Peso Fracc. Lavado: 2458.00 gr        |
| N° 20        | 0.840          | 101.00        | 3.84               | 13.58                  | 86.42      | 17 37            | D10 0.69                              |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00               | 13.58                  | 86.42      |                  | D30 0.33                              |
| N° 40        | 0.420          | 91.00         | 3.46               | 17.05                  | 82.95      | 15 30            | D60                                   |
| N° 50        | 0.297          | 78.00         | 2.97               | 20.02                  | 79.98      |                  | CC                                    |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00               | 20.02                  | 79.98      |                  | CU                                    |
| N° 100       | 0.149          | 202.00        | 7.68               | 27.70                  | 72.30      |                  | Indice de liq. 15                     |
| N° 200       | 0.074          | 47.00         | 1.79               | 29.49                  | 70.51      | 5 15             |                                       |
| PAN          |                | 1853.00       | 70.51              | 100.00                 | 0.00       |                  |                                       |
| TOTAL        |                |               |                    |                        |            |                  |                                       |
| % PERDIDA    |                |               |                    |                        |            |                  |                                       |

### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES:** Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas, como terreno de apoyo es pobre a mediano, presenta una clasificación SUCS **ML** y clasificación AASHTO de **A-7-6 (9)**



GEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
Ing. Constantino Merma Mendoza  
CIP: 46898

Fitzgerald Youri Incañito Matamoros  
DNI: 48273326  
TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

**Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos**



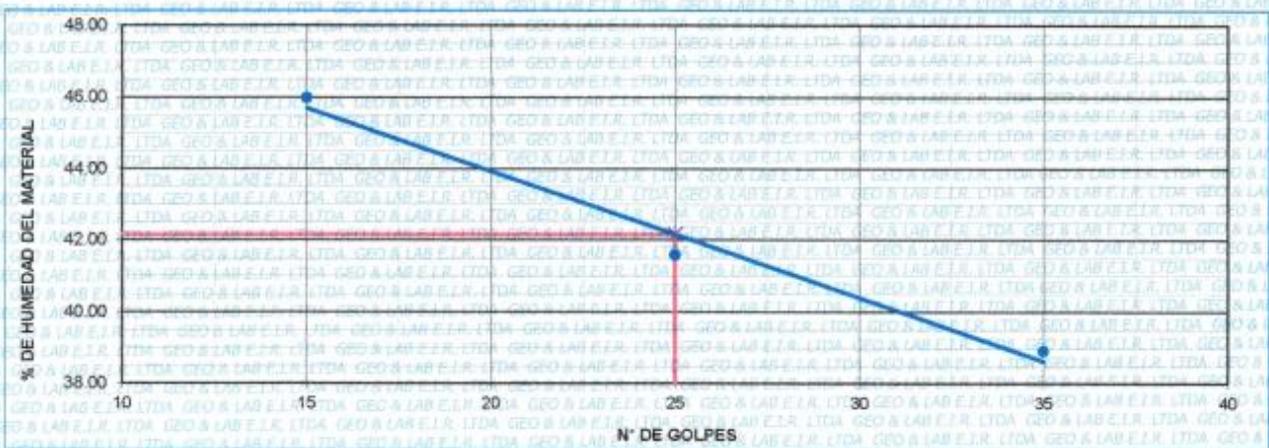
## LIMITES DE CONSISTENCIA

MÉTODO AASHTO T 89/90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107

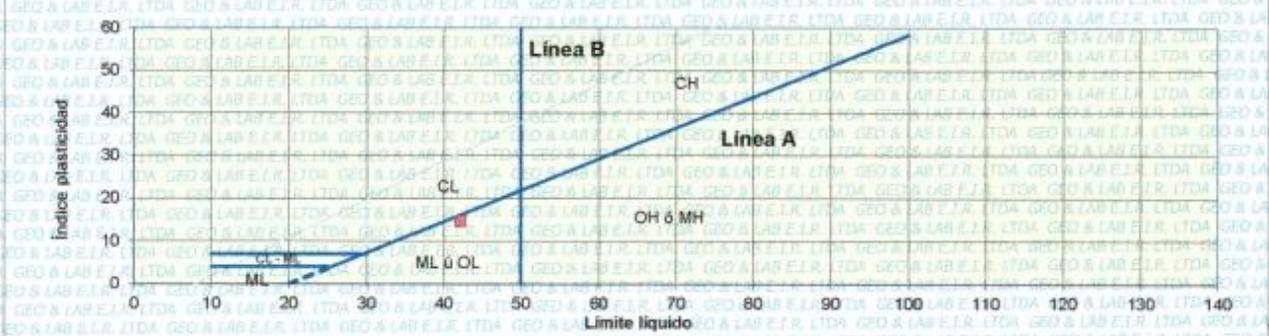
|                     |   |                     |  |
|---------------------|---|---------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                     |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.:</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rulo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fitzgerald Yourij Incattito Matamoros |
| <b>MATERIAL</b>     | Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas  | <b>FECHA DE M.:</b> | 14/06/2021                                 |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 2, Estrato 3 de 0.55 a 0.85 mtrs   | <b>FECHA DE A.:</b> | 18/06/2021                                 |

| Nro. DE CAPSULA              | LIMITE LIQUIDO |       |       | LIMITE PLASTICO |       |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
|                              | 66             | 67    | 68    | 12              | 11    |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A) | 69.88          | 67.83 | 72.71 | 37.83           | 36.82 |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)   | 60.73          | 58.86 | 61.67 | 36.40           | 35.53 |
| PESO DE LA TARA              | 37.22          | 37.29 | 37.66 | 31.23           | 30.83 |
| PESO DEL AGUA (A-B)          | 9.15           | 8.97  | 11.04 | 1.43            | 1.29  |
| PESO SUELO SECO (B-C)        | 23.51          | 21.57 | 24.01 | 5.17            | 4.70  |
| HUMEDAD [W=(A-B)/(B-C)*100   | 38.92          | 41.59 | 45.98 | 27.68           | 27.45 |
| Nro. DE GOLPES               | 35             | 25    | 15    |                 |       |

|                       |                        |                        |
|-----------------------|------------------------|------------------------|
| <b>LIMITE LIQUIDO</b> | <b>LIMITE PLASTICO</b> | <b>INDICE PLASTICO</b> |
| 42.16%                | 27.55%                 | 14.61%                 |



**Abaco de Casagrande**



**OBSERVACIONES:** Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas de mediana plasticidad, presenta limite líquido de 42.16% e indice de plasticidad de 14.61%

GEO & LAB E.I.R.L. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
 Ing. Constantino Merma Mendoza  
 CIP: 46898

Fitzgerald Y. Incattito Matamoros  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



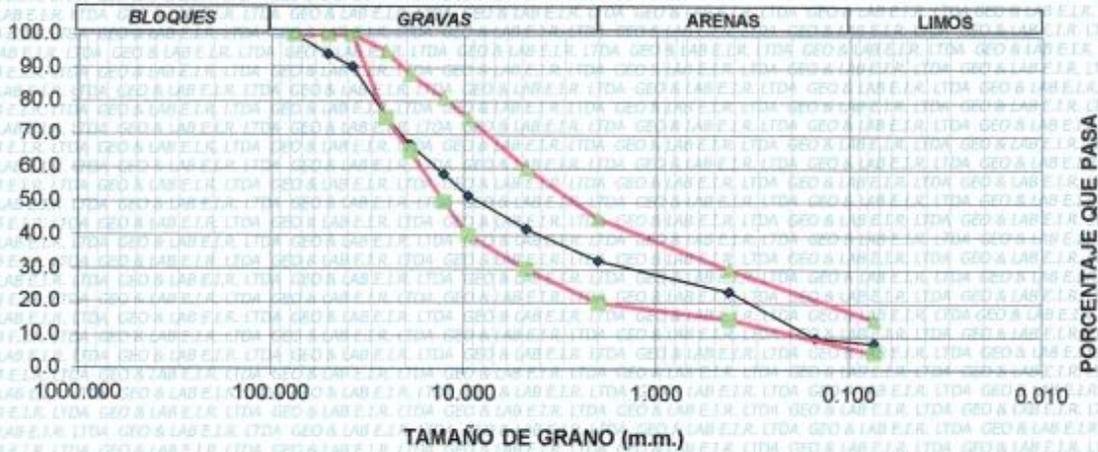
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422/AASHTO T-88/MTC E-107

|                     |  |                    |  |
|---------------------|--|--------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                    |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing Constantino Merma Mendoza              |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rulo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Yourij Incallito Matamoras |
| <b>MATERIAL :</b>   | Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla color pardo claro   | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                 |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 2, Estrato 4 de 0.85 a 1.20 mtrs  | <b>FECHA DE A:</b> | 18/06/2021                                 |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulativo | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |                   |
|--------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------|------------------|---------------------------|-------------------|
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % GRAVA                   | 58.01%            |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % ARENA                   | 34.04%            |
| 2"           | 50.800         | 211.00        | 5.83               | 5.83                   | 94.17      | 100 100          | FINOS                     | 7.95%             |
| 1 1/2"       | 38.100         | 132.00        | 3.64               | 9.47                   | 90.53      |                  | Humedad natural:          | 9.63%             |
| 1"           | 25.400         | 547.00        | 15.10              | 24.57                  | 75.43      | 75 95            | Limite Liquido            | 32.37%            |
| 3/4"         | 19.050         | 304.00        | 8.39               | 32.97                  | 67.03      |                  | Limite Plástico           | 20.54%            |
| 1/2"         | 12.700         | 319.00        | 8.81               | 41.77                  | 58.23      |                  | Indice Plástico           | 11.83%            |
| 3/8"         | 9.525          | 236.00        | 6.52               | 48.29                  | 51.71      | 40 75            | Clasificación SUCS        | <b>GC</b>         |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |                    |                        |            |                  | Clasificación AASHTO      | <b>A-2-6 (0)</b>  |
| N° 4         | 4.750          | 352.00        | 9.72               | 58.01                  | 41.99      | 30 60            | DENS. MÁX. SECA           | 2.009             |
| N° 8         | 2.380          | 0.00          |                    |                        |            |                  | H. ÓPTIMO                 | 11.15             |
| N° 10        | 2.000          | 342.00        | 9.44               | 67.45                  | 32.55      | 20 45            | PESO TOTAL                | <b>3622.00 gr</b> |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00               | 67.45                  |            |                  | Peso Fracc. Lavado:       | <b>1621.00 gr</b> |
| N° 20        | 0.840          | 190.00        | 5.25               | 72.69                  | 27.31      | 17 37            | D10                       | 0.16              |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00               | 72.69                  | 27.31      |                  | D30                       | 1.31              |
| N° 40        | 0.420          | 144.00        | 3.98               | 76.67                  | 23.33      | 15 30            | D60                       | 13.78             |
| N° 50        | 0.297          | 140.00        | 3.87               | 80.54                  | 19.46      |                  | CC                        | <b>0.8</b>        |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00               | 80.54                  | 19.46      |                  | CU                        | <b>88.5</b>       |
| N° 100       | 0.149          | 366.00        | 10.10              | 90.64                  | 9.36       |                  | Indice de liquidaz        |                   |
| N° 200       | 0.074          | 51.00         | 1.41               | 92.05                  | 7.95       | 5 15             |                           |                   |
| PAN          |                | 288.00        | 7.95               | 100.00                 | 0.00       |                  |                           |                   |
| TOTAL        |                |               |                    |                        |            |                  |                           |                   |
| % PERDIDA    |                |               |                    |                        |            |                  |                           |                   |

#### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES:** Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla color pardo claro, como terreno de apoyo es bueno, presenta una clasificacion SUCS **GC** y clasificacion AASHTO de **A-2-6 (0)**

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fitzgerald Yourij Incallito Matamoras**  
 DNI: 48268326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS

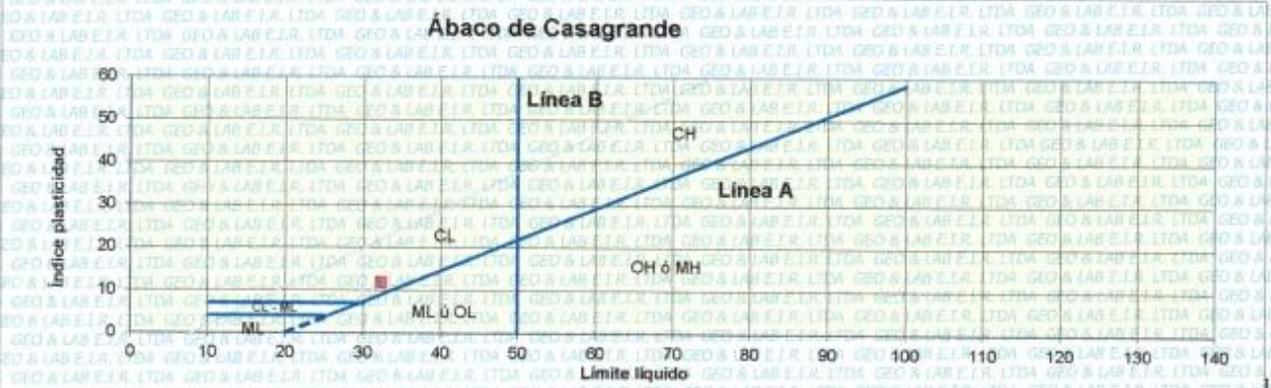


# GEO & LAB E.I.R.L

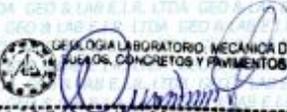
## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



| <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>                     |  |                    |   |       |                 |
|--|--|--------------------|---|-------|-----------------|
| MÉTODO AASHTO T 89/ 90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107 |  |                    |   |       |                 |
| <b>PROYECTO:</b>                                   | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                    |   |       |                 |
| <b>UBICACIÓN:</b>                                  | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca   | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing Constantino Merma Mendoza             |       |                 |
| <b>SOLICITA :</b>                                  | Testista Bach. Rufo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fijgerald Yourij Incattito Matamoros |       |                 |
| <b>MATERIAL</b>                                    | Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla color pardo claro   | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                |       |                 |
| <b>DESCRIPCION:</b>                                | Calicata 2, Estrato 4 de 0.85 a 1.20 mtrs  | <b>FECHA DE A:</b> | 18/06/2021                                |       |                 |
|  | LIMITE LIQUIDO   |                    | LIMITE PLASTICO                           |       |                 |
| Nro. DE CAPSULA                                    | 53   | 61                 | 62  | 21    | 23              |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A)                       | 69.13  | 75.24              | 70.72                                     | 39.65 | 38.48           |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)                         | 61.62  | 66.10              | 62.10                                     | 38.21 | 37.21           |
| PESO DE LA TARA                                    | 37.22  | 37.21              | 37.26                                     | 31.23 | 31.00           |
| PESO DEL AGUA (A-B)                                | 7.51   | 9.14               | 8.62                                      | 1.44  | 1.27            |
| PESO SUELO SECO (B-C)                              | 24.40  | 28.89              | 24.84                                     | 6.98  | 6.21            |
| HUMEDAD [W=(A-B)/(B-C)*100                         | 30.78  | 31.64              | 34.70                                     | 20.63 | 20.45           |
| Nro. DE GOLPES                                     | 35   | 25                 | 15  |       |                 |
|  | LIMITE LIQUIDO   |                    | LIMITE PLASTICO                           |       | INDICE PLASTICO |
|  | 32.37%   |                    | 20.54%                                    |       | 11.83%          |



**OBSERVACIONES:** Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla color pardo claro de mediana plasticidad, presenta limite liquido de 32.37% e indice de plasticidad de 11.83%

  
**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

  
**Fijgerald Y. Incattito Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PROCTOR MODIFICADO

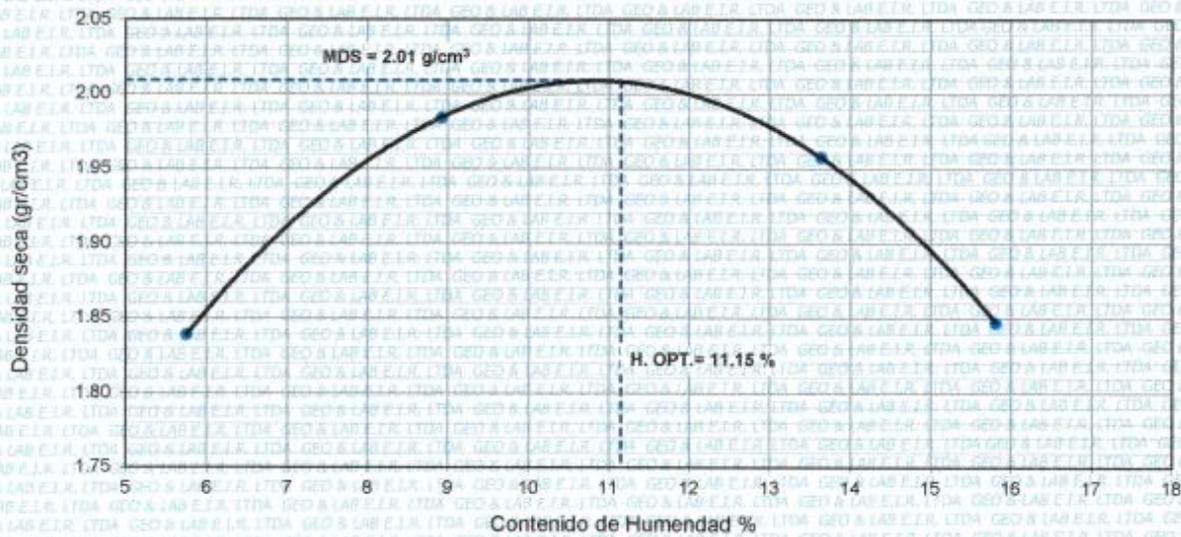
|                     |  |                    |   |
|---------------------|--|--------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                    |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca   | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza            |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Ruffo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fijgerald Yourij Incattito Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Suelos de Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.  | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 2, Estrato 4 de 0.85 a 1.20 mtrs  | <b>FECHA DE A:</b> | 18/06/2021                                |

|                     |          |                                    |             |                       |             |
|---------------------|----------|------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| <b>COMPACTACION</b> | <b>M</b> | <b>VOL. MOLDE (cm<sup>3</sup>)</b> | <b>2120</b> | <b>PESO MOLDE(gr)</b> | <b>6095</b> |
|---------------------|----------|------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|

| ENSAYO DE COMPACTACION       |       |       |       |       |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| NÚMERO DE ENSAYOS            | 1     | 2     | 3     | 4     |
| PESO SUELO + MOLDE           | 10218 | 10677 | 10812 | 10630 |
| PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO | 4123  | 4582  | 4717  | 4535  |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO      | 1.945 | 2.161 | 2.225 | 2.139 |
| PESO VOLUMETRICO SECO        | 1.839 | 1.984 | 1.958 | 1.847 |

| Nº DE RECIPIENTE         | 59     | 60     | 58     | 63     | 69     | 65     | 64     | 70     |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PESO SUELO HUMEDO + TARA | 130.71 | 139.12 | 126.13 | 120.74 | 137.65 | 144.80 | 150.39 | 164.71 |
| PESO SUELOS SECO + TARA  | 125.63 | 133.59 | 118.85 | 113.23 | 125.65 | 133.71 | 134.94 | 147.82 |
| PESO DE LA TARA          | 37.30  | 37.22  | 37.27  | 37.22  | 37.65  | 38.94  | 37.22  | 37.31  |
| PESO DE AGUA             | 5.08   | 5.53   | 7.28   | 7.51   | 12.00  | 11.09  | 15.45  | 16.89  |
| PESO DE SUELO SECO       | 88.33  | 96.37  | 81.58  | 76.01  | 88.00  | 94.77  | 97.72  | 110.51 |
| CONTENIDO DE AGUA        | 5.75   | 5.74   | 8.92   | 9.88   | 13.64  | 11.70  | 15.81  | 15.28  |

|                              |                    |                        |              |
|------------------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| <b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b> | <b>2.01 gr/cc.</b> | <b>HUMEDAD OPTIMA:</b> | <b>11.15</b> |
|------------------------------|--------------------|------------------------|--------------|



**OBSERVACIONES:** El material de la Calicata N 2 de la carretera de Tarucuyo -C.P. Tahuapalcca según ensayo de proctor modificaco presenta un resultado que a continuacion se detalla la densidad maxima de **2.01 gr/cm<sup>2</sup>** y humedad Optima de **11.15%**.

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fijgerald Y. Incattito Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PESO ESPECÍFICO

|                           |  |                    |  |
|---------------------------|--|--------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>          | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR -CUSCO 2021"</b> |                    |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>         | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca   | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing Constantino Merma Mendoza              |
| <b>SOLICITA :</b>         | Tesista Bach. Ruffo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Yourij Incahitto Matamoros |
| <b>MATERIAL</b>           | Suelos de Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.  | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                 |
| <b>DESCRIPCION:</b>       | Calicata 2, Estrato 4 de 0.85 a 1.20 mtrs  | <b>FECHA DE A:</b> | 18/06/2021                                 |
| <b>ENSAYO:</b>            | <b>PESO ESPECIFICO Y ABSORCION</b>   |                    | <b>MUESTRA: AGR. GRUESO</b>                |
| <b>01 DESCRIPCION</b>     |  | <b>DATOS</b>       | <b>RESULTADO</b>                           |
| <b>02</b>                 | Peso de Canastilla   | 45.00              |  |
| <b>03</b>                 | Peso Agregado al aire + canastilla   | 1,211.20           |  |
| <b>04</b>                 | Peso Sumergido + canastilla  | 638.20             |  |
| <b>05</b>                 | Peso Superficialmente Seco al Aire+ canastilla   | 1,045.90           |  |
| <b>06</b>                 | Peso Seco AL horno+canastilla  | 1,031.50           |  |
| <b>07 PESO ESPECIFICO</b> |  |                    | 2.45                                       |
| <b>ABSORCION</b>          |  |                    | 1.40%                                      |


**GEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**  
  
**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
**CIP.: 46898**

  
**Fitzgerald Y Incahitto Matamoros**  
**DNI: 48648326**  
**TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS**



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PERFIL ESTRATIGRAFICO

|   |   |
|---|---|
| <b>PROYECTO:</b> "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca |
| <b>SOLICITA:</b>  | Testista Bach. Rufo Laguna Condori                      |
| <b>CALICATA:</b>  | C-3   |
| <b>ESTRATOS:</b>  | E-02  |
| <b>PROGRESIVA:</b>  | 2+000 <b>KM</b>   |
| <b>PROF (m):</b>  | 1.20 m <b>LADO: Derecho</b>                             |
| <b>ING. RESP.:</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza                          |
| <b>TEC. RESP.:</b>  | Tec. Fitzgerald Youri Incacitto Matamoros               |
| <b>NIVEL DE AGUA (m):</b>   | No presenta   |
| <b>COORDENADA UTM</b>   | <b>8352228 N</b>  |
| <b>COTA:</b>  | <b>225995 E</b>   |
| <b>FECHA DE M.</b>  | <b>14/05/2021</b>                                       |
| <b>FECHA DE A.</b>  | <b>18/05/2021</b>                                       |



| PROF (m)    | SIMBOLOGIA | CLASIFICACION |           | DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL LOCAL<br>HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMBUSTION   | MUESTRA | ENSAYO EN |        |       |       |
|-------------|------------|---------------|-----------|--|---------|-----------|--------|-------|-------|
|             |            | SUCS          | AASH70    |  |         | LL        | LP     | LP    | HM%   |
| 0.10 - 0.40 | [Symbol]   | SC            | A-2-4 (0) | Prof.(m) 0.00-0.40: Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.<br>Material de simbología simple material de préstamo con presencia de raíces de color pardo con un porcentaje mínimo de gravas que representa el 35.25% y arenas 44.60% que hacen que el suelo tenga la capacidad de carga de alta a media y su modificación de resistencia a cambios de humedad es baja a media. | M-01    | 23.77%    | 18.03% | 5.73% | 6.30  |
| 0.40 - 1.20 | [Symbol]   | SC            | A-4 (1)   | Prof.(m) 0.40-1.20: Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.<br>Suelos arenas arcillosas con presencia de gravas redondeadas de 2" mal graduadas, que representa el 26.56% y arenas 41.73% y finos 31.76% de baja compresibilidad su capacidad de carga es alta a media, baja plasticidad   | M-02    | 27.95%    | 18.40% | 9.55% | 13.52 |

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fitzgerald Youri Incacitto Matamoros**  
 DNI: 46248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D221 - 71

|   |   |                    |   |
|---|---|--------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>  | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                    |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing.Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fijgerald Yourij Incattilo Matamoros |
| <b>DESCRIPCION:</b>   | la calicata cuenta 02 estratos  | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                |
| <b>MATERIAL:</b>  | predomina el material de arena arcillosa  | <b>FECHA DE A:</b> | 18/06/2021                                |
| <b>ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS Y CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO DE FUNDACION</b> |   |                    |   |
| <b>CALICATA MUESTRA</b>   |   | <b>C-3</b>         | <b>C-3</b>                                |
|   |   | <b>M - 1</b>       | <b>M - 2</b>                              |
| <b>PROFUNDIDAD (m)</b>  |   | <b>0.40</b>        | <b>0.80</b>                               |
| <b>RECIPIENTE</b>   |   | <b>24</b>          | <b>34</b>                                 |
| <b>Nº</b>   | <b>DATOS</b>  | <b>UND</b>         |   |
| 1   | Pfr + P.S.H.  | gr                 | 98.49                                     |
| 2   | Pfr + P.S.S.  | gr                 | 94.51                                     |
| 3   | Pagua (1) - (2)   | gr                 | 3.98                                      |
| 4   | RECIPIENTE  | gr                 | 31.35                                     |
| 5   | P.S.S. (2) - (4)  | gr                 | 63.16                                     |
| 6   | C Humedad (3) / (5) x 100   | %                  | 6.30                                      |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>   |   |                    | <b>13.52</b>                              |
|   |   | <b>6.30%</b>       | <b>13.52%</b>                             |

Nota :

- Pfr = Peso de frasco
- P.S.H. = Peso de suelo húmedo
- P.S.S. = Peso de suelo seco
- Pagua = Peso de agua



**Ing° Constantino Merma Mendoza**  
CIP: 46898

*Fijgerald Yourij Incattilo Matamoros*  
**Fijgerald Yourij Incattilo Matamoros**  
DNI: 46248326  
TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



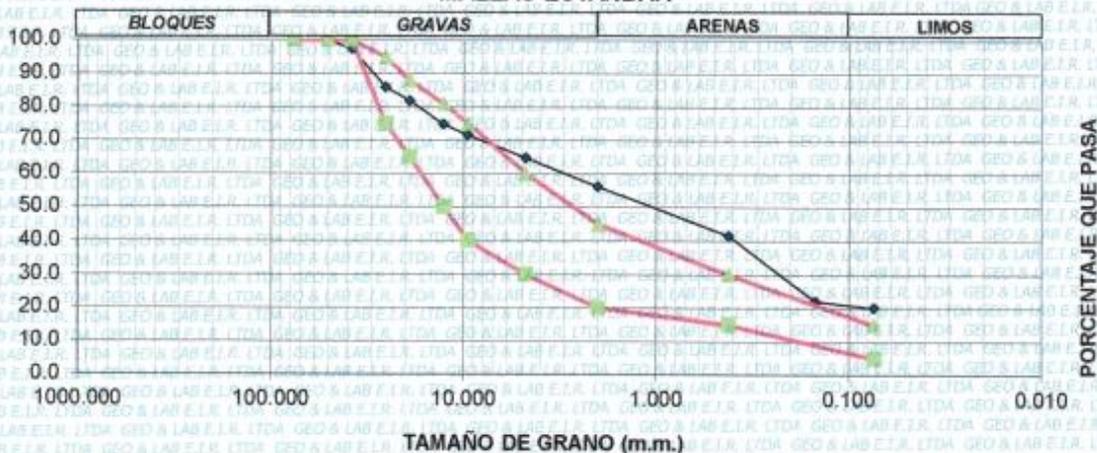
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422/ AASHTO T-88/ MTC E-107

|                     |  |                    |   |
|---------------------|--|--------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                    |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing Constantino Merma Mendoza               |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Yourij Incalltilo Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla de baja plasticidad   | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                  |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 03, Estrato 1 de 0.00 a 0.40 mtrs   | <b>FECHA DE A:</b> | 18/06/2021                                  |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulativo | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA             |
|--------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------|------------------|---------------------------------------|
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % GRAVA 35.25%                        |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % ARENA 44.60%                        |
| 2"           | 50.800         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | FINOS 20.15%                          |
| 1 1/2"       | 38.100         | 55.00         | 2.75               | 2.75                   | 97.25      |                  | Humedad natural: 6.30%                |
| 1"           | 25.400         | 228.00        | 11.40              | 14.15                  | 85.85      | 75 95            | Limite Líquido 27.95%                 |
| 3/4"         | 19.050         | 78.00         | 3.90               | 18.05                  | 81.95      |                  | Limite Plástico 18.40%                |
| 1/2"         | 12.700         | 145.00        | 7.25               | 25.30                  | 74.70      |                  | Índice Plástico 9.55%                 |
| 3/8"         | 9.525          | 62.00         | 3.10               | 28.40                  | 71.80      | 40 75            | Clasificación SUCS <b>SC</b>          |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |                    |                        |            |                  | Clasificación AASHTO <b>A-2-4 (0)</b> |
| N° 4         | 4.760          | 137.00        | 6.85               | 35.25                  | 64.75      | 30 60            | DENS. MÁX. SECA 1.909                 |
| N° 8         | 2.380          | 0.00          |                    |                        |            |                  | H. OPTIMO 11.56                       |
| N° 10        | 2.000          | 173.00        | 8.65               | 43.90                  | 56.10      | 20 45            | PESO TOTAL 2000.00 gr                 |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00               | 43.90                  |            |                  | Peso Fracc. Lavado: 1295.00 gr        |
| N° 20        | 0.840          | 152.00        | 7.60               | 51.50                  | 48.50      | 17 37            | D10 0.27                              |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00               | 51.50                  | 48.50      |                  | D30 0.23                              |
| N° 40        | 0.420          | 138.00        | 6.90               | 58.40                  | 41.60      | 15 30            | D60 2.96                              |
| N° 50        | 0.297          | 148.00        | 7.40               | 65.80                  | 34.20      |                  | CC 0.1                                |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00               | 65.80                  | 34.20      |                  | CU 10.8                               |
| N° 100       | 0.149          | 240.00        | 12.00              | 77.80                  | 22.20      |                  | Índice de liquidez                    |
| N° 200       | 0.074          | 41.00         | 2.05               | 79.85                  | 20.15      | 5 15             |                                       |
| PAN          |                | 403.00        | 20.15              | 100.00                 | 0.00       |                  |                                       |
| TOTAL        |                |               |                    |                        |            |                  |                                       |
| % PERDIDA    |                |               |                    |                        |            |                  |                                       |

### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES:** Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla de baja plasticidad, como terreno de apoyo es pobre a mediano presenta una clasificación SUCS **SC** y clasificación AASHTO de **A-2-4 (0)**

GEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
 Ing Constantino Merma Mendoza  
 CIP: 46895

Fitzgerald Yourij Incalltilo Matamoros  
 DNI: 48183326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### LIMITES DE CONSISTENCIA

MÉTODO AASHTO T 89/90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107

|                     |   |                    |   |
|---------------------|---|--------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza            |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca   | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fijgerald Yourij Incattito Matamoros |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori   | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                |
| <b>MATERIAL</b>     | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla de baja plasticidad  | <b>FECHA DE A:</b> | 18/06/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 03, Estrato 1 de 0.00 a 0.40 mtrs  |                    |   |

| Nro. DE CAPSULA              | LIMITE LIQUIDO |       |       | LIMITE PLASTICO |       |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
|                              | 32             | 33    | 34    | 45              | 44    |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A) | 66.14          | 68.92 | 69.88 | 37.76           | 37.88 |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)   | 59.75          | 61.72 | 62.02 | 36.74           | 36.90 |
| PESO DE LA TARA              | 31.16          | 31.19 | 31.03 | 31.17           | 31.38 |
| PESO DEL AGUA (A-B)          | 6.39           | 7.20  | 7.86  | 1.02            | 0.98  |
| PESO SUELO SECO (B-C)        | 28.59          | 30.53 | 30.99 | 5.57            | 5.52  |
| HUMEDAD [W=(A-B)/(B-C)*100   | 22.35          | 23.58 | 25.36 | 18.31           | 17.75 |
| Nro. DE GOLPES               | 35             | 25    | 15    |                 |       |

|                |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|
| LIMITE LIQUIDO | LIMITE PLASTICO | INDICE PLASTICO |
| 23.77%         | 18.03%          | 5.73%           |



**OBSERVACIONES:** Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla de baja plasticidad, presenta limite liquido de 23.77% e indice de plasticidad de 5.73%

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fijgerald Yourij Incattito Matamoros**  
 DM: 48249326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



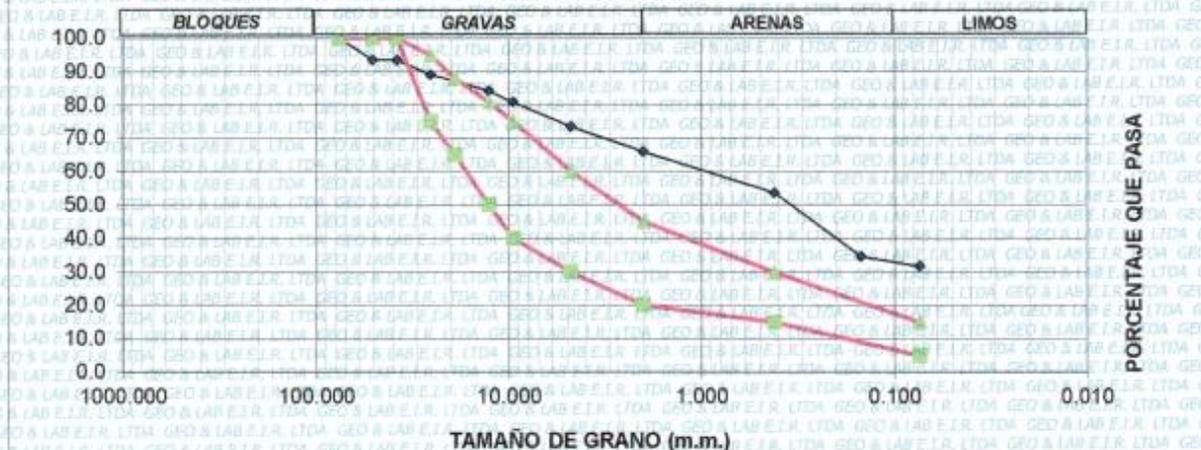
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422/ AASHTO T-88/ MTC E-107

|                     |   |                     |   |
|---------------------|---|---------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                     |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.</b>   | Ing. Constantino Merma Mendoza              |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rulfo Laguna Condoni  | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fitzgerald Yourij Incantillo Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla de baja plasticidad  | <b>FECHA DE M.:</b> | 14/06/2021                                  |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 03, Estrato 2 de 0.40 a 1.20 mtrs  | <b>FECHA DE A.:</b> | 18/06/2021                                  |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulativo | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA             |
|--------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------|------------------|---------------------------------------|
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % GRAVA : 26.51%                      |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % ARENA : 41.73%                      |
| 2"           | 50.800         | 194.00        | 6.60               | 6.60                   | 93.40      | 100 100          | FINOS : 31.76%                        |
| 1 1/2"       | 38.100         | 0.00          | 0.00               | 6.60                   | 93.40      |                  | Humedad natural: 13.82%               |
| 1"           | 25.400         | 128.00        | 4.36               | 10.96                  | 89.04      | 75 95            | Límite Líquido : 27.85%               |
| 3/4"         | 19.050         | 55.00         | 1.87               | 12.83                  | 87.17      |                  | Límite Plástico : 18.40%              |
| 1/2"         | 12.700         | 87.00         | 2.96               | 15.79                  | 84.21      |                  | Índice Plástico : 9.55%               |
| 3/8"         | 9.525          | 98.00         | 3.34               | 19.13                  | 80.87      | 40 75            | Clasificación SUCS : <b>SC</b>        |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |                    |                        |            |                  | Clasificación AASHTO : <b>A-4 (1)</b> |
| N° 4         | 4.760          | 217.00        | 7.39               | 26.51                  | 73.49      | 30 60            | DENS. MÁX. SECA : 1.909               |
| N° 8         | 2.380          | 0.00          |                    |                        |            |                  | H ÓPTIMO : 11.56                      |
| N° 10        | 2.000          | 224.00        | 7.62               | 34.14                  | 65.86      | 20 45            | PESO TOTAL : 2938.00 gr               |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00               | 34.14                  |            |                  | Peso Fracc. Lavado: 2199.00 gr        |
| N° 20        | 0.840          | 181.00        | 6.16               | 40.30                  | 59.70      | 17 37            | D10 : 0.44                            |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00               | 40.30                  | 59.70      |                  | D30 : 0.09                            |
| N° 40        | 0.420          | 177.00        | 6.02               | 46.32                  | 53.68      | 15 30            | D60 : 0.88                            |
| N° 50        | 0.297          | 157.00        | 5.34               | 51.67                  | 48.33      |                  | CC : 0.0                              |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00               | 51.67                  | 48.33      |                  | CU : 2.0                              |
| N° 100       | 0.149          | 401.00        | 13.65              | 65.32                  | 34.68      |                  | Índice de liquidez                    |
| N° 200       | 0.074          | 86.00         | 2.93               | 68.24                  | 31.76      | 5 15             |                                       |
| PAN          |                | 833.00        | 31.76              | 100.00                 | 0.00       |                  |                                       |
| TOTAL        |                |               |                    |                        |            |                  |                                       |
| % PERDIDA    |                |               |                    |                        |            |                  |                                       |

#### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES:** Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla de baja plasticidad de color pardo, como terreno de apoyo es pobre a mediano, presenta una clasificación SUCS **SC** y clasificación AASHTO de **A-4 (1)**

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46698

**Fitzgerald Yourij Incantillo Matamoros**  
 DMI: 48048326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



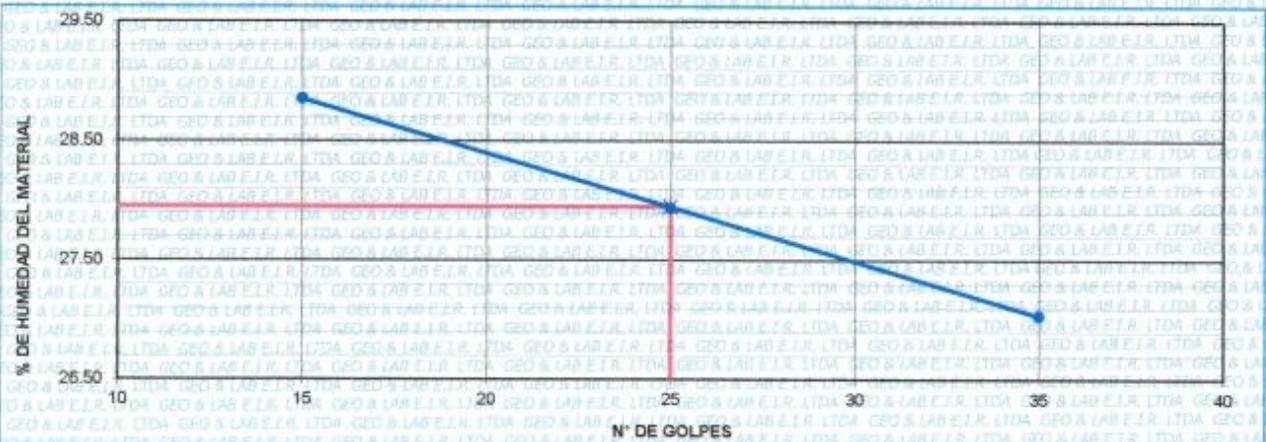
### LIMITES DE CONSISTENCIA

MÉTODO AASHTO T 89/ 90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107

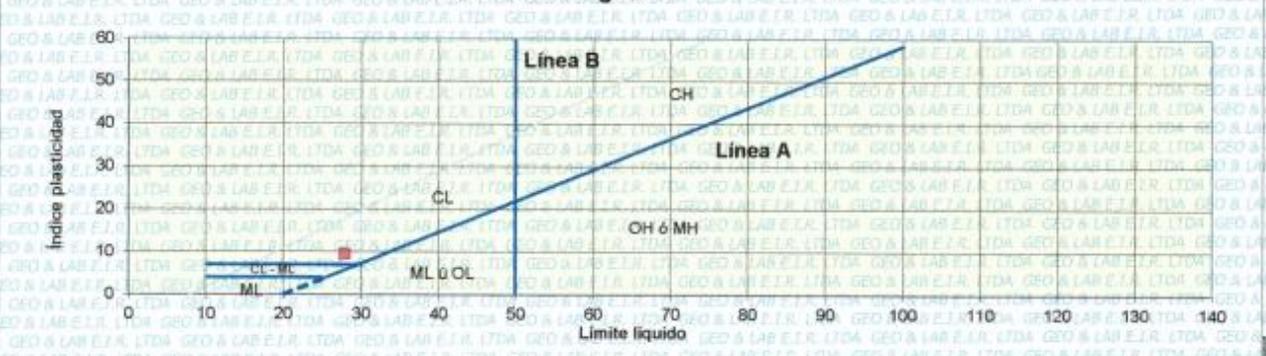
|                     |  |                    |   |
|---------------------|--|--------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza            |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca   | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fijgerald Yourij Incafitto Matamoros |
| <b>SOLICITA :</b>   | Testista Bach. Ruffo Laguna Condori  | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                                |
| <b>MATERIAL</b>     | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla de baja plasticidad   | <b>FECHA DE A:</b> | 18/06/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 03, Estrato 2 de 0.40 a 1.20 mtrs   |                    |   |

| Nro. DE CAPSULA              | LIMITE LIQUIDO |       |       | LIMITE PLASTICO |       |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
|                              | 23             | 30    | 31    | 9               | 3     |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A) | 64.92          | 67.97 | 60.65 | 38.50           | 38.06 |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)   | 57.70          | 59.89 | 54.03 | 37.40           | 36.95 |
| PESO DE LA TARA              | 31.00          | 30.97 | 31.09 | 31.10           | 31.21 |
| PESO DEL AGUA (A-B)          | 7.22           | 8.08  | 6.62  | 1.10            | 1.11  |
| PESO SUELO SECO (B-C)        | 26.70          | 28.92 | 22.94 | 6.30            | 5.74  |
| HUMEDAD [W=(A-B)/(B-C)*100   | 27.04          | 27.94 | 28.86 | 17.46           | 19.34 |
| Nro. DE GOLPES               | 35             | 25    | 15    |                 |       |

|                |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|
| LIMITE LIQUIDO | LIMITE PLASTICO | INDICE PLASTICO |
| 27.95%         | 18.40%          | 9.55%           |



**Ábaco de Casagrande**



**OBSERVACIONES:** Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla de baja plasticidad de color pardo, presenta limite liquido de 27.95% e indice de plasticidad de 9.55%

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 C.P.: 46698

**Fijgerald Y. Incafitto Matamoros**  
 D.N.Y. 482A8326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

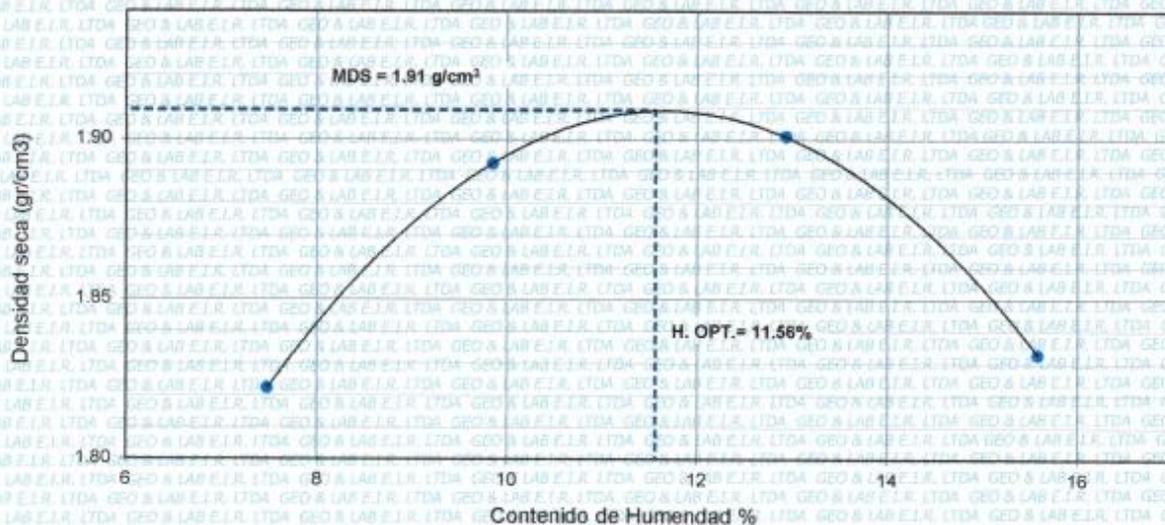
## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PROCTOR MODIFICADO

| <b>PROYECTO:</b> "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |  |                                    |  |
|---|--|------------------------------------|--|
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca      | <b>RESP. LAB.</b>                  | Ing. Constantino Merma Mendoza         |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Ruffo Laguna Condori                           | <b>TEC. LAB.:</b>                  | Tec. Fitzgerald Yourij Incattito Matam |
| <b>MATERIAL :</b>   | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla de baja plasticidad | <b>FECHA DE M.:</b>                | 14/06/2021                             |
| <b>DESCRIPCION:</b>   | Calicata 03, Estrato 2 de 0.40 a 1.20 mtrs                   | <b>FECHA DE A.:</b>                | 18/06/2021                             |
| <b>COMPACTACION</b>   | <b>M</b>   | <b>VOL. MOLDE (cm<sup>3</sup>)</b> | <b>2120</b>                            |
|   |  |                                    | <b>PESO MOLDE (gr)</b>                 |
|   |  |                                    | <b>6095</b>                            |
| ENSAYO DE COMPACTACIÓN  |  |                                    |  |
| NÚMERO DE ENSAYOS   | 1  | 2                                  | 3                                      |
| <b>PESO SUELO + MOLDE</b>   | 10247  | 10502                              | 10646                                  |
| <b>PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO</b>   | 4152   | 4407                               | 4551                                   |
| <b>PESO VOLUMETRICO HUMEDO</b>  | 1.958  | 2.079                              | 2.147                                  |
| <b>PESO VOLUMETRICO SECO</b>  | 1.822  | 1.892                              | 1.901                                  |
|   | 4  |                                    | 4                                      |
| <b>PESO SUELO HUMEDO + TARA</b>   | 112.70   | 125.63                             | 119.11                                 |
| <b>PESO SUELOS SECO + TARA</b>  | 107.01   | 119.19                             | 111.20                                 |
| <b>PESO DE LA TARA</b>  | 30.92  | 30.83                              | 30.87                                  |
| <b>PESO DE AGUA</b>   | 5.69   | 6.44                               | 7.91                                   |
| <b>PESO DE SUELO SECO</b>   | 76.09  | 88.36                              | 80.33                                  |
| <b>CONTENIDO DE AGUA</b>  | 7.48   | 7.29                               | 9.85                                   |

**DENSIDAD MAXIMA SECA:** 1.91 gr/cc.      **HUMEDAD OPTIMA:** 11.56%



**OBSERVACIONES:** El material de la Calicata N°3 del tramo Tarucuyo - Tahuapalcca, según ensayo de proctor modificaco presenta un resultado que a continuacion se detalla la densidad maxima de 1.91 gr/cm<sup>2</sup> y homedad Optima de 11.56%.

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fitzgerald Y. Incattito Matam**  
 DNI: 48288326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PESO ESPECÍFICO

|                           |   |                    |  |
|---------------------------|---|--------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>          | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                    |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>         | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing Constantino Merma Mendoza            |
| <b>SOLICITA :</b>         | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Young Incañito Matamoros |
| <b>MATERIAL</b>           | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla de baja plasticidad  | <b>FECHA DE M:</b> | 14/06/2021                               |
| <b>DESCRIPCION:</b>       | Calicata 03, Estrato 2 de 0.40 a 1.20 mtrs  | <b>FECHA DE A:</b> | 18/06/2021                               |
| <b>ENSAYO:</b>            | <b>PESO ESPECIFICO Y ABSORCION</b>  | <b>MUESTRA:</b>    | <b>AGR. GRUESO</b>                       |
| <b>01 DESCRIPCION</b>     |   | <b>DATOS</b>       | <b>RESULTADO</b>                         |
| <b>02</b>                 | Peso de Canastilla  |                    | 45.00                                    |
| <b>03</b>                 | Peso Agregado al aire + canastilla  |                    | 1,211.20                                 |
| <b>04</b>                 | Peso Sumergido + canastilla   |                    | 629.50                                   |
| <b>05</b>                 | Peso Superficialmente Seco al Aire+ canastilla  |                    | 1,082.30                                 |
| <b>06</b>                 | Peso Seco AL horno+canastilla   |                    | 1,031.30                                 |
| <b>07 PESO ESPECIFICO</b> |   |                    | 2.29                                     |
| <b>ABSORCION</b>          |   |                    | 4.95%                                    |


**ING. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP.: 46898

  
**Fitzgerald Y. Incañito Matamoros**  
 DNI: 8274326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



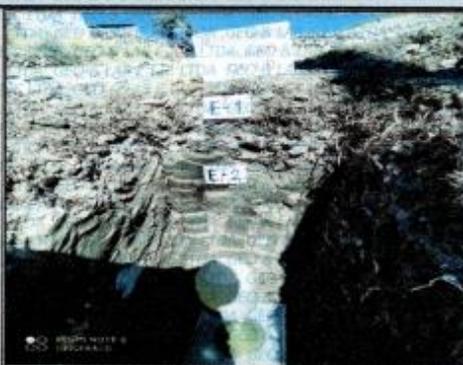
# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PERFIL ESTRATIGRAFICO

|   |   |
|---|---|
| <b>PROYECTO:</b> "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca |
| <b>SOLICITA:</b>  | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori                       |
| <b>CALICATA:</b>  | C-4   |
| <b>ESTRATOS:</b>  | E-02  |
| <b>PROGRESIVA:</b>  | 2+500 KM  |
| <b>PROF (m):</b>  | 1.20 m LADO Derecho                                     |
| <b>ING. RESP.:</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza                          |
| <b>TEC. RESP.:</b>  | Tec. Fitzgerald Youri Incatito Matamoros                |
| <b>NIVEL DE AGUA (m):</b>   | No presenta   |
| <b>COORDENADA UTM</b>   | 8352087 N<br>225604 E                                   |
| <b>COTA:</b>  | 3986 m.s.n.m  |
| <b>FECHA DE M.</b>  | 15/06/2021  |
| <b>FECHA DE E.</b>  | 20/06/2021  |



| PROF (m)    | SIMBOLOGIA | CLASIFICACION |           | DESCRIPCION Y COMPOSICION DEL MATERIAL - CUCOK   | MUESTRA | ENSAYO EN   |        |        |       |
|-------------|------------|---------------|-----------|--|---------|---|--------|--------|-------|
|             |            | SUCS          | AASHTO    |  |         | HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE CONSOLIDACION | LL     | LP     | IP    |
| 0.10 - 0.20 |            | GM            | A-2-4 (0) | Prof.(m) 0.00-0.25: Gravas con finos limosas, grava mal graduado muy limosa, mezclas grava-arena-arcilla. Suelo de simbología simple con presencia de raíces y gravas de canto rodado que representa el 55.80% y arenas no plásticas de 29.96% y fino 14.24% de baja plasticidad.  | M-01    | 30.00%  | 22.75% | 7.26%  | 6.68  |
| 0.20 - 1.20 |            | SC            | A-6 (3)   | Prof.(m) 0.25-1.20: Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla. Suelo de arenas arcillosas con presencia de gravillas con capacidad de carga alta o media con modificación de resistencia por cambios de humedad baja a media de mediana plasticidad que representa el 43.43% de finos y arenas no plásticas de 44.43% y con una mínima cantidad de gravas 12.14%. | M-02    | 34.34%  | 21.29% | 13.05% | 14.11 |

GEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fitzgerald Y. Incatito Matamoros**  
 DNI: 48248328  
 TECNICO LABORATORIO MECANICA DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D221 - 71

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| <b>PROYECTO:</b>  |  | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca | <b>RESP. LAB.</b>   | Ing. Constantino Merma Mendoza            |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori                      | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fijgerald Yourij Incaltito Matamoros |
| <b>DESCRIPCION:</b>   | La calicata tiene dos estratos                         | <b>FECHA DE M:</b>  | 15/06/2021                                |
| <b>MATERIAL:</b>  | Predominante material arena arcillosa                  | <b>FECHA DE A:</b>  | 20/06/2021                                |
| <b>ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS Y CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO DE FUNDACION</b> |  |   |   |
| <b>CALICATA MUESTRA</b>   |  | <b>C-4</b>  | <b>C-4</b>                                |
| <b>PROFUNDIDAD (m)</b>  |  | <b>M - 1</b>  | <b>M - 2</b>                              |
| <b>RECIPIENTE</b>   |  | <b>3</b>  | <b>1</b>                                  |
| <b>Nº</b>   | <b>DATOS</b>   | <b>UND</b>  |   |
| 1   | Pfr + P.S.H.   | gr  | 99.29                                     |
| 2   | Pfr + P.S.S.   | gr  | 95.03                                     |
| 3   | Pagua (1) - (2)  | gr  | 4.26                                      |
| 4   | RECIPIENTE   | gr  | 31.21                                     |
| 5   | P.S.S. (2) - (4)                                       | gr  | 63.82                                     |
| 6   | C Humedad (3) / (5) x 100                              | %   | 6.68                                      |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>   |  | <b>%</b>  | <b>6.68%</b>                              |
|   |  | <b>%</b>  | <b>14.11%</b>                             |

Nota:

- Pfr = Peso de frasco
- P.S.H. = Peso de suelo húmedo
- P.S.S. = Peso de suelo seco
- Pagua = Peso de agua



**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
CIP: 46898

**Fijgerald Y. Incaltito Matamoros**  
DNI: 48244326  
TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



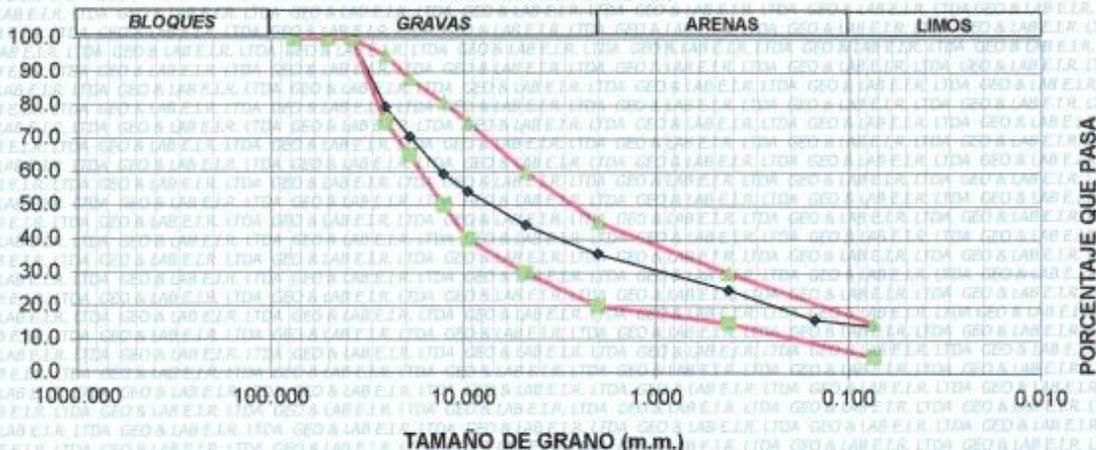
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422/ AASHTO T-98/ MTC E-107

|                     |  |                    |   |
|---------------------|--|--------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                    |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rulfo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Young Incattito Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Gravas con finos limosas, grava mal graduado muy limoso mezclas grava-arena-arcilla  | <b>FECHA DE M:</b> | 15/06/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 4, Estrato 1 de 0.00 a 0.25 mtrs  | <b>FECHA DE A:</b> | 20/06/2021                                |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulativo | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA             |
|--------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------|------------------|---------------------------------------|
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % GRAVA 55.80%                        |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % ARENA 29.96%                        |
| 2"           | 50.800         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | FINOS 14.24%                          |
| 1 1/2"       | 38.100         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     |                  | Humedad natural: 6.68%                |
| 1"           | 25.400         | 335.00        | 20.56              | 20.56                  | 79.44      | 75 95            | Limite Liquido 30.00%                 |
| 3/4"         | 19.050         | 144.00        | 8.84               | 29.40                  | 70.60      |                  | Limite Plástico 22.75%                |
| 1/2"         | 12.700         | 182.00        | 11.17              | 40.58                  | 59.42      |                  | Índice Plástico 7.28%                 |
| 3/8"         | 9.525          | 83.00         | 5.10               | 45.67                  | 54.33      | 40 75            | Clasificación SUCS <b>GM</b>          |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |                    |                        |            |                  | Clasificación AASHTO <b>A-2-4 (0)</b> |
| N° 4         | 4.760          | 185.00        | 10.13              | 55.80                  | 44.20      | 30 60            | DENS. MÁX. SECA 1.880                 |
| N° 8         | 2.360          | 0.00          |                    |                        |            |                  | H. ÓPTIMO 12.50                       |
| N° 10        | 2.000          | 138.00        | 8.47               | 64.27                  | 35.73      | 20 45            | PESO TOTAL 1629.00 gr                 |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00               | 64.27                  |            |                  | Peso Fracc. Lavado: 720.00 gr         |
| N° 20        | 0.840          | 105.00        | 6.45               | 70.72                  | 29.28      | 17 37            | D10 0.16                              |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00               | 70.72                  | 29.28      |                  | D30 0.93                              |
| N° 40        | 0.420          | 69.00         | 4.24               | 74.95                  | 25.05      | 15 30            | D60 12.97                             |
| N° 50        | 0.297          | 45.00         | 2.82               | 77.78                  | 22.22      |                  | CC 0.4                                |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00               | 77.78                  | 22.22      |                  | CU 80.7                               |
| N° 100       | 0.149          | 101.00        | 8.20               | 83.98                  | 16.02      |                  | Índice de liquidez                    |
| N° 200       | 0.074          | 29.00         | 1.78               | 85.76                  | 14.24      | 5 15             |                                       |
| PAN          |                | 232.00        | 14.24              | 100.00                 | 0.00       |                  |                                       |
| TOTAL        |                |               |                    |                        |            |                  |                                       |
| % PERDIDA    |                |               |                    |                        |            |                  |                                       |

#### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES:** Gravas con finos limosas, grava mal graduado muy limoso mezclas grava-arena-arcilla, como terreno de apoyo es bueno y tiene presencia de nivel freático, presenta una clasificación SUCS **GM** y clasificación AASHTO de **A-2-4 (0)**

**Ing Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fitzgerald Y. Incattito Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TÉCNICO LABORATORIO MECÁNICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



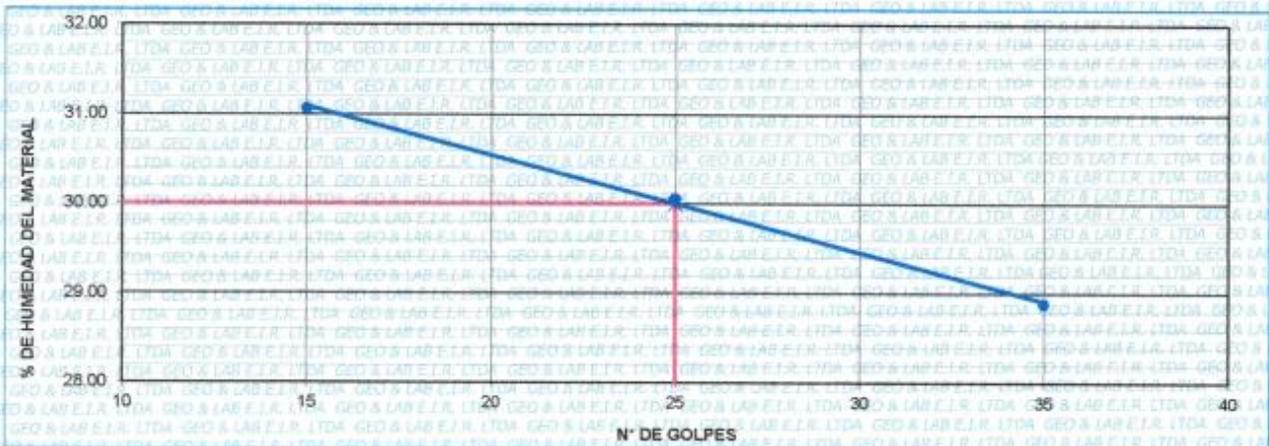
### LIMITES DE CONSISTENCIA

MÉTODO AASHTO T 89/ 90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107

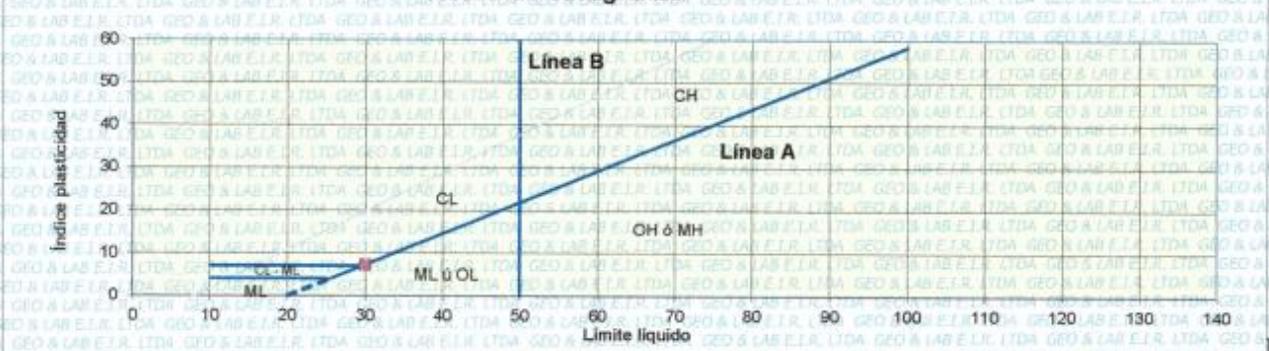
|                     |   |                    |   |
|---------------------|---|--------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                    |   |
| <b>UBICACION:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza            |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fijzerald Yourij Incattito Matamoros |
| <b>MATERIAL</b>     | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla  | <b>FECHA DE M:</b> | 15/08/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicote 4, Estrato 1 de 0.00 a 0.25 mtrs   | <b>FECHA DE A:</b> | 20/08/2021                                |

| Nro. DE CAPSULA              | LIMITE LIQUIDO |       |       | LIMITE PLASTICO |       |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
|                              | 32             | 34    | 42    | 43              | 45    |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A) | 63.64          | 64.00 | 62.09 | 36.70           | 36.74 |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)   | 56.36          | 56.38 | 54.78 | 35.85           | 35.72 |
| PESO DE LA TARA              | 31.16          | 31.03 | 31.25 | 31.10           | 31.17 |
| PESO DEL AGUA (A-B)          | 7.28           | 7.62  | 7.31  | 1.05            | 1.02  |
| PESO SUELO SECO (B-C)        | 25.20          | 25.35 | 23.53 | 4.55            | 4.55  |
| HUMEDAD [W=(A-B)/(B-C)*100   | 28.89          | 30.06 | 31.07 | 23.08           | 22.42 |
| Nro. DE GOLPES               | 35             | 25    | 15    |                 |       |

|                       |                        |                        |
|-----------------------|------------------------|------------------------|
| <b>LIMITE LIQUIDO</b> | <b>LIMITE PLASTICO</b> | <b>INDICE PLASTICO</b> |
| 30.00%                | 22.75%                 | 7.26%                  |



Ábaco de Casagrande



**OBSERVACIONES:** Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro de baja plasticidad, presenta limite liquido de 30.00% e indice de plasticidad de 7.26%

GEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
 Ing. Constantino Merma Mendoza  
 CIP: 46896

Fijzerald Yourij Incattito Matamoros  
 DNI: 48246326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



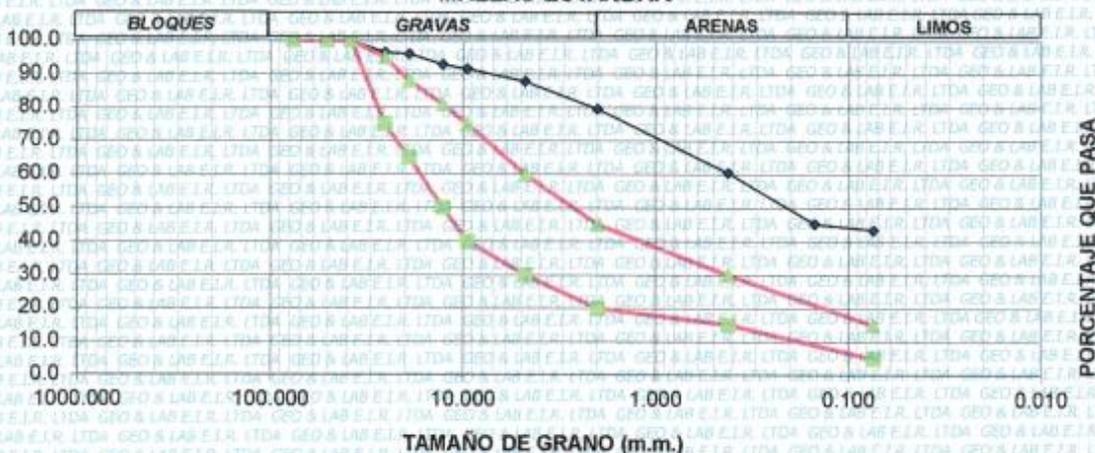
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422/AASHTO T-88/ MTC E-107

|                     |  |                     |  |
|---------------------|--|---------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                     |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.:</b>  | Ing Constantino Merma Mendoza              |
| <b>SOLICITA :</b>   | Testista Bach. Ruffo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fitzgerald Yourij Incaltito Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla   | <b>FECHA DE M.:</b> | 15/05/2021                                 |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 4, Estrato 2 de 0.25 a 1.20 mtrs  | <b>FECHA DE A.:</b> | 20/06/2021                                 |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulativo | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA             |
|--------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------|------------------|---------------------------------------|
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % GRAVA : 12.14%                      |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % ARENA : 44.43%                      |
| 2"           | 50.800         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | FINOS : 43.43%                        |
| 1 1/2"       | 38.100         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     |                  | Humedad natural: 14.11%               |
| 1"           | 25.400         | 70.00         | 3.50               | 3.50                   | 96.50      | 75 95            | Limite Líquido : 34.34%               |
| 3/4"         | 19.050         | 10.00         | 0.50               | 4.00                   | 96.00      |                  | Limite Plástico : 21.29%              |
| 1/2"         | 12.700         | 63.00         | 3.15               | 7.15                   | 92.85      |                  | Índice Plástico : 13.05%              |
| 3/8"         | 9.525          | 25.00         | 1.25               | 8.40                   | 91.60      | 40 75            | Clasificación SUCS : <b>SC</b>        |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |                    |                        |            |                  | Clasificación AASHTO : <b>A-6 (3)</b> |
| N° 4         | 4.750          | 75.00         | 3.75               | 12.14                  | 87.86      | 30 60            | DENS MÁX SECA : 1.880                 |
| N° 6         | 2.380          | 0.00          |                    |                        |            |                  | H ÓPTIMO : 12.50                      |
| N° 10        | 2.000          | 165.00        | 8.25               | 20.39                  | 79.61      | 20 45            | PESO TOTAL : 2001.00 gr               |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00               | 20.39                  |            |                  | Peso Fracc. Lavado: 1758.00 gr        |
| N° 20        | 0.840          | 227.00        | 11.34              | 31.73                  | 68.27      | 17 37            | D10 : 0.55                            |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00               | 31.73                  | 68.27      |                  | D30 : 0.17                            |
| N° 40        | 0.420          | 158.00        | 7.80               | 38.53                  | 60.47      | 15 30            | D60 : 0.41                            |
| N° 50        | 0.297          | 122.00        | 6.10               | 45.63                  | 54.37      |                  | CC : 0.1                              |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00               | 45.63                  | 54.37      |                  | CU : 0.7                              |
| N° 100       | 0.149          | 182.00        | 9.10               | 54.72                  | 45.28      |                  | Índice de liquidez                    |
| N° 200       | 0.074          | 37.00         | 1.85               | 56.57                  | 43.43      | 5 15             |                                       |
| PAN          |                | 869.00        | 43.43              | 100.00                 | 0.00       |                  |                                       |
| TOTAL        |                |               |                    |                        |            |                  |                                       |
| % PERDIDA    |                |               |                    |                        |            |                  |                                       |

#### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES:** Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla, como terreno de apoyo es bueno y no tiene presencia de nivel freático, presenta una clasificación SUCS **SC** y clasificación AASHTO de **A-6 (3)**

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fitzgerald Y. Incaltito Matamoros**  
 DNI 48248326  
 TÉCNICO LABORATORIO MECÁNICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



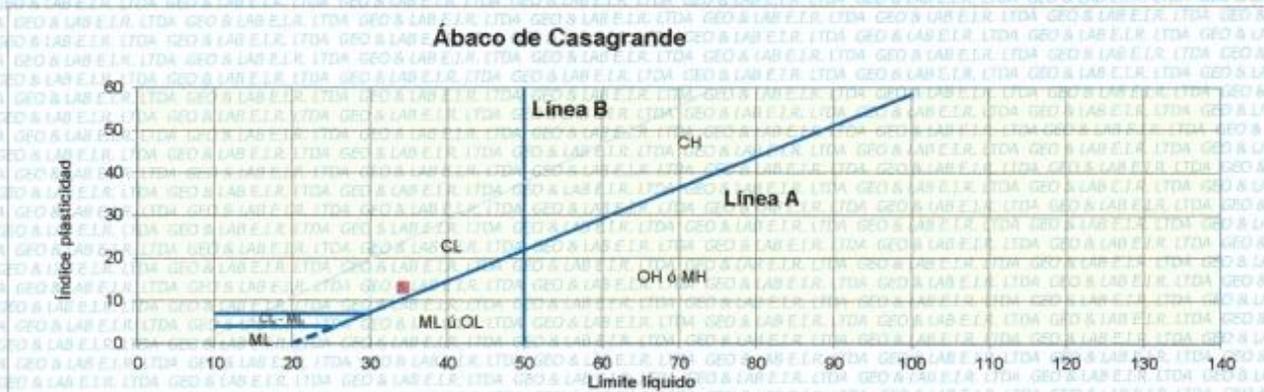
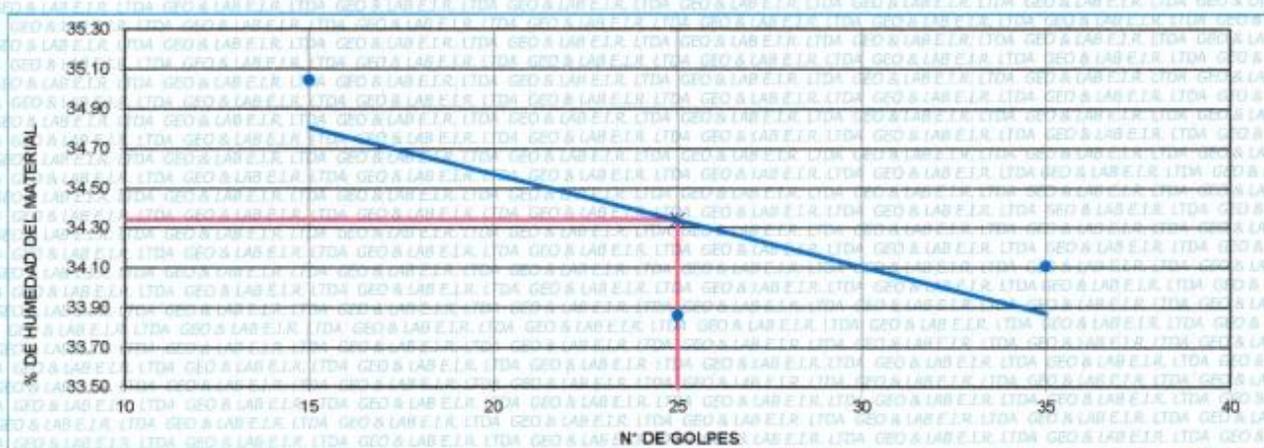
### LIMITES DE CONSISTENCIA

MÉTODO AASHTO T 89/90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107

|                     |   |                     |   |
|---------------------|---|---------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                     |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.:</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza            |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fitzgerald Younj Incañillo Matamoros |
| <b>MATERIAL</b>     | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla  | <b>FECHA DE M.:</b> | 15/06/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Caicata 4, Estrato 2 de 0.25 a 1,20 mtrs.   | <b>FECHA DE A.:</b> | 20/06/2021                                |

| Nro. DE CAPSULA              | LIMITE LIQUIDO |       |       | LIMITE PLASTICO |       |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
|                              | 20             | 22    | 24    | 1               | 8     |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A) | 64.78          | 65.21 | 66.84 | 38.66           | 39.02 |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)   | 56.42          | 56.68 | 57.63 | 37.31           | 37.65 |
| PESO DE LA TARA              | 31.91          | 31.49 | 31.35 | 31.01           | 31.17 |
| PESO DEL AGUA (A-B)          | 8.36           | 8.53  | 9.21  | 1.35            | 1.37  |
| PESO SUELO SECO (B-C)        | 24.51          | 25.19 | 26.28 | 6.30            | 6.48  |
| HUMEDAD $W=(A-B)/(B-C)*100$  | 34.11          | 33.86 | 35.05 | 21.43           | 21.14 |
| Nro. DE GOLPES               | 35             | 25    | 15    |                 |       |

|                       |                        |                        |
|-----------------------|------------------------|------------------------|
| <b>LIMITE LIQUIDO</b> | <b>LIMITE PLASTICO</b> | <b>INDICE PLASTICO</b> |
| <b>34.34%</b>         | <b>21.29%</b>          | <b>13.05%</b>          |



**OBSERVACIONES:** Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla, presenta límite líquido de 34.34% e índice de plasticidad de 13.05%

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46698

**Fitzgerald Y. Incañillo Matamoros**  
 DNI: 48243326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PROCTOR MODIFICADO

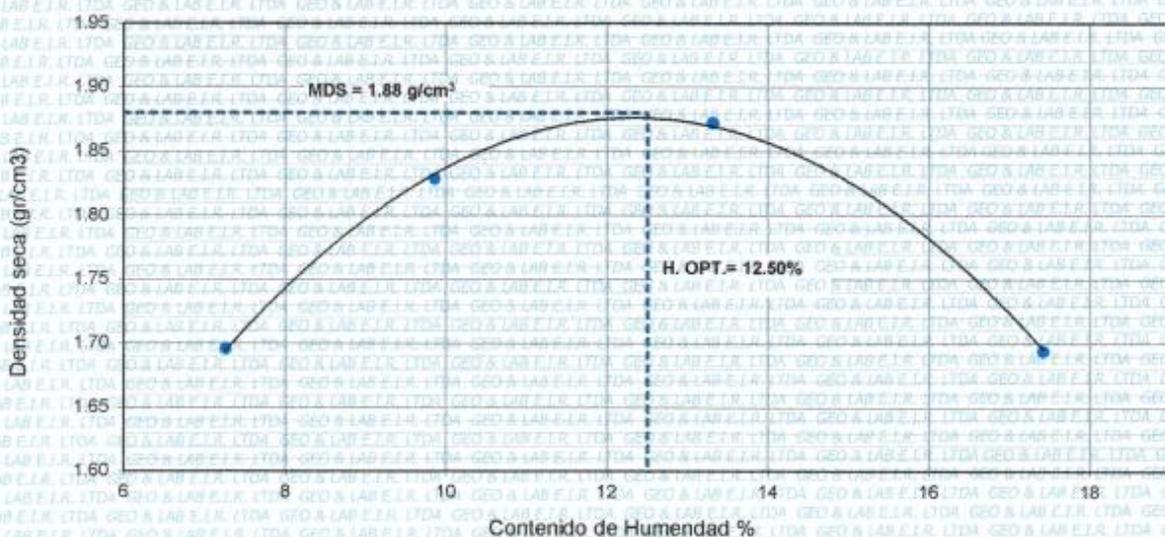
|  |  |                     |  |
|--|--|---------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b> "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR -CUSCO 2021" |  |                     |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca | <b>RESP. LAB.</b>   | Ing. Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b>  | Testista Bach. Rufo Laguna Condoni                     | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fijzgerald Yourij Incaltito Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>  | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla               | <b>FECHA DE M.:</b> | 15/06/2021                                 |
| <b>DESCRIPCION:</b>  | Calicata 4, Estrato 2 de 0.25 a 1.20 mtrs              | <b>FECHA DE A.:</b> | 20/06/2021                                 |

|                     |          |                        |             |                       |             |
|---------------------|----------|------------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| <b>COMPACTACION</b> | <b>M</b> | <b>VOL.MOLDE (cm3)</b> | <b>2120</b> | <b>PESO MOLDE(gr)</b> | <b>6095</b> |
|---------------------|----------|------------------------|-------------|-----------------------|-------------|

| ENSAYO DE COMPACTACION       |       |       |       |       |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| NÚMERO DE ENSAYOS            | 1     | 2     | 3     | 4     |
| PESO SUELO + MOLDE           | 9951  | 10354 | 10593 | 10312 |
| PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO | 3856  | 4259  | 4498  | 4217  |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO      | 1.819 | 2.009 | 2.122 | 1.989 |
| PESO VOLUMETRICO SECO        | 1.695 | 1.829 | 1.872 | 1.694 |

| N° DE RECIPIENTE         | 12     | 13     | 4      | 6      | 15     | 18     | 21     | 44     |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PESO SUELO HUMEDO + TARA | 104.10 | 108.69 | 118.36 | 109.57 | 110.52 | 113.22 | 122.97 | 115.44 |
| PESO SUELOS SECO + TARA  | 99.17  | 102.79 | 110.52 | 102.21 | 101.15 | 103.89 | 109.36 | 103.16 |
| PESO DE LA TARA          | 31.23  | 30.70  | 30.96  | 30.99  | 30.78  | 31.02  | 31.23  | 31.38  |
| PESO DE AGUA             | 4.93   | 5.90   | 7.84   | 7.36   | 9.37   | 9.33   | 13.61  | 12.28  |
| PESO DE SUELO SECO       | 67.94  | 72.09  | 79.54  | 71.22  | 70.37  | 72.87  | 78.13  | 71.78  |
| CONTENIDO DE AGUA        | 7.26   | 8.18   | 9.86   | 10.33  | 13.32  | 12.80  | 17.42  | 17.11  |

|                              |                    |                        |              |
|------------------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| <b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b> | <b>1.88 gr/cc.</b> | <b>HUMEDAD OPTIMA:</b> | <b>12.50</b> |
|------------------------------|--------------------|------------------------|--------------|



**OBSERVACIONES:** El material de la calicata N° 4 del Tramo Tarucuyo -Tahuapalcca según ensayo de proctor modificado presenta un resultado que a continuación se detalla la densidad maxima de **1.88 gr/cm<sup>2</sup>** y homedad Optima de **12.50%**.

**Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fijzgerald Y. Incaltito Matamoros**  
 ONI: 4824326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

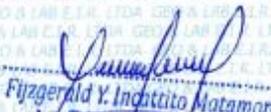
## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PESO ESPECÍFICO

|                           |  |   |
|---------------------------|--|---|
| <b>PROYECTO:</b>          | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>         | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca   | <b>RESP. LAB.:</b> Ing. Constantino Merma Mendoza           |
| <b>SOLICITA :</b>         | Tesista Bach. Ruffo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b> Tec. Fitzgerald Youri Incallito Matamoros |
| <b>MATERIAL</b>           | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla   | <b>FECHA DE M.:</b> 15/06/2021                              |
| <b>DESCRIPCION:</b>       | Calicata 4, Estrato 2 de 0.25 a 1.20 mtrs  | <b>FECHA DE A.:</b> 20/06/2021                              |
| <b>ENSAYO:</b>            | <b>PESO ESPECIFICO Y ABSORCION</b>   | <b>MUESTRA: AGR. GRUESO</b>                                 |
| <b>01 DESCRIPCION</b>     |  | <b>DATOS RESULTADO</b>                                      |
| <b>02</b>                 | Peso de Canastilla   | 45.00   |
| <b>03</b>                 | Peso Agregado al aire + canastilla   | 1,211.20  |
| <b>04</b>                 | Peso Sumergido + canastilla  | 714.80  |
| <b>05</b>                 | Peso Superficialmente Seco al Aire+ canastilla   | 1,187.00  |
| <b>06</b>                 | Peso Seco AL horno+canastilla  | 1,168.50  |
| <b>07 PESO ESPECIFICO</b> |  | 2.42  |
| <b>ABSORCION</b>          |  | 1.58%   |


**ING. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

  
**Fitzgerald Y. Incallito Matamoros**  
 DNI: 46249326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### ENSAYO DE CBR

MÉTODO ASTM D-1883

**PROYECTO:** "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR -CUSCO 2021"

**UBICACIÓN:** Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca **RESP. LAB.** Ing Constantino Merma Mendoza

**SOLICITA :** Tesista Bach. Rufo Laguna Condori **TEC. LAB.:** Tec. Fitzgerald Younj Incacillo Matamoros

**MATERIAL :** Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla **FECHA DE M:** 15/06/2021

**DESCRIPCION:** Calicata 4, Estrato 2 de 0.25 a 1.20 mtrs **FECHA DE A:** 20/06/2021

#### MÉTODO ASTM D - 1883

| N° DE MOLDES              | 1           |         | 2       |        | 3       |        |
|---------------------------|-------------|---------|---------|--------|---------|--------|
|                           | NO SATURADO | SAT.    | NO SAT. | SAT.   | NO SAT. | SAT.   |
| Nro. GOLPES POR CAPA      | 12          |         | 26      |        | 56      |        |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA   | NO SATURADO | SAT.    | NO SAT. | SAT.   | NO SAT. | SAT.   |
| Peso molde + suelo humedo | 10843       | 11050   | 11183   | 11691  | 11630   | 12478  |
| Peso del Molde            | 8630        | 8630    | 8385    | 8385   | 8510    | 8510   |
| Peso del Suelo humedo     | 2213        | 2420    | 2798    | 3306   | 3120    | 3968   |
| Volumen del Suelo MOLDE   | 2127.92     | 2127.92 | 2132.7  | 2132.7 | 2141.9  | 2141.9 |
| Densidad humeda           | 1.040       | 1.137   | 1.312   | 1.560  | 1.457   | 1.853  |
| % de humedad              | 8.14        | 7.61    | 10.45   | 11.34  | 10.35   | 10.62  |
| Densidad seca             | 0.962       | 1.057   | 1.188   | 1.392  | 1.320   | 1.675  |
| N° DE TARAS               | 6           | 5       | 12      | 14     | 21      | 22     |
| Tara + suelo humedo       | 149.20      | 158.20  | 162.30  | 148.60 | 161.30  | 164.80 |
| Tara + suelo seco         | 140.30      | 149.20  | 149.90  | 136.62 | 149.10  | 152.00 |
| Peso del agua             | 8.9         | 9.0     | 12.4    | 12.0   | 12.2    | 12.8   |
| Peso de tara              | 30.99       | 30.96   | 31.23   | 30.96  | 31.23   | 31.49  |
| Peso del suelo seco       | 109.3       | 118.2   | 118.7   | 105.7  | 117.9   | 120.5  |
| % de humedad              | 8.1         | 7.6     | 10.4    | 11.3   | 10.4    | 10.6   |
| Promedio de humedad       | 8.1         |         | 10.4    |        | 10.4    |        |

#### EXPANSIÓN

| FECHA      | HORA  | TIEMPO<br>HRS | LECTURA |       |       | EXPANSIÓN |       |       | LECTURA |       |       | EXPANSIÓN |      |      |
|------------|-------|---------------|---------|-------|-------|-----------|-------|-------|---------|-------|-------|-----------|------|------|
|            |       |               | DIAL    | mm.   | %     | DIAL      | mm.   | %     | DIAL    | mm.   | %     | DIAL      | mm.  | %    |
| 24/06/2021 | 14:00 | 0             | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00      | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00      | 0.00 | 0.00 |
| 25/06/2021 | 14:00 | 12            | 35.00   | 35.00 | 27.56 | 20.00     | 20.00 | 15.75 | 10.00   | 10.00 | 7.87  |           |      |      |
| 26/06/2021 | 14:00 | 24            | 39.00   | 4.00  | 3.15  | 22.00     | 2.00  | 1.57  | 12.50   | 2.50  | 1.97  |           |      |      |
| 27/06/2021 | 14:00 | 48            | 40.00   | 1.00  | 0.79  | 24.00     | 2.00  | 1.57  | 12.00   | -0.50 | -0.39 |           |      |      |

0.66%

#### PENETRACIÓN

| PENETRACIÓN | TIEMPO | mm.   | pulg. | MOLDE Nro: 1 |            | MOLDE Nro: 2 |            | MOLDE Nro: 3 |            |
|-------------|--------|-------|-------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
|             |        |       |       | LECTURA      | CORRECCIÓN | LECTURA      | CORRECCIÓN | LECTURA      | CORRECCIÓN |
|             | 0.00   | 0.000 | 0.000 | 0.00         | 0          | 0.00         | 0          | 0.00         | 0          |
|             | 0.30   | 0.064 | 0.000 | 54.60        | 3          | 112.30       | 6          | 115.80       | 6          |
|             | 1.00   | 0.127 | 0.025 | 153.00       | 8          | 263.10       | 13         | 315.90       | 16         |
|             | 1.30   | 0.191 | 0.050 | 238.60       | 12         | 351.20       | 18         | 567.20       | 28         |
|             | 2.00   | 0.254 | 0.075 | 302.50       | 15.09      | 468.10       | 23.35      | 762.50       | 38.03      |
|             | 3.00   | 0.381 | 0.100 | 546.90       | 27         | 601.80       | 30         | 1062.30      | 53         |
|             | 4.00   | 0.508 | 0.150 | 889.20       | 34         | 729.20       | 36         | 1210.90      | 60         |

**OBSERVACIONES:**

**Ing Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fitzgerald Y. Incacillo Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TÉCNICO LABORATORIO MECÁNICO DE SUELOS



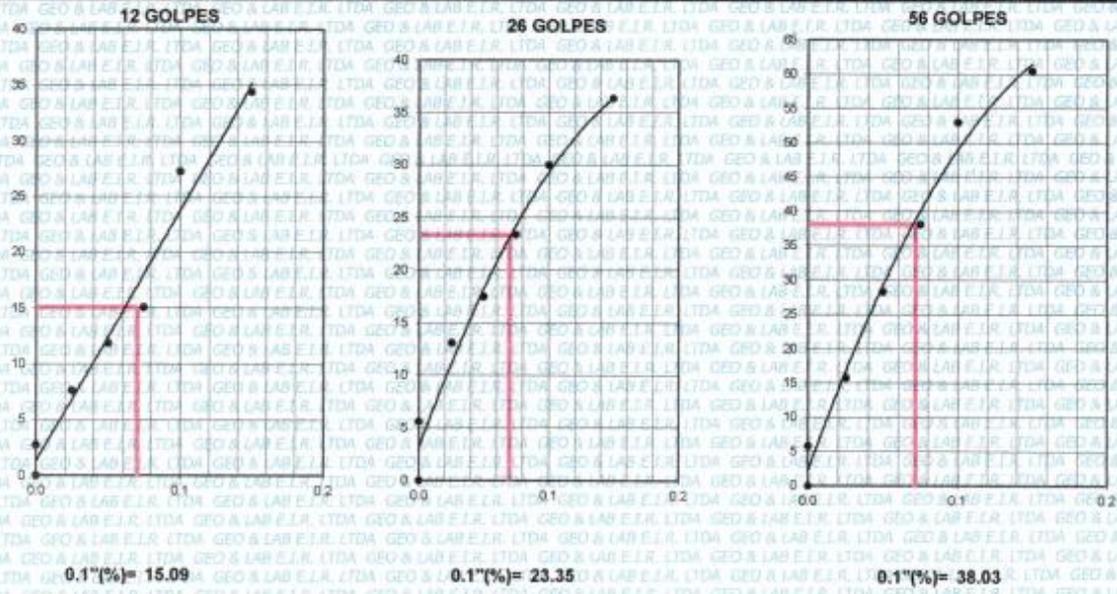
# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

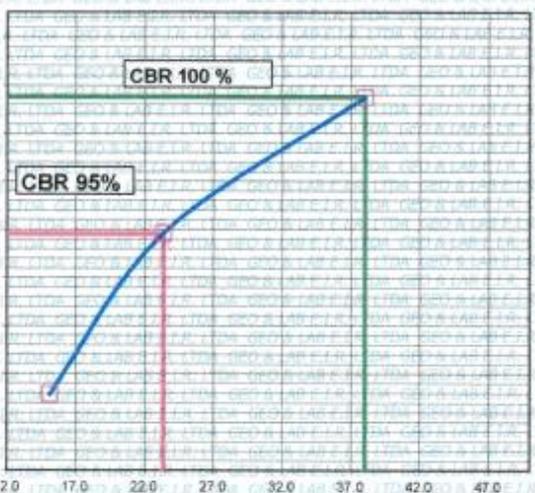


|  |   |
|--|---|
| <b>PROYECTO:</b> "DISEÑO ASFALTICO EN FRIJO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |   |
| <b>UBICACIÓN:</b> Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca   | <b>RESP. LAB:</b> Ing Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b> Testista Bach. Ruffo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b> Tec. Fitzgerald Yourly Incañito Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b> Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla   | <b>FECHA DE M.:</b> 15/06/2021                              |
| <b>DESCRIPCION:</b> Calicata 4, Estrato 2 de 0.25 a 1.20 mtrs  | <b>FECHA DE A.:</b> 20/06/2021                              |

### GRÁFICO PENETRACIÓN DE CBR



### DETERMINACION DE CBR



| DATOS DEL PROCTOR |             |
|-------------------|-------------|
| Densidad seca :   | 1.88 gr/cc. |
| Humedad óptima :  | 12.50 %     |

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| <b>PROCTOR CBR :</b> | <b>1.67</b>    |
| <b>CBR AL 100% :</b> | <b>38.03 %</b> |
| <b>CBR AL 95% :</b>  | <b>36.13</b>   |

**OBSERVACIONES:** Según ensayo en laboratorio la capacidad de soporte como terreno de fundación es de un terreno bueno.

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46888

**Fitzgerald Y. Incañito Matamoros**  
 CIP: 4629326  
 TÉCNICO LABORATORIO MECÁNICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PERFIL ESTRATIGRAFICO

|   |  |                                       |                                |
|---|--|---------------------------------------|--------------------------------|
| <b>PROYECTO:</b> "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |  |                                       |                                |
| <b>UBICACIÓN:</b> Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca   |  |                                       |                                |
| <b>SOLICITA:</b> Testista Bach. Ruffo Laguna Condori  |  |                                       |                                |
| <b>CALICATA:</b>  | C-5                                      | <b>NIVEL DE AGUA (m):</b> No presenta |                                |
| <b>ESTRATOS:</b>  | E-01/ E-02                               | <b>COORDENADA UTM:</b> 8363917 N      |                                |
| <b>PROGRESIVA:</b>  | 4+000                                    | KM                                    | 222124 E                       |
| <b>PROF (m):</b>  | 1.20 m                                   | <b>LADO:</b> Izquierdo                | <b>COTA:</b> 4041 m.s.n.m.     |
| <b>ING. RESP.:</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza           |                                       | <b>FECHA DE M.:</b> 15/06/2021 |
| <b>TEC. RESP.:</b>  | Tec. Fitzgerald Youri Incatito Matamoros |                                       | <b>FECHA DE A.:</b> 22/06/2021 |



| PROF (m)    | SIMBOLOGIA | CLASIFICACIÓN |         | NIVEL DE AGUA | DESCRIPCIÓN Y COMPOSICIÓN DEL MATERIAL DE SUELO<br>HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE CONSOLIDACIÓN   | MUESTRA | ENSAYO EN |        |        |       |
|-------------|------------|---------------|---------|---------------|--|---------|-----------|--------|--------|-------|
|             |            | SUCS          | AASHTO  |               |  |         | LL        | LP     | IP     | HN    |
| 0.00 - 0.30 |            | GC            | A-6 (2) |               | Prof.(m) 0.00 - 0.60: Gravetas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla<br>Suelos de simbología simple de gravetas arcillosas con presencia de raíces y sobredimensionadas de roca de canto redado y gravas que representan el 34.88%, arenas 26.76% y finos de 38.34% de capacidad de carga alta de color pardo. | M-01    | 39.36%    | 23.00% | 15.96% | 70.07 |
| 0.30 - 1.20 |            | SM            | A-4 (3) |               | Prof.(m) 0.60 - 1.20: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.<br>Suelo de simbología simple de arenas limosas con presencia de gravas 20.15%, arenas 29.95% y finos de 49.90% y estructura no compacto, y gravas angulares mayores a 3" de color café.  | M-02    | 28.37%    | 23.81% | 4.57%  | 16.88 |

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46698

**Fitzgerald Y. Incatito Matamoros**  
 DNI: 48248626  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D221 - 71

|   |                           |   |            |  |               |  |  |
|---|---------------------------|---|------------|--|---------------|--|--|
| <b>PROYECTO:</b>  |                           |   |            | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO-TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |               |  |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>   |                           | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca |            | <b>RESP. LAB.</b>  |               | Ing. Constantino Merma Mendoza             |  |
| <b>SOLICITA :</b>   |                           | Tesis Bach. Rufo Laguna Condori                         |            | <b>TEC. LAB.:</b>  |               | Tec. Fitzgerald Yourij Incallito Matamoros |  |
| <b>DESCRIPCION:</b>   |                           | la calicata tiene 02 estratos                           |            | <b>FECHA DE M:</b>   |               | 15/06/2021                                 |  |
| <b>MATERIAL:</b>  |                           | material grava arcillosa y arena limosa                 |            | <b>FECHA DE A:</b>   |               | 22/06/2021                                 |  |
| <b>ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS Y CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO DE FUNDACION</b> |                           |   |            |  |               |  |  |
| <b>CALICATA</b>   |                           | <b>C-5</b>  |            | <b>C-5</b>   |               |  |  |
| <b>MUESTRA</b>  |                           | <b>M- 1</b>   |            | <b>M- 2</b>  |               |  |  |
| <b>PROFUNDIDAD (m)</b>  |                           | <b>0.60</b>   |            | <b>0.60</b>  |               |  |  |
| <b>RECIPIENTE</b>   |                           | <b>8</b>  |            | <b>45</b>  |               |  |  |
| <b>Nº</b>   | <b>DATOS</b>              |   | <b>UND</b> |  |               |  |  |
| 1   | Pfr + P.S.H.              |   | gr         | 130.46   | 120.68        |  |  |
| 2   | Pfr + P.S.S.              |   | gr         | 121.38   | 107.72        |  |  |
| 3   | Pagua (1) - (2)           |   | gr         | 9.08   | 12.96         |  |  |
| 4   | RECIPIENTE                |   | gr         | 31.17  | 31.17         |  |  |
| 5   | P.S.S. (2) - (4)          |   | gr         | 90.21  | 76.55         |  |  |
| 6   | C Humedad (3) / (5) x 100 |   | %          | 10.07  | 16.93         |  |  |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>   |                           |   |            | <b>10.07%</b>  | <b>16.93%</b> |  |  |

Nota:

- Pfr = Peso de frasco
- P.S.H. = Peso de suelo húmedo
- P.S.S. = Peso de suelo seco
- Pagua = Peso de agua

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 C.P.: 46898

**Fitzgerald Yourij Incallito Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



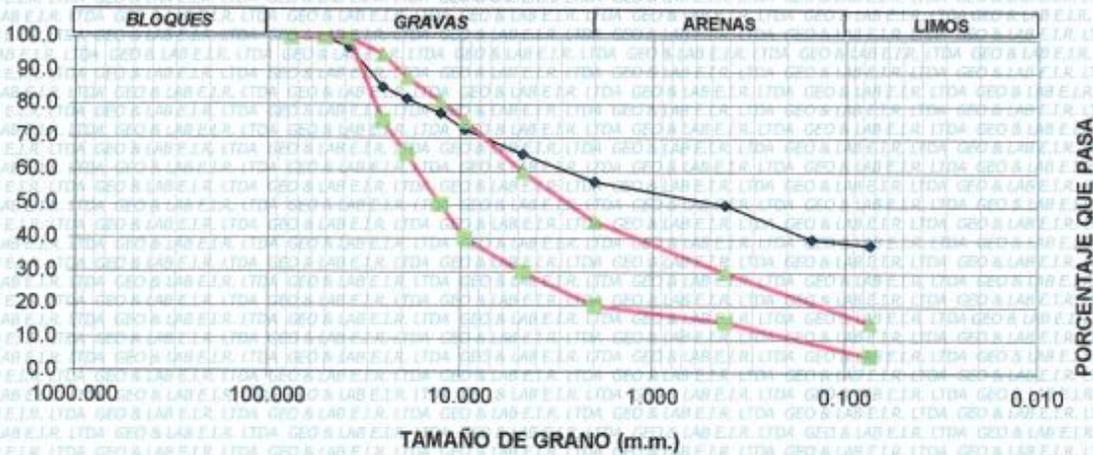
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422/AASHTO T-98/ MTC E-107

|                     |  |                    |   |
|---------------------|--|--------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing Constantino Merma Mendoza             |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Youri Incaltito Matamoros |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori  | <b>FECHA DE M:</b> | 15/06/2021                                |
| <b>MATERIAL :</b>   | Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro  | <b>FECHA DE A:</b> | 22/06/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 5, Estrato 1 de 0.00 a 0.60 mtrs  |                    |   |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulativo | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA           |
|--------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------|------------------|-------------------------------------|
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % GRAVA 34.88%                      |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % ARENA 26.78%                      |
| 2"           | 50.800         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | FINOS 38.34%                        |
| 1 1/2"       | 38.100         | 98.00         | 2.88               | 2.88                   | 97.12      |                  | Humedad natural: 10.07%             |
| 1"           | 25.400         | 406.00        | 11.92              | 14.80                  | 85.20      | 75 95            | Limite Liquido 39.36%               |
| 3/4"         | 19.050         | 118.00        | 3.46               | 18.26                  | 81.74      |                  | Limite Plástico 23.80%              |
| 1/2"         | 12.700         | 148.00        | 4.35               | 22.61                  | 77.39      |                  | Indice Plastico 15.56%              |
| 3/8"         | 9.525          | 168.00        | 4.93               | 27.54                  | 72.46      | 40 75            | Clasificación SUCS <b>GC</b>        |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |                    |                        |            |                  | Clasificación AASHTO <b>A-6 (2)</b> |
| N° 4         | 4.760          | 250.00        | 7.34               | 34.88                  | 65.12      | 30 60            | DENS. MÁX. SECA 1.954               |
| N° 8         | 2.380          | 0.00          |                    |                        |            |                  | H ÓPTIMO 32.50                      |
| N° 10        | 2.000          | 277.00        | 8.13               | 43.01                  | 56.99      | 20 45            | PESO TOTAL 3406.00 gr               |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00               | 43.01                  |            |                  | Peso Fracc. Lavado: 2218.00 gr      |
| N° 20        | 0.840          | 136.00        | 3.99               | 47.01                  | 52.99      | 17 37            | D10 0.51                            |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00               | 47.01                  | 52.99      |                  | D30 0.13                            |
| N° 40        | 0.420          | 98.00         | 2.88               | 49.89                  | 50.12      | 15 30            | D60 2.76                            |
| N° 50        | 0.297          | 89.00         | 2.03               | 51.91                  | 48.09      |                  | CC 0.0                              |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00               | 51.91                  | 48.09      |                  | CU 5.4                              |
| N° 100       | 0.149          | 272.00        | 7.99               | 59.89                  | 40.11      |                  | Indice de liquidez                  |
| N° 200       | 0.074          | 60.00         | 1.76               | 61.66                  | 38.34      | 5 15             |                                     |
| PAN          |                | 1306.00       | 38.34              | 100.00                 | 0.00       |                  |                                     |
| TOTAL        |                |               |                    |                        |            |                  |                                     |
| % PERDIDA    |                |               |                    |                        |            |                  |                                     |

#### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES:** Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro, como terreno de apoyo es bueno y tiene presencia de nivel freatico, presenta una clasificacion SUCS **GM-GC** y clasificacion AASHTO de **A-4 (0)**

**Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fitzgerald Youri Incaltito Matamoros**  
 DNI: 48249326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

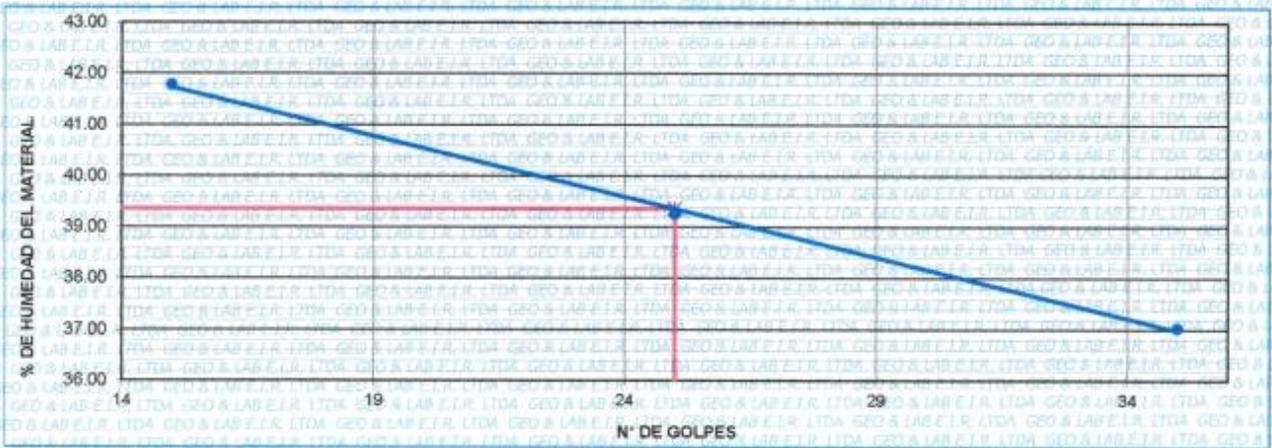


### LIMITES DE CONSISTENCIA

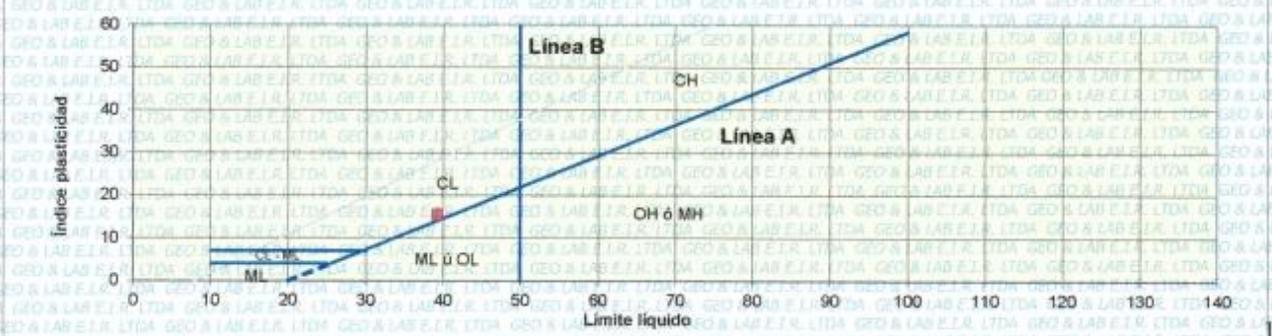
MÉTODO AASHTO T 89/90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107

|                     |  |  |  |                    |  |
|---------------------|--|--|--|--------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |  |  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza           |
| <b>UBICACION:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca  |  |  | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Youri Incañito Matamoros |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesisista Bach. Ruffo Laguna Condori   |  |  | <b>FECHA DE M:</b> | 15/06/2021                               |
| <b>MATERIAL</b>     | Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro  |  |  | <b>FECHA DE A:</b> | 22/06/2021                               |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 5, Estrato 1 de 0.00 a 0.60 mlrs  |  |  |                    |  |

|                       |                        |                        |
|-----------------------|------------------------|------------------------|
| <b>LIMITE LIQUIDO</b> | <b>LIMITE PLASTICO</b> | <b>INDICE PLASTICO</b> |
| 39.36%                | 23.80%                 | 15.56%                 |



### Ábaco de Casagrande



**OBSERVACIONES:** Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro de baja plasticidad, presenta limite liquido de 23.74% e indice de plasticidad de 5.29%

*Constantino Merma Mendoza*  
**Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46899

*Fitzgerald Youri Incañito Matamoros*  
**Fitzgerald Youri Incañito Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



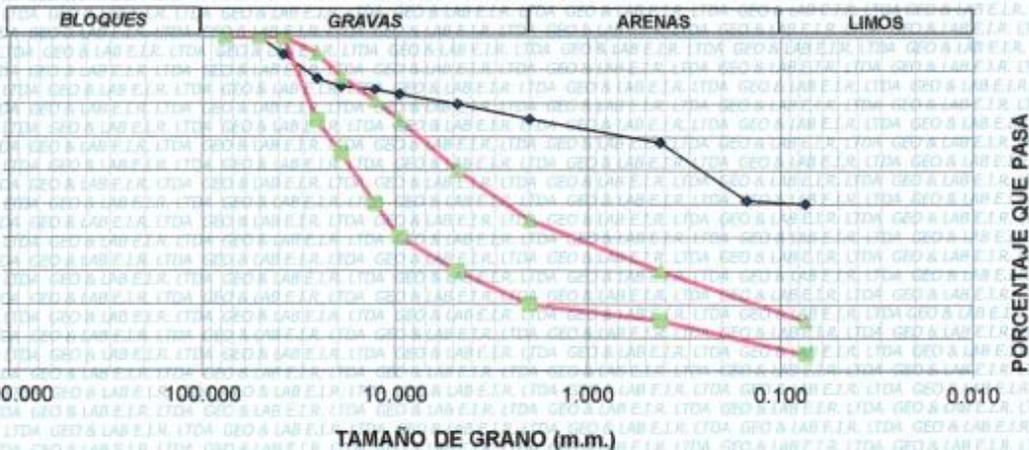
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422 / AASHTO T-89 / MTC E-107

|                     |   |                    |  |
|---------------------|---|--------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                    |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca   | <b>RESP. LAB.:</b> | Ing. Constantino Merma Mendoza           |
| <b>SOLICITA :</b>   | Testista Bach. Rulo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Younj Incañito Melamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro   | <b>FECHA DE M:</b> | 15/06/2021                               |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 5, Estrato 2 de 0.60 a 1.20 mtrs   | <b>FECHA DE A:</b> | 22/06/2021                               |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulativo | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA           |
|--------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------|------------------|-------------------------------------|
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % GRAVA 20.15%                      |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % ARENA 29.95%                      |
| 2"           | 50.800         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | FINOS 49.90%                        |
| 1 1/2"       | 38.100         | 154.00        | 5.28               | 5.28                   | 94.72      |                  | Humedad natural: 16.93%             |
| 1"           | 25.400         | 212.00        | 7.27               | 12.54                  | 87.46      | 75 95            | Límite Líquido 28.37%               |
| 3/4"         | 19.050         | 64.00         | 2.19               | 14.74                  | 85.26      |                  | Límite Plástico 23.81%              |
| 1/2"         | 12.700         | 33.00         | 1.13               | 15.87                  | 84.13      |                  | Índice Plástico 4.57%               |
| 3/8"         | 9.525          | 40.00         | 1.37               | 17.24                  | 82.76      | 40 75            | Clasificación SUCS <b>SM</b>        |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |                    |                        |            |                  | Clasificación AASHTO <b>A-4 (3)</b> |
| N° 4         | 4.760          | 85.00         | 2.91               | 20.15                  | 79.85      | 30 60            | DENS. MÁX. SECA 1.654               |
| N° 8         | 2.380          | 0.00          |                    |                        |            |                  | H. ÓPTIMO 32.50                     |
| N° 10        | 2.000          | 138.00        | 4.68               | 24.81                  | 75.19      | 20 45            | PESO TOTAL 2918.00 gr               |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00               | 24.81                  |            |                  | Peso Fracc. Lavado: 2330.00 gr      |
| N° 20        | 0.840          | 85.00         | 2.91               | 27.72                  | 72.28      | 17 37            | D10 0.59                            |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00               | 27.72                  | 72.28      |                  | D30 0.21                            |
| N° 40        | 0.420          | 116.00        | 3.98               | 31.70                  | 68.30      | 15 30            | D60 0.31                            |
| N° 50        | 0.297          | 261.00        | 9.63               | 41.33                  | 58.67      |                  | CC 0.2                              |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00               | 41.33                  | 58.67      |                  | CU 0.5                              |
| N° 100       | 0.149          | 228.00        | 7.81               | 49.14                  | 50.86      |                  | Índice de liquidez                  |
| N° 200       | 0.074          | 28.00         | 0.96               | 50.10                  | 49.90      | 5 15             |                                     |
| PAN          |                | 1456.00       | 49.90              | 100.00                 | 0.00       |                  |                                     |
| TOTAL        |                |               |                    |                        |            |                  |                                     |
| % PERDIDA    |                |               |                    |                        |            |                  |                                     |

#### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES:** Arenas limosas, limos y arcillas de color marron claro, como terreno de apoyo es bueno y tiene presencia de nivel freatico, presenta una clasificacion SUCS **SM** y clasificacion AASHTO de **A-4 (3)**

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP.: 46898

**Fitzgerald Y. Incañito Melamoros**  
 DNI: 83248326  
 TÉCNICO LABORATORIO MECÁNICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

**Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos**



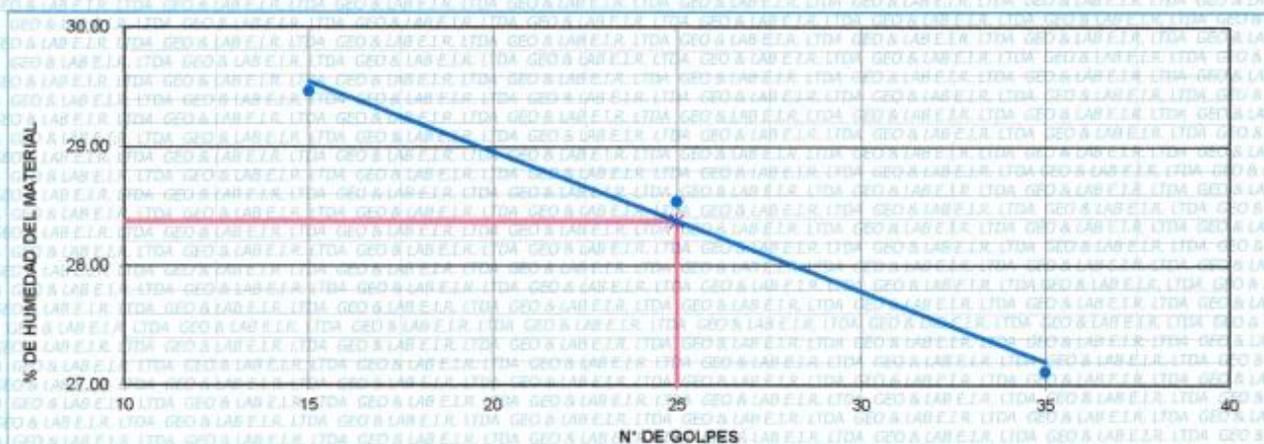
## LIMITES DE CONSISTENCIA

MÉTODO AASHTO T 89/ 90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107

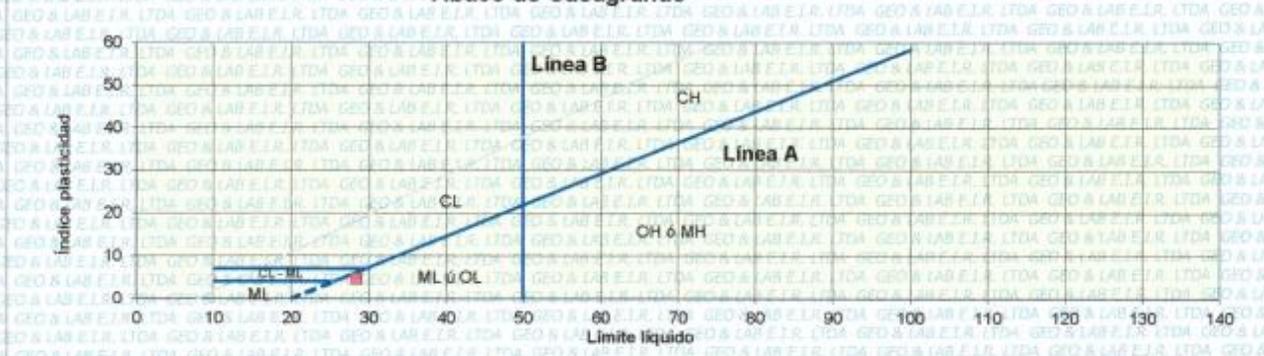
|                     |  |                     |  |
|---------------------|--|---------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                     |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.:</b>  | Ing Constantino Merma Mendoza              |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fitzgerald Younij Incattito Matamoras |
| <b>MATERIAL</b>     | Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro  | <b>FECHA DE M.:</b> | 15/06/2021                                 |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 5, Estrato 2 de 0.60 a 1.20 mtrs  | <b>FECHA DE A.:</b> | 22/06/2021                                 |

| Nro. DE CAPSULA              | LIMITE LIQUIDO |       |       | LIMITE PLASTICO |       |  |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|--|
|                              | 48             | 53    | 60    | 5               | 2     |  |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A) | 75.60          | 69.56 | 72.59 | 37.32           | 37.90 |  |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)   | 67.41          | 62.38 | 64.54 | 36.12           | 36.58 |  |
| PESO DE LA TARA              | 37.21          | 37.22 | 37.22 | 30.96           | 31.16 |  |
| PESO DEL AGUA (A-B)          | 8.19           | 7.18  | 8.05  | 1.20            | 1.32  |  |
| PESO SUELO SECO (B-C)        | 30.20          | 25.16 | 27.32 | 5.16            | 5.42  |  |
| HUMEDAD [W=(A-B)/(B-C)*100   | 27.12          | 28.54 | 29.47 | 23.26           | 24.35 |  |
| Nro. DE GOLPES               | 35             | 25    | 15    |                 |       |  |

|                       |                        |                        |
|-----------------------|------------------------|------------------------|
| <b>LIMITE LIQUIDO</b> | <b>LIMITE PLASTICO</b> | <b>INDICE PLASTICO</b> |
| 28.37%                | 23.81%                 | 4.57%                  |



### Ábaco de Casagrande



**OBSERVACIONES:** Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro de baja plasticidad, presenta limite liquido de 28.37 % e indice de plasticidad de 4.57%



GEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fitzgerald Y. Incattito Matamoras**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

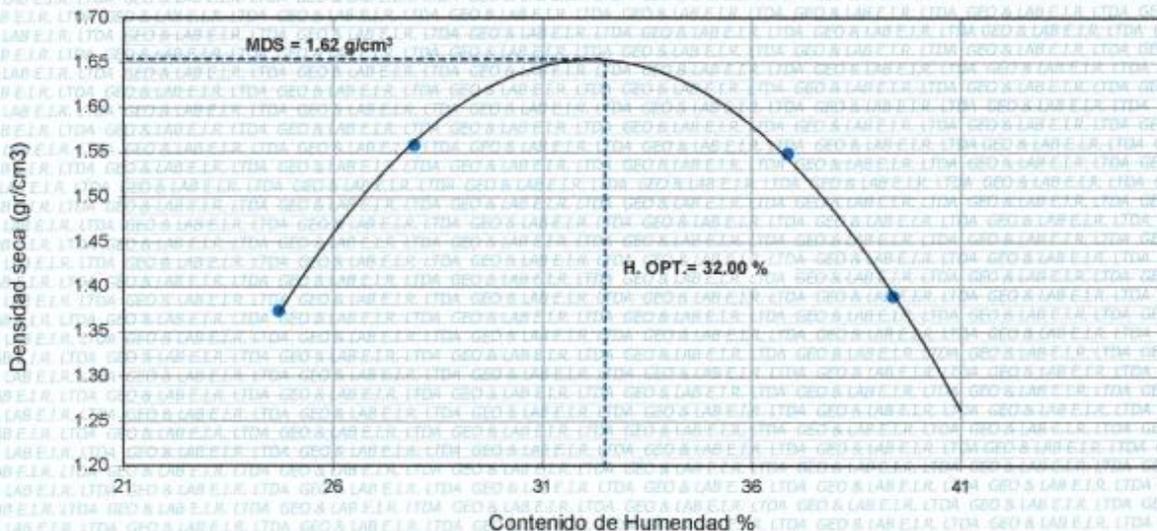
## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PROCTOR MODIFICADO

| <b>PROYECTO:</b> "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR -CUSCO 2021" |   |                        |  |                       |        |       |        |        |
|--|---|------------------------|--|-----------------------|--------|-------|--------|--------|
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca                       | <b>RESP. LAB.</b>      | Ing. Constantino Merma Mendoza             |                       |        |       |        |        |
| <b>SOLICITA :</b>  | Testista Bach. Ruffo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>      | Tec. Fitzgerald Yourij Incattito Matamoros |                       |        |       |        |        |
| <b>MATERIAL :</b>  | Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro | <b>FECHA DE M:</b>     | 15/06/2021                                 |                       |        |       |        |        |
| <b>DESCRIPCION:</b>  | Calicata 5, Estrato 2 de 0.60 a 1.20 mtrs                                     | <b>FECHA DE A:</b>     | 22/06/2021                                 |                       |        |       |        |        |
| <b>COMPACTACION</b>  | <b>M</b>  | <b>VOL.MOLDE (cm3)</b> | <b>2120</b>                                | <b>PESO MOLDE(gr)</b> |        |       |        |        |
|  |   |                        |  | <b>6096</b>           |        |       |        |        |
| ENSAYO DE COMPACTACION   |   |                        |  |                       |        |       |        |        |
| NÚMERO DE ENSAYOS  | 1   | 2                      | 3  | 4                     |        |       |        |        |
| <b>PESO SUELO + MOLDE</b>  | 9724  | 10320                  | 10587                                      | 10198                 |        |       |        |        |
| <b>PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO</b>  | 3629  | 4225                   | 4492                                       | 4103                  |        |       |        |        |
| <b>PESO VOLUMETRICO HUMEDO</b>   | 1.712   | 1.993                  | 2.119                                      | 1.935                 |        |       |        |        |
| <b>PESO VOLUMETRICO SECO</b>   | 1.373   | 1.558                  | 1.548                                      | 1.389                 |        |       |        |        |
| N° DE RECIPIENTE   | 47  | 48                     | 51   | 70                    | 62     | 67    | 68     | 65     |
| <b>PESO SUELO HUMEDO + TARA</b>  | 91.54   | 99.01                  | 105.13                                     | 99.29                 | 104.54 | 97.18 | 100.70 | 107.53 |
| <b>PESO SUELOS SECO + TARA</b>   | 80.78   | 87.48                  | 90.32                                      | 86.01                 | 86.42  | 82.82 | 82.89  | 87.59  |
| <b>PESO DE LA TARA</b>   | 37.20   | 37.21                  | 37.30                                      | 37.31                 | 37.26  | 37.29 | 37.66  | 38.94  |
| <b>PESO DE AGUA</b>  | 10.76   | 11.53                  | 14.81                                      | 13.28                 | 18.12  | 14.36 | 17.81  | 19.94  |
| <b>PESO DE SUELO SECO</b>  | 43.58   | 50.27                  | 53.02                                      | 48.70                 | 49.16  | 45.53 | 45.23  | 48.65  |
| <b>CONTENIDO DE AGUA</b>   | 24.69   | 22.94                  | 27.93                                      | 27.27                 | 36.86  | 31.54 | 39.36  | 40.99  |

|                              |             |                        |       |
|------------------------------|-------------|------------------------|-------|
| <b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b> | 1.65 gr/cc. | <b>HUMEDAD OPTIMA:</b> | 32.50 |
|------------------------------|-------------|------------------------|-------|



**OBSERVACIONES:** El material del tramo de la carretera tarucuyo - tahuapalcca segun ensayo de proctor modificado presenta un resultado que a continuacion se detalla la densidad maxima de 1.65 gr/cm<sup>2</sup> y homedad Optima de 32.50%.

**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fitzgerald Y. Incattito Matamoros**  
 DM: 48248326  
 TECNOLABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PESO ESPECÍFICO

|                           |  |                    |   |
|---------------------------|--|--------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>          | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                    |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>         | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b>         | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fijzerald Yourij Incahitto Matamoros |
| <b>MATERIAL</b>           | Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro  | <b>FECHA DE M:</b> | 15/08/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b>       | Calicata 5, Estrato 2 de 0.80 a 1.20 mtrs  | <b>FECHA DE A:</b> | 22/08/2021                                |
| <b>ENSAYO:</b>            | <b>PESO ESPECIFICO Y ABSORCION</b>   |                    | <b>MUESTRA:</b> <b>AGR. GRUESO</b>        |
| <b>01 DESCRIPCION</b>     |  | <b>DATOS</b>       | <b>RESULTADO</b>                          |
| <b>02</b>                 | Peso de Canastilla   | 45.00              |   |
| <b>03</b>                 | Peso Agregado al aire + canastilla   | 1,211.20           |   |
| <b>04</b>                 | Peso Sumergido + canastilla  | 778.80             |   |
| <b>05</b>                 | Peso Superficialmente Seco al Aire+ canastilla   | 1,180.08           |   |
| <b>06</b>                 | Peso Seco AL horno+canastilla  | 1,164.70           |   |
| <b>07 PESO ESPECIFICO</b> |  |                    | 2.83                                      |
| <b>ABSORCION</b>          |  |                    | 1.32%                                     |


**GEOLOGIA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**  
 Ing. Constantino Merma Mendoza  
 CIP: 46896

  
**Fijzerald Y. Incahitto Matamoros**  
 DNI: 48748326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



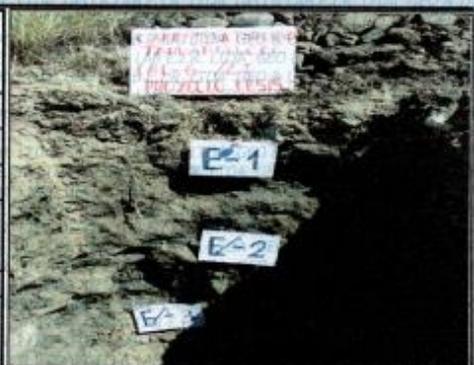
# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PERFIL ESTRATIGRAFICO

|   |  |
|---|--|
| <b>PROYECTO:</b> "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |  |
| <b>UBICACIÓN:</b> Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca   |  |
| <b>SOLICITA:</b> Testista Bach. Rulo Laguna Condori   |  |
| <b>CALICATA:</b> C-6  | <b>NIVEL DE AGUA (m):</b> No presenta        |
| <b>ESTRATOS:</b> E-03   | <b>COORDENADA UTM:</b> 8364082 N<br>220975 E |
| <b>PROGRESIVA:</b> 5+000 KM   | <b>COTA:</b> 4009 m.s.n.m.                   |
| <b>PROF (m):</b> 1.20 m   | <b>LADO:</b> Izquierdo                       |
| <b>ING. RESP.:</b> Ing. Constantino Merma Mendoza   | <b>FECHA DE M.:</b> 15/06/2021               |
| <b>TEC. RESP.:</b> Tec. Fitzgerald Youri Incañito Matamoros   | <b>FECHA DE A.:</b> 22/06/2021               |



| PROF (m)    | SIMBOLOGIA | CLASIFICACION |           | NIVEL DE AGUA | DESCRIPCION Y COMPOSICION DEL MATERIAL  | HUMEDAD NATURAL | PLASTICIDAD | ESTADO NATURAL DE CONSOLIDACION | MUESTRA | ENSAYO EN |        |       |       |
|-------------|------------|---------------|-----------|---------------|---|-----------------|-------------|---------------------------------|---------|-----------|--------|-------|-------|
|             |            | SUCS          | AASHTO    |               |   |                 |             |                                 |         | LL        | LP     | IP    | H/M   |
| 0.00 - 0.20 |            | GC            | A-2-4 (0) |               | Prof.(m) 0.00-0.20:Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla suelo de gravas arcillosas con presencia de raices y estructura homogenia de color pardo  |                 |             |                                 | M-01    | 27.27%    | 19.91% | 7.98% | 2.44  |
| 0.20 - 0.70 |            | SC            | A-4 (2)   |               | Prof.(m) 0.20-0.70:Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla suelo de simbologia simple de arenas arcillosas con presencia de raices y boltonerías mayores a 3" de compactación suelta de color pardo oscuro con gravas que representa 14.13% y arenas 39.66%, finos 46.21% de color pardo oscuro.   |                 |             |                                 | M-02    | 30.13%    | 22.02% | 8.11% | 10.32 |
| 0.70 - 1.20 |            | GM            | A-1-a (0) |               | Prof.(m) 0.70-1.20:Gravas con finos limosas, grava mal graduado muy limoso mezclas grava-arena-arcilla Suelos de simbologia simple de gravas limosas presencia de raices y piedras de canto rodado mayores 10" y gravas menores que representa el 80.17%, arenas 35.23% y finos 14.60% con capacidad de carga segun su clasificación es de alta |                 |             |                                 | M-03    | 20.29%    | 22.71% | 5.98% | 9.12  |

**Constantino Merma Mendoza**  
 CIP.: 46898

**Fitzgerald Y. Incañito Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L.

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D221 - 71

|   |   |   |  |               |
|---|---|---|--|---------------|
| <b>PROYECTO:</b>  |   | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO-TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |  |               |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca              | <b>RESP. LAB.</b>   | Ing.Constantino Merma Mendoza              |               |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori                                   | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fijgerald Yourij Incañtillo Matamoros |               |
| <b>DESCRIPCION:</b>   | La calicata consta de 3 estratos                                    | <b>FECHA DE M:</b>  | 15/06/2021                                 |               |
| <b>MATERIAL:</b>  | Material diverso como grava arcillosos, arena arcilloso y grava lir | <b>FECHA DE A:</b>  | 22/06/2021                                 |               |
| <b>ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS Y CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO DE FUNDACION</b> |   |   |  |               |
| <b>CALICATA MUESTRA</b>   |   | <b>C-6</b>  | <b>C-6</b>                                 | <b>C-6</b>    |
|   |   | <b>M - 1</b>  | <b>M - 2</b>                               | <b>M - 3</b>  |
| <b>PROFUNDIDAD (m)</b>  |   | <b>0.20</b>   | <b>0.50</b>                                | <b>0.50</b>   |
| <b>RECIPIENTE</b>   |   | <b>30</b>   | <b>33</b>                                  | <b>45</b>     |
| <b>Nº</b>   | <b>DATOS</b>  | <b>UND</b>  |  |               |
| 1   | Pfr + P.S.H.  | gr  | 136.88                                     | 141.70        |
| 2   | Pfr + P.S.S.  | gr  | 134.36                                     | 132.46        |
| 3   | Pagua (1) - (2)   | gr  | 2.52                                       | 9.24          |
| 4   | RECIPIENTE  | gr  | 30.97                                      | 31.17         |
| 5   | P.S.S. (2) - (4)  | gr  | 103.39                                     | 101.29        |
| 6   | C Humedad (3) / (5) x 100   | %   | 2.44                                       | 9.12          |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>   |   | <b>%</b>  | <b>2.44%</b>                               | <b>10.32%</b> |
|   |   |   | <b>9.12%</b>                               |               |

**Nota:**

- Pfr = Peso de frasco
- P.S.H. = Peso de suelo húmedo
- P.S.S. = Peso de suelo seco
- Pagua = Peso de agua

  
**Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46895

  
**Fijgerald Y Incañtillo Matamoros**  
 DNI: 48248326

TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



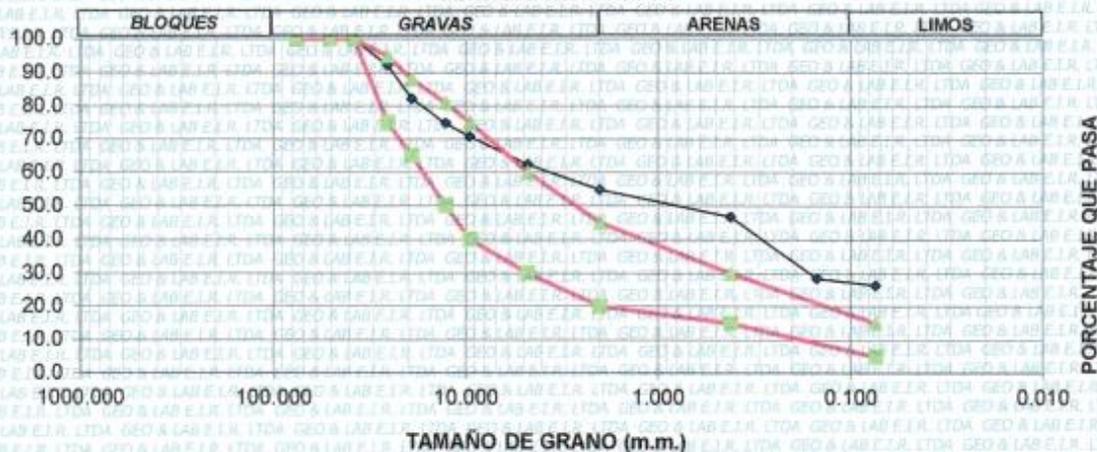
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422/ AASHTO T-88/ MTC E-107

|                     |  |                     |   |
|---------------------|--|---------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                     |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.:</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza              |
| <b>SOLICITA :</b>   | Testista Bech. Rufo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fitzgerald Yourij Incallitio Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro  | <b>FECHA DE M.:</b> | 15/06/2021                                  |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 6, Estrato de 0.00 a 0.20 mtrs  | <b>FECHA DE A.:</b> | 22/06/2021                                  |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulativo | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA      |
|--------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------|------------------|--------------------------------|
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % GRAVA                        |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % ARENA                        |
| 2"           | 50.800         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | FINOS                          |
| 1 1/2"       | 38.100         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     |                  | Humedad natural: 2.44%         |
| 1"           | 25.400         | 212.00        | 7.83               | 7.83                   | 92.17      | 75 95            | Límite Líquido 27.27%          |
| 3/4"         | 19.050         | 271.00        | 10.01              | 17.84                  | 82.16      |                  | Límite Plástico 19.91%         |
| 1/2"         | 12.700         | 200.00        | 7.39               | 25.22                  | 74.78      |                  | Índice Plástico 7.36%          |
| 3/8"         | 9.525          | 110.00        | 4.06               | 29.28                  | 70.72      | 40 75            | Clasificación SUCS GC          |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |                    |                        |            |                  | Clasificación AASHTO A-2-4 (0) |
| N° 4         | 4.760          | 226.00        | 8.35               | 37.63                  | 62.37      | 30 80            | DENS. MÁX. SECA 1.967          |
| N° 8         | 2.380          | 0.00          |                    |                        |            |                  | H. ÓPTIMO 10.50                |
| N° 10        | 2.000          | 205.00        | 7.57               | 45.20                  | 54.80      | 20 45            | PESO TOTAL 2708.00 gr          |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00               | 45.20                  |            |                  | Peso Fracc. Lavado: 1689.00 gr |
| N° 20        | 0.840          | 110.00        | 4.06               | 49.26                  | 50.74      | 17 37            | D10 0.37                       |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00               | 49.26                  | 50.74      |                  | D30 0.16                       |
| N° 40        | 0.420          | 109.00        | 4.03               | 53.29                  | 46.71      | 15 30            | D60 3.63                       |
| N° 50        | 0.297          | 124.00        | 4.58               | 57.87                  | 42.13      |                  | CC 0.0                         |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00               | 57.87                  | 42.13      |                  | CU 9.7                         |
| N° 100       | 0.149          | 371.00        | 13.70              | 71.57                  | 28.43      |                  | Índice de liquidez             |
| N° 200       | 0.074          | 56.00         | 2.07               | 73.63                  | 26.37      | 5 15             |                                |
| PAN          | 714.00         | 26.37         | 100.00             | 0.00                   |            |                  |                                |
| TOTAL        |                |               |                    |                        |            |                  |                                |
| % PERCIDA    |                |               |                    |                        |            |                  |                                |

#### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES:** Gravas arcillosa de color marron claro, como terreno de apoyo es bueno y tiene presencia de nivel freatico, presenta una clasificacion SUCS GC y clasificacion AASHTO de A-2-4 (0)

**Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 48899

**Fitzgerald Y. Incallitio Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



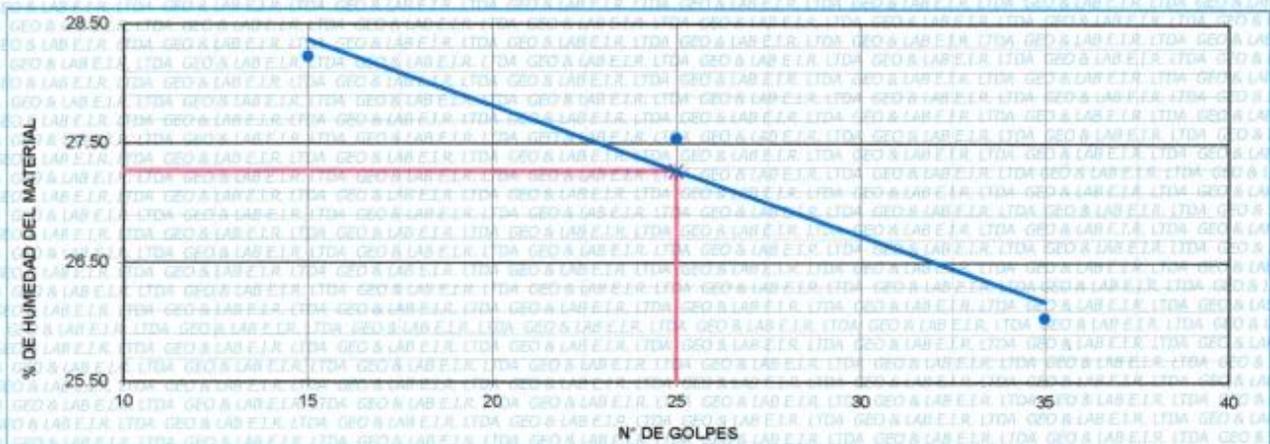
### LIMITES DE CONSISTENCIA

MÉTODO AASHTO T 89/ 90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107

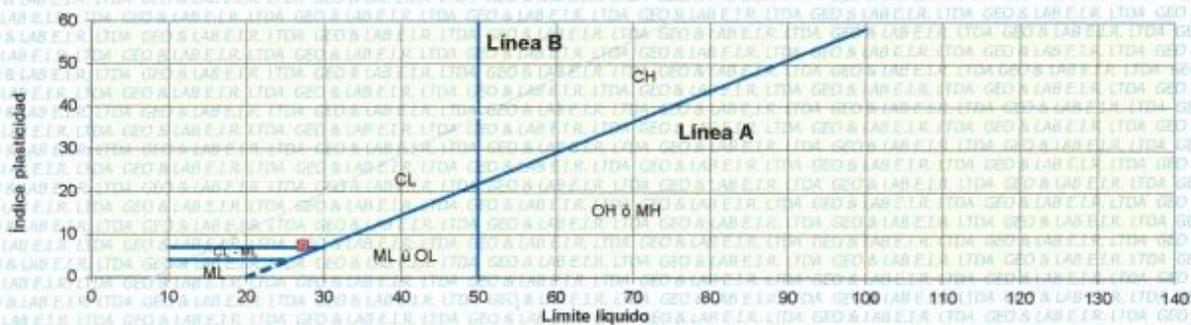
|                     |  |                     |  |
|---------------------|--|---------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR -CUSCO 2021"</b> |                     |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca   | <b>RESP. LAB.:</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Ruffo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fitzgerald Yourij Incatitio Matamoros |
| <b>MATERIAL</b>     | Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro  | <b>FECHA DE M.:</b> | 15/06/2021                                 |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 6, Estrato de 0.00 a 0.20 mtrs.   | <b>FECHA DE A.:</b> | 22/06/2021                                 |

| Nro. DE CAPSULA              | LIMITE LIQUIDO |       |       | LIMITE PLASTICO |       |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
|                              | 23             | 30    | 33    | 20              | 21    |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A) | 68.27          | 66.53 | 65.03 | 39.11           | 41.19 |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)   | 60.57          | 58.85 | 57.58 | 37.89           | 39.57 |
| PESO DE LA TARA              | 31.00          | 30.97 | 31.19 | 31.91           | 31.23 |
| PESO DEL AGUA (A-B)          | 7.70           | 7.68  | 7.45  | 1.22            | 1.62  |
| PESO SUELO SECO (B-C)        | 29.57          | 27.88 | 26.39 | 5.98            | 8.34  |
| HUMEDAD (W)=(A-B)/(B-C)*100  | 26.04          | 27.55 | 28.23 | 20.40           | 19.42 |
| Nro. DE GOLPES               | 35             | 25    | 15    |                 |       |

|                |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|
| LIMITE LIQUIDO | LIMITE PLASTICO | INDICE PLASTICO |
| 27.27%         | 19.91%          | 7.36%           |



**Ábaco de Casagrande**



**OBSERVACIONES:** Gravas arcillosa de color marron claro de baja plasticidad, presenta limite liquido de 27.27% e índice de plasticidad de 7.36%

**Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46895

**Fitzgerald Yourij Incatitio Matamoros**  
 DNI: 48249326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



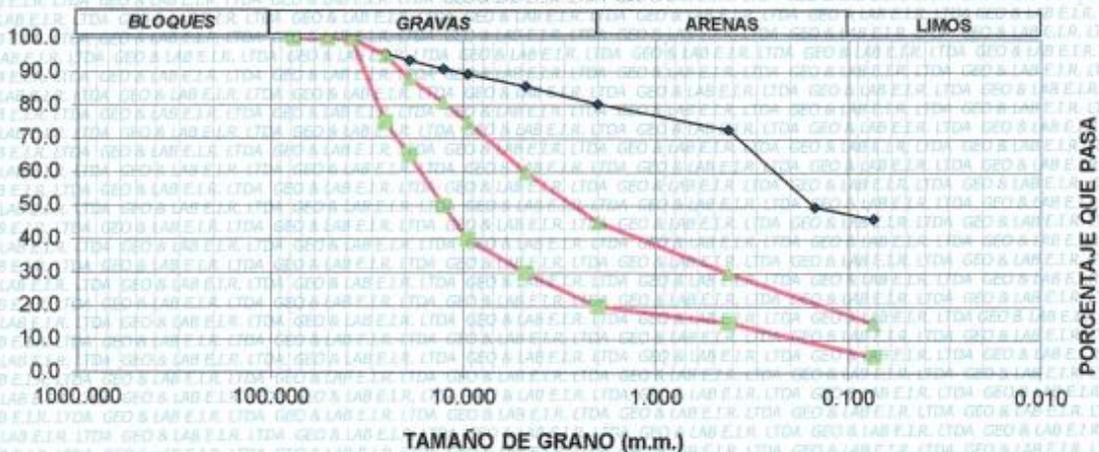
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422/ AASHTO T-88/ MTC E-107

|                     |  |                     |   |
|---------------------|--|---------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                     |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca   | <b>RESP. LAB.:</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza            |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rulo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fitzgerald Younj/Incafitto Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro  | <b>FECHA DE M.:</b> | 15/06/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 6, Estrato 2 de 0.20 a 0.70 mtrs  | <b>FECHA DE A.:</b> | 22/06/2021                                |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulativo | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |                      |                |
|--------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------|------------------|---------------------------|----------------------|----------------|
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100              | 100                       | % GRAVA              | 14.13%         |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100              | 100                       | % ARENA              | 39.66%         |
| 2"           | 50.800         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100              | 100                       | FINOS                | 46.21%         |
| 1 1/2"       | 38.100         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     |                  |                           | Humedad natural:     | 10.32%         |
| 1"           | 25.400         | 135.00        | 4.47               | 4.47                   | 95.53      | 75               | 95                        | Limite Líquido       | 30.13%         |
| 3/4"         | 19.050         | 64.00         | 2.12               | 6.58                   | 93.41      |                  |                           | Limite Plástico      | 22.02%         |
| 1/2"         | 12.700         | 74.00         | 2.45               | 9.04                   | 90.96      |                  |                           | Índice Plástico      | 8.11%          |
| 3/8"         | 9.525          | 47.00         | 1.56               | 10.59                  | 89.41      | 40               | 75                        | Clasificación SUCS   | <b>SC</b>      |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |                    |                        |            |                  |                           | Clasificación AASHTO | <b>A-4 (2)</b> |
| N° 4         | 4.750          | 107.00        | 3.54               | 14.13                  | 85.87      | 30               | 60                        | DENS. MÁX. SECA      | 1.967          |
| N° 8         | 2.360          | 0.00          |                    |                        |            |                  |                           | H. ÓPTIMO            | 10.50          |
| N° 10        | 2.000          | 185.00        | 5.46               | 19.60                  | 80.40      | 20               | 45                        | PESO TOTAL           | 3021.00 gr     |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00               | 19.60                  |            |                  |                           | Peso Fracc. Lavado:  | 2594.00 gr     |
| N° 20        | 0.840          | 113.00        | 3.74               | 23.34                  | 76.66      | 17               | 37                        | D10                  | 0.57           |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00               | 23.34                  | 76.66      |                  |                           | D30                  | 0.18           |
| N° 40        | 0.420          | 119.00        | 3.94               | 27.28                  | 72.72      | 15               | 30                        | D60                  | 0.21           |
| N° 50        | 0.297          | 106.00        | 3.51               | 30.78                  | 69.22      |                  |                           | CC                   | 0.3            |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00               | 30.78                  | 69.22      |                  |                           | CU                   | 0.4            |
| N° 100       | 0.149          | 593.00        | 19.63              | 50.41                  | 49.59      |                  |                           | Índice de liquidez   |                |
| N° 200       | 0.074          | 102.00        | 3.38               | 53.79                  | 46.21      | 5                | 15                        |                      |                |
| PAN          |                | 1398.00       | 46.21              | 100.00                 | 0.00       |                  |                           |                      |                |
| TOTAL        |                |               |                    |                        |            |                  |                           |                      |                |
| % PERDIDA    |                |               |                    |                        |            |                  |                           |                      |                |

#### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES:** arenas arcillosas de color marron oscuro, como terreno de apoyo es bueno y tiene presencia de nivel freatico, presenta una clasificacion SUCS **SC** y clasificacion AASHTO de **A-4 (2)**



**Constantino Merma Mendoza**  
CIP: 46998

**Fitzgerald Younj/Incafitto Matamoros**  
DTN: 48248326  
TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



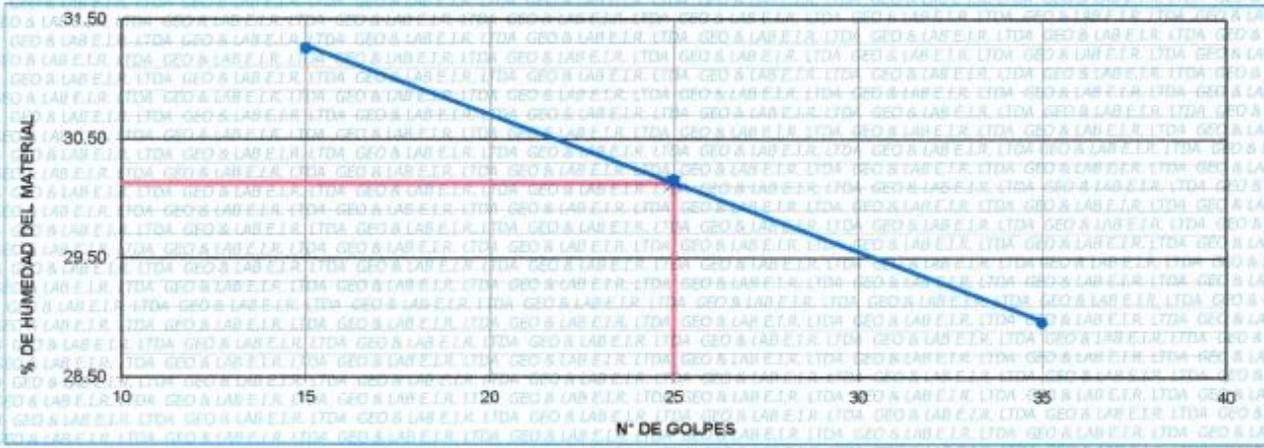
### LIMITES DE CONSISTENCIA

MÉTODO AASHTO T 89/90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107

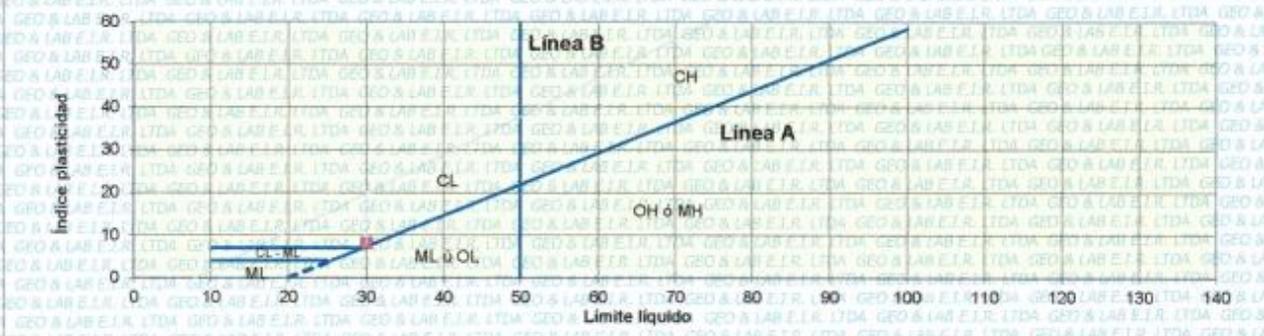
|                     |   |                     |   |
|---------------------|---|---------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR -CUSCO 2021" |                     |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.:</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza            |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Ruffo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fitzgerald Yourij Incañito Matamoros |
| <b>MATERIAL</b>     | Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro   | <b>FECHA DE M.:</b> | 15/06/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 6, Estrato 2 de 0.20 a 0.70 mtrs   | <b>FECHA DE A.:</b> | 22/06/2021                                |

| Nro. DE CAPSULA              | LIMITE LIQUIDO |       |       | LIMITE PLASTICO |       |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
|                              | 65             | 66    | 67    | 15              | 14    |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A) | 76.25          | 82.58 | 79.36 | 41.31           | 40.88 |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)   | 67.87          | 72.07 | 69.34 | 39.41           | 39.09 |
| PESO DE LA TARA              | 38.94          | 37.22 | 37.29 | 30.78           | 30.96 |
| PESO DEL AGUA (A-B)          | 8.38           | 10.51 | 10.02 | 1.90            | 1.79  |
| PESO SUELO SECO (B-C)        | 28.93          | 34.85 | 32.05 | 8.63            | 8.13  |
| HUMEDAD [W=(A-B)/(B-C)*100   | 28.97          | 30.16 | 31.26 | 22.02           | 22.02 |
| Nro. DE GOLPES               | 35             | 25    | 15    |                 |       |

|                |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|
| LIMITE LIQUIDO | LIMITE PLASTICO | INDICE PLASTICO |
| 30.13%         | 22.02%          | 8.11%           |



### Ábaco de Casagrande



**OBSERVACIONES:** arenas arcillosas de color marron oscuro de baja plasticidad, presenta limite liquido de 30.13% e indice de plasticidad de 8.11%

**Constantino Merma Mendoza**  
 CIP: 46898

**Fitzgerald Y. Incañito Matamoros**  
 DNI: 48288326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



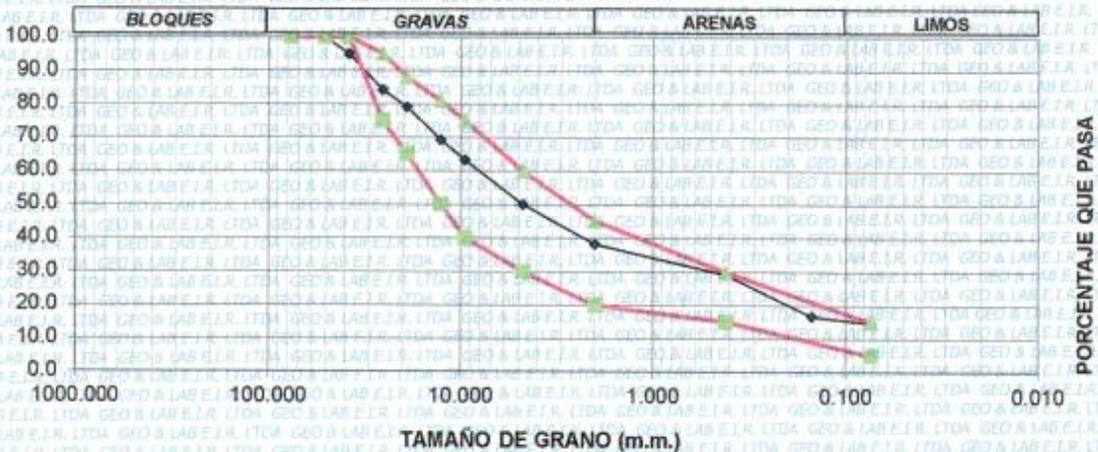
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ASTM D-422/ AASHTO T-88/ MTC E-107

|                     |   |                     |   |
|---------------------|---|---------------------|---|
| <b>PROYECTO:</b>    | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                     |   |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca   | <b>RESP. LAB.:</b>  | Ing Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>   | Tec. Fitzgerald Yourj Incaltito Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>   | Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro   | <b>FECHA DE M.:</b> | 15/06/2021                                |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 6, Estrato 3 de 0.70 a 1.20 mts  | <b>FECHA DE A.:</b> | 22/06/2021                                |

| Tamices ASTM | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulativo | % que Pasa | Especificaciones | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |                  |
|--------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------|------------------|---------------------------|------------------|
| 3"           | 76.200         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % GRAVA                   | 50.17%           |
| 2 1/2"       | 63.500         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | % ARENA                   | 35.23%           |
| 2"           | 50.800         | 0.00          | 0.00               | 0.00                   | 100.00     | 100 100          | FINOS                     | 14.60%           |
| 1 1/2"       | 38.100         | 203.00        | 5.16               | 5.16                   | 94.84      |                  | Humedad natural:          | 9.12%            |
| 1"           | 25.400         | 413.00        | 10.51              | 15.87                  | 84.33      | 75 95            | Limite Liquido            | 28.29%           |
| 3/4"         | 19.050         | 204.00        | 5.19               | 20.86                  | 79.14      |                  | Limite Plastico           | 22.71%           |
| 1/2"         | 12.700         | 391.00        | 9.95               | 30.81                  | 69.19      |                  | Indice Plastico           | 5.56%            |
| 3/8"         | 9.525          | 236.00        | 6.00               | 36.81                  | 63.19      | 40 75            | Clasificación SUCS        | <b>GM</b>        |
| 1/4"         | 6.350          | 0.00          |                    |                        |            |                  | Clasificación AASHTO      | <b>A-1-a (0)</b> |
| N° 4         | 4.750          | 525.00        | 13.36              | 50.17                  | 49.83      | 30 60            | DENS. MÁX. SECA           | 1.957            |
| N° 6         | 2.380          | 0.00          |                    |                        |            |                  | H. ÓPTIMO                 | 10.50            |
| N° 10        | 2.000          | 456.00        | 11.60              | 61.77                  | 38.23      | 20 45            | PESO TOTAL                | 3931.00 gr       |
| N° 16        | 1.190          | 0.00          | 0.00               | 61.77                  |            |                  | Peso Fracc. Lavado:       | 1989.00 gr       |
| N° 20        | 0.840          | 188.00        | 4.78               | 66.55                  | 33.45      | 17 37            | D10                       | 0.17             |
| N° 30        | 0.590          | 0.00          | 0.00               | 66.55                  | 33.45      |                  | D30                       | 0.47             |
| N° 40        | 0.420          | 164.00        | 4.17               | 70.72                  | 29.28      | 15 30            | D60                       | 8.07             |
| N° 50        | 0.297          | 137.00        | 3.49               | 74.21                  | 25.79      |                  | CC                        | 0.2              |
| N° 60        | 0.250          | 0.00          | 0.00               | 74.21                  | 25.79      |                  | CU                        | 48.0             |
| N° 100       | 0.149          | 356.00        | 9.06               | 83.26                  | 16.74      |                  | Indice de liquidez        |                  |
| N° 200       | 0.074          | 84.00         | 2.14               | 85.40                  | 14.60      | 5 15             |                           |                  |
| PAN          |                | 574.00        | 14.60              | 100.00                 | 0.00       |                  |                           |                  |
| TOTAL        |                |               |                    |                        |            |                  |                           |                  |
| % PERDIDA    |                |               |                    |                        |            |                  |                           |                  |

#### MALLAS ESTANDAR



**OBSERVACIONES:** Gravas limosas; limos de color marron claro, como terreno de apoyo es bueno y tiene presencia de nivel freatico, presenta una clasificacion SUCS GM y clasificacion AASHTO de A-1-a (0)



LABORATORIO MECÁNICA DE  
 SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
**Constantino Merma Mendoza**  
 C.I.P.: 46395



**Fitzgerald y Incaltito Matamoros**  
 DNI: 46248326  
 TÉCNICO LABORATORIO MECÁNICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



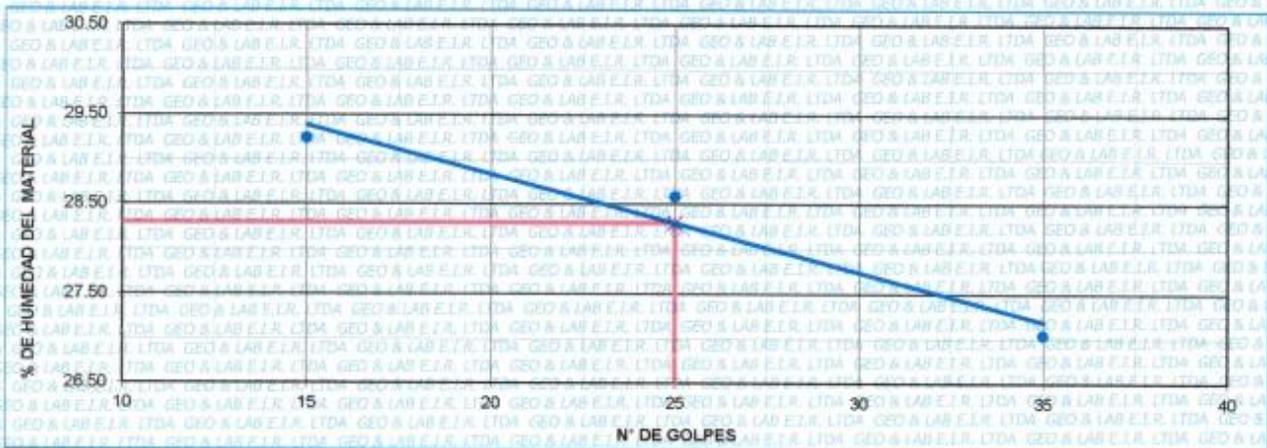
### LIMITES DE CONSISTENCIA

MÉTODO AASHTO T 89/90 Y ASTM D-423/424/ MTC E-107

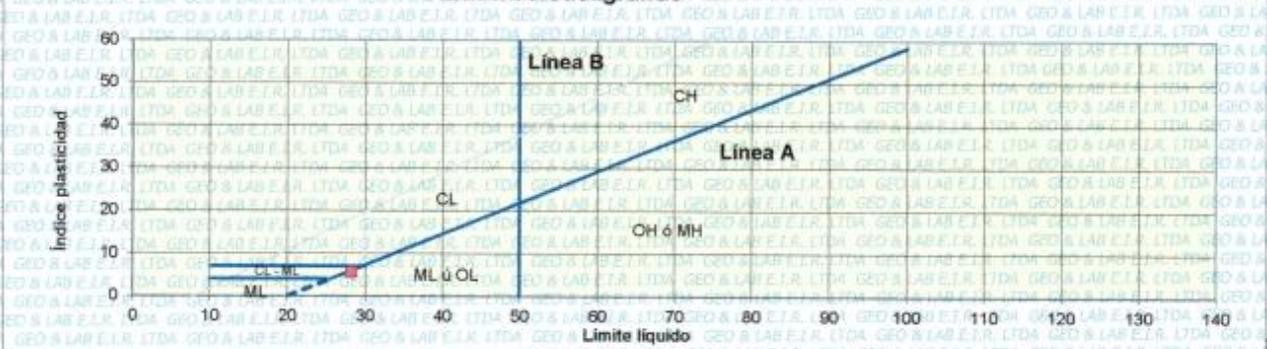
|                     |  |                    |  |
|---------------------|--|--------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>    | "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021" |                    |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Centro poblado de Tarucuyo - Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing. Constantino Merma Mendoza             |
| <b>SOLICITA :</b>   | Tesista Bach. Ruffo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fitzgerald Yourij Incattito Matamoros |
| <b>MATERIAL</b>     | Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro  | <b>FECHA DE M:</b> | 15/06/2021                                 |
| <b>DESCRIPCION:</b> | Calicata 6, Estrato 3 de 0,70 a 1,20 mtrs  | <b>FECHA DE A:</b> | 22/06/2021                                 |

| Nro. DE CAPSULA              | LIMITE LIQUIDO |       |       | LIMITE PLASTICO |       |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
|                              | 25             | 43    | 45    | 9               | 17    |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (A) | 73.62          | 75.14 | 73.25 | 39.42           | 40.30 |
| PESO TARA + SUELO SECO (B)   | 64.57          | 65.35 | 63.73 | 37.81           | 38.68 |
| PESO DE LA TARA              | 31.11          | 31.10 | 31.17 | 31.10           | 31.12 |
| PESO DEL AGUA (A-B)          | 9.05           | 9.79  | 9.52  | 1.61            | 1.62  |
| PESO SUELO SECO (B-C)        | 33.46          | 34.25 | 32.56 | 6.71            | 7.56  |
| HUMEDAD [W=(A-B)/(B-C)*100]  | 27.05          | 28.58 | 29.24 | 23.99           | 21.43 |
| Nro. DE GOLPES               | 35             | 25    | 15    |                 |       |

|                |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|
| LIMITE LIQUIDO | LIMITE PLASTICO | INDICE PLASTICO |
| 28.29%         | 22.71%          | 5.58%           |



**Ábaco de Casagrande**



**OBSERVACIONES:** Gravas limosas de color marron claro de baja plasticidad, presenta limite liquido de 28.29% e indice de plasticidad de 5.58%



Ing. Constantino Merma Mendoza  
CIP: 46898

Fitzgerald Y. Incattito Matamoros  
DNI: 48248326  
TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PROCTOR MODIFICADO

|  |   |                    |  |
|--|---|--------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b> "DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR -CUSCO 2021" |   |                    |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca                        | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing Constantino Merma Merdoza              |
| <b>SOLICITA :</b>  | Teesta Bach. Rufo Laguna Condori  | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec: Fitzgerald Yourij Incattito Matamoros |
| <b>MATERIAL :</b>  | Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro | <b>FECHA DE M:</b> | 15/06/2021                                 |
| <b>DESCRIPCION:</b>  | Calicata 6, Estrato 3 de 0.70 a 1.20 mtrs                                     | <b>FECHA DE A:</b> | 22/06/2021                                 |

|                     |          |                        |             |                       |             |
|---------------------|----------|------------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| <b>COMPACTACION</b> | <b>M</b> | <b>VOL.MOLDE (cm3)</b> | <b>2120</b> | <b>PESO MOLDE(gr)</b> | <b>6096</b> |
|---------------------|----------|------------------------|-------------|-----------------------|-------------|

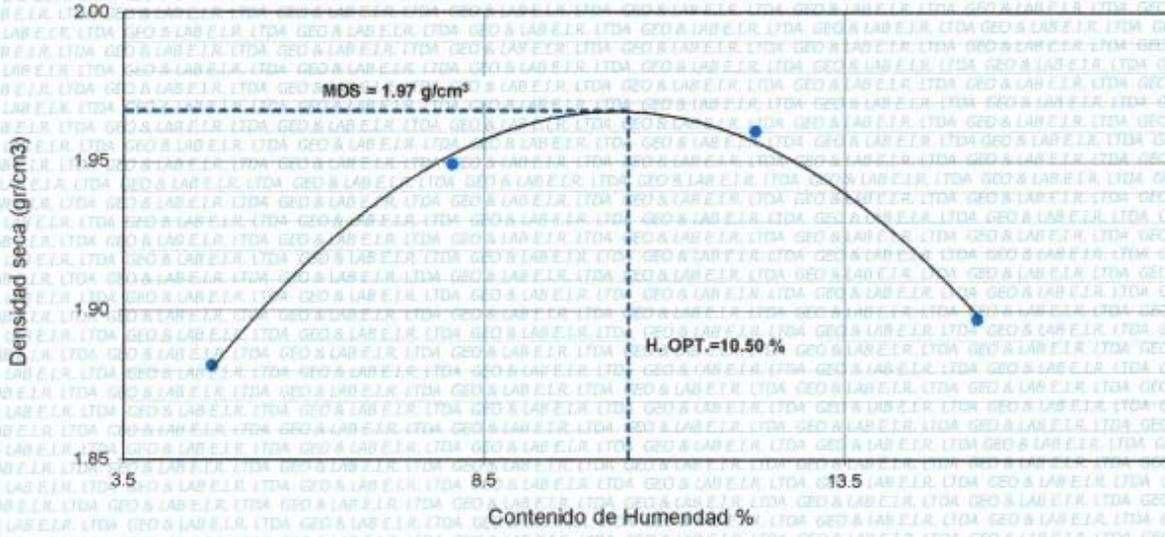
#### ENSAYO DE COMPACTACION

| NÚMERO DE ENSAYOS                   | 1     | 2     | 3     | 4     |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| <b>PESO SUELO + MOLDE</b>           | 10272 | 10560 | 10760 | 10734 |
| <b>PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO</b> | 4177  | 4465  | 4665  | 4639  |
| <b>PESO VOLUMETRICO HUMEDO</b>      | 1.970 | 2.106 | 2.200 | 2.188 |
| <b>PESO VOLUMETRICO SECO</b>        | 1.882 | 1.949 | 1.960 | 1.897 |

| N° DE RECIPIENTE               | 51     | 52     | 49     | 61     | 56     | 58     | 59     | 70     |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>PESO SUELO HUMEDO +TARA</b> | 117.34 | 139.12 | 127.34 | 126.48 | 143.39 | 126.66 | 138.20 | 122.06 |
| <b>PESO SUELOS SECO + TARA</b> | 113.74 | 134.01 | 120.62 | 119.36 | 131.99 | 116.30 | 124.78 | 110.83 |
| <b>PESO DE LA TARA</b>         | 37.30  | 37.22  | 37.20  | 37.21  | 38.98  | 37.27  | 37.30  | 37.31  |
| <b>PESO DE AGUA</b>            | 3.60   | 5.11   | 6.72   | 7.12   | 11.40  | 10.36  | 13.42  | 11.23  |
| <b>PESO DE SUELO SECO</b>      | 76.44  | 96.79  | 83.42  | 82.15  | 93.01  | 79.03  | 87.48  | 73.52  |
| <b>CONTENIDO DE AGUA</b>       | 4.71   | 5.28   | 8.06   | 8.67   | 12.26  | 13.11  | 15.34  | 15.27  |

|                              |             |                        |       |
|------------------------------|-------------|------------------------|-------|
| <b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b> | 1.97 gr/cc. | <b>HUMEDAD OPTIMA:</b> | 10.50 |
|------------------------------|-------------|------------------------|-------|



**OBSERVACIONES:** El material de la Comunidad de Uyurmirre del Distrito de Pichigua según ensayo de proctor modificaco presenta un resultado que a continuacion se detalla la densidad maxima de 2.00 gr/cm<sup>2</sup> y homedad Optima de 11.53%.

Ing. Constantino Merma Merdoza  
 CIP.: 46898

Fitzgerald Y. Incattito Matamoros  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS



# GEO & LAB E.I.R.L

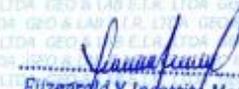
## Geología, Laboratorio Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos



### PESO ESPECÍFICO

|                           |   |                    |  |
|---------------------------|---|--------------------|--|
| <b>PROYECTO:</b>          | <b>"DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA, DISTRITO DE COPORAQUE - ESPINAR - CUSCO 2021"</b> |                    |  |
| <b>UBICACIÓN:</b>         | Centro poblado de Tarucuyo -Centro Poblado Tahuapalcca  | <b>RESP. LAB.</b>  | Ing Constantino Merma Mendoza            |
| <b>SOLICITA :</b>         | Tesista Bach. Rufo Laguna Condori   | <b>TEC. LAB.:</b>  | Tec. Fijzerakd Younj Incañillo Matamoros |
| <b>MATERIAL</b>           | Gravas limosas mezcla de grava arenas, limos y arcillas de color marron claro   | <b>FECHA DE M:</b> | 15/06/2021                               |
| <b>DESCRIPCION:</b>       | Calicata 6. Estrato 3 de 0.70 a 1.20 mtrs   | <b>FECHA DE A:</b> | 22/06/2021                               |
| <b>ENSAYO:</b>            | <b>PESO ESPECIFICO Y ABSORCION</b>  |                    |  |
|                           | <b>MUESTRA:</b>   | <b>AGR. GRUESO</b> |  |
| <b>01 DESCRIPCION</b>     |   | <b>DATOS</b>       | <b>RESULTADO</b>                         |
| <b>02</b>                 | Peso de Canastilla  | 45.00              |  |
| <b>03</b>                 | Peso Agregado al aire + canastilla  | 1,211.20           |  |
| <b>04</b>                 | Peso Sumergido + canastilla   | 841.70             |  |
| <b>05</b>                 | Peso Superficialmente Seco al Aire+ canastilla  | 1,383.80           |  |
| <b>06</b>                 | Peso Seco AL horno+canastilla   | 1,347.00           |  |
| <b>07 PESO ESPECIFICO</b> |   |                    | 2.47                                     |
| <b>ABSORCION</b>          |   |                    | 2.73%                                    |

  
**Ing. Constantino Merma Mendoza**  
 C.R.F.: 46898

  
**Fijzerakd Y. Incañillo Matamoros**  
 DNI: 48248326  
 TECNICO LABORATORIO MECANICO DE SUELOS

**ANEXO 6: ESTUDIO DE TRAFICO VEHICULAR.**

# ESTUDIO DE TRAFICO VEHICULAR CARRETERA TARUCUYO- TAHUAPALCCA

**TESIS: DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRTERA TARUCUYO- TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE, ESPINAR 2021.**

## **Estudio de tráfico vehicular**

### **Generalidades**

Este estudio nos permite recabar información real mediante estaciones de conteo, acción que se realiza durante una semana con la ayuda de formatos de clasificación vehicular. Estos datos brindan soporte a la hora de la toma de decisiones para el diseño del proyecto.

### **Ubicación**

Se analizó minuciosamente el lugar donde se determinará la estación C-1, C-2 y C-3 (estaciones de conteo) en cual se tomó la vía con mayor índice de tránsito de vehículos, esta estación se ubicó entre los centros poblados de Tarucuyo - Tahuapalcca del Distrito de Coporaque, Espinar Cusco.

## **II. Objetivo del tráfico vehicular**

Con el estudio de tráfico vehicular se llegó a determinar el IMD de las vías en los centros poblados de Tarucuyo -Tahupalcca, para luego establecer el Índice Medio Diario Anual (IMDA).

## **III. Procesos para el trabajo de campo**

El estudio de tráfico realizado fue hecho entre las calles Jr. Unión con intersección del Jr. 7 de junio, debido a la transitibilidad mayor de los vehículos por estas rutas para el desplazamiento del distrito a provincias fuera de la localidad de Canayre, las tres vías usadas con Jr. 7 de junio, Jr. Ejército y Jr. Vista Alegre y estas tres calles convergen en este punto y se tuvo un conteo real de los vehículos que se desplazan en la localidad de Canayre.

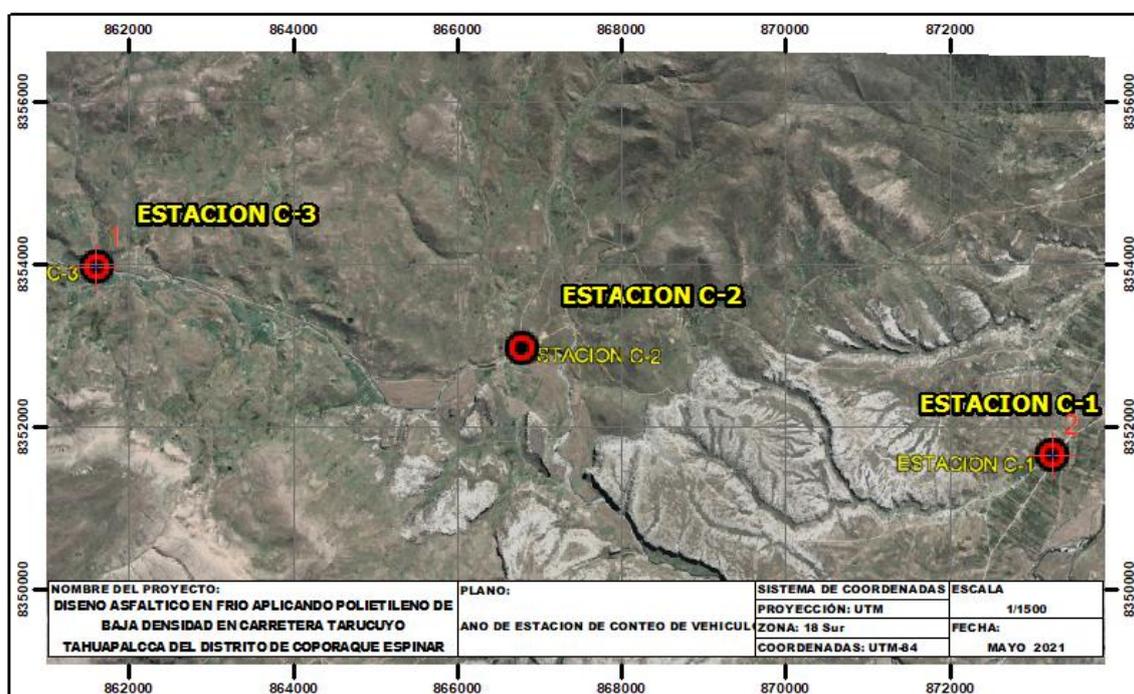
### **Conteo**

Antes de proceder con el conteo vehicular se llevó a cabo un reconocimiento de la estación c-1, c-2 y c-3 para tener la continuidad del tránsito vehicular y situarnos en los puntos estratégicos. Se estableció realizar el conteo por 3 días consecutivos empezando desde el jueves 24 de septiembre y culminando el miércoles 30 de septiembre del 2020, así mismo el horario en el que se tomó los datos fue desde las 7am hasta las 7pm día por día.

**Tabla 1**  
*Días de Evaluación de Conteo Vehicular*

| <b>Días</b> | <b>Hora</b>             |
|-------------|-------------------------|
| 10/05/2021  | 8:00 a. m. - 5:00 p. m. |
| 11/05/2021  | 8:00 a. m. - 5:00 p. m. |
| 12/05/2021  | 8:00 a. m. - 5:00 p. m. |
| 13/05/2021  | 8:00 a. m. - 5:00 p. m. |
| 14/05/2021  | 8:00 a. m. - 5:00 p. m. |
| 15/05/2021  | 8:00 a. m. - 5:00 p. m. |
| 16/05/2021  | 8:00 a. m. - 5:00 p. m. |

Fuente. Elaboración propia



**Figura 1** *Ubicación de la Estación de Conteo y Clasificación Vehicular*

Fuente. Elaboración propia, tomado de Google Maps, 2020.

### **Metodología del conteo de tráfico**

Determinando ya los aforos vehiculares en el área de proyecto de investigación, se procedió a efectuar trabajos de gabinete para el análisis de los resultados y así

obtener como producto final el Índice Medio Diario Anual (IMDA). Los requisitos claves para la elaboración del estudio fueron:

- Compilación de la información en campo.
- Procesamiento de la información obtenida.

## Resultados del conteo vehicular

### • Estación: C-1

En la estación C-1 se realizó el conteo vehicular por 2 días consecutivos desde el lunes 10 de mayo al martes 11 de mayo del 2021, no se consideró el día domingo por la inmovilización que proclama el decreto supremo, de estos días se obtuvo como resultado el IMD que se muestra en el resumen.

**Tabla 2**  
*Resumen de Conteo Vehicular en la Estación C-1*

| Sent.      | VEHICULOS LIGEROS |          |          | BUS      |          |          | CAMIONES UNITARIOS |           | TOTAL | % |
|------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------------|-----------|-------|---|
|            | Moto-Autos        | Pick up  | C. Rural | 2E       | 3E       | 2E       | 3E                 |           |       |   |
| E          | 33                | 3        | 7        | 2        | 0        | 9        | 0                  | 54        | 48.2% |   |
| S          | 45                | 6        | 3        | 2        | 0        | 2        | 0                  | 58        | 51.8% |   |
| TOTAL      | 78                | 9        | 10       | 4        | 0        | 11       | 0                  | 112       |       |   |
| %          | 69.64%            | 8.04%    | 8.93%    | 3.57%    | 0.00%    | 9.82%    | 0.00%              | 100.00%   |       |   |
| IMD        | 39                | 4.5      | 5        | 2        | 0        | 5.5      | 0                  | 56        |       |   |
| K          | 1                 | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                  |           |       |   |
| IMD        | 39                | 4.5      | 5        | 2        | 0        | 5.5      | 0                  | 56        |       |   |
| <b>IMD</b> | <b>39</b>         | <b>5</b> | <b>5</b> | <b>2</b> | <b>0</b> | <b>6</b> | <b>0</b>           | <b>57</b> |       |   |

**Fuente:** Elaboración Propia



**Figura 2** Estación N° 01 Estudio de Tráfico 1er Día



**Figura 3** Estación N° 01 Estudio de Tráfico 2do Día.

• **Estación: C-2**

En la estación C-2 se realizó el conteo vehicular por 2 días consecutivos desde el miércoles 12 de mayo al jueves 13 de mayo del 2021, de estos días se obtuvo como resultado el siguiente cuadro de IMD.

**Tabla 3**  
*Resumen de Conteo Vehicular en la Estación C-2*

| Sent.      | VEHICULOS LIGEROS |          |          |          | BUS      |          |          | CAMIONES UNITARIOS |       |
|------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------------|-------|
|            | Moto-Autos        | Pick up  | C. Rural | 2E       | 3E       | 2E       | 3E       | TOTAL              | %     |
| E          | 29                | 5        | 2        | 1        | 0        | 4        | 3        | 45                 | 41.3% |
| S          | 41                | 5        | 3        | 2        | 1        | 5        | 2        | 64                 | 58.7% |
| TOTAL      | 70                | 10       | 5        | 3        | 1        | 9        | 5        | 109                |       |
| %          | 64.22%            | 9.17%    | 4.59%    | 2.75%    | 0.92%    | 8.26%    | 4.59%    | 100.00%            |       |
| IMD        | 35                | 5        | 2.5      | 1.5      | 0.5      | 4.5      | 2.5      | 54.5               |       |
| K          | 1                 | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        |                    |       |
| IMD        | 35                | 5        | 2.5      | 1.5      | 0.5      | 4.5      | 2.5      | 54.5               |       |
| <b>IMD</b> | <b>35</b>         | <b>5</b> | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>1</b> | <b>5</b> | <b>3</b> | <b>58</b>          |       |

Fuente. Elaboración Propia



**Figura 4** Estación N° 02 Estudio de Tráfico 1er Día.



**Figura 5** Estación N° 02 Estudio de Tráfico 2do Día

• **Estación: C-3**

En la estación C-3 se realizó el conteo vehicular por 2 días consecutivos desde el viernes 14 de mayo al sábado 15 de mayo del 2021, de estos días se obtuvo el IMD.

**Tabla 4**  
Resumen de Conteo Vehicular en la Estación C-3

| Sent.      | VEHICULOS LIGEROS |          |          | BUS      |          |          | CAMIONES UNITARIOS |           | TOTAL | % |
|------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------------|-----------|-------|---|
|            | Moto-Autos        | Pick up  | C. Rural | 2E       | 3E       | 2E       | 3E                 |           |       |   |
| E          | 37                | 1        | 2        | 2        | 0        | 0        | 0                  | 43        | 48.3% |   |
| S          | 37                | 3        | 2        | 2        | 0        | 2        | 0                  | 46        | 51.7% |   |
| TOTAL      | 74                | 4        | 4        | 4        | 0        | 2        | 0                  | 89        |       |   |
| %          | 83.15%            | 4.49%    | 4.49%    | 4.49%    | 0.00%    | 2.25%    | 0.00%              | 100.00%   |       |   |
| IMD        | 37                | 2        | 2        | 2        | 0        | 1        | 0                  | 44.5      |       |   |
| K          | 1                 | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                  |           |       |   |
| IMD        | 37                | 2        | 2        | 2        | 0        | 1        | 0                  | 44.5      |       |   |
| <b>IMD</b> | <b>37</b>         | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>0</b> | <b>1</b> | <b>0</b>           | <b>45</b> |       |   |

**Fuente:** Elaboración Propia



**Figura 6** Estación N° 03 Estudio de Tráfico 1er Día



Figura 7 Estación N° 03 Estudio de Tráfico 2do Día.

### Cálculo del Índice Medio Diario

El cálculo del IMD viene a ser el número total de los vehículos dividido entre el número de días del periodo

Tabla 5

IDMs

| Sent.        | VEHICULOS LIGEROS |           |           |           | BUS      |           | CAMIONES UNITARIOS |            | TOTAL | % |
|--------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|--------------------|------------|-------|---|
|              | Moto-Autos        | Pick up   | C. Rural  | 2E        | 3E       | 2E        | 3E                 |            |       |   |
| E            | 99                | 9         | 11        | 5         | 0        | 13        | 3                  | 141        | 45.8% |   |
| S            | 123               | 14        | 8         | 6         | 1        | 9         | 2                  | 167        | 54.2% |   |
| <b>TOTAL</b> | <b>222</b>        | <b>23</b> | <b>19</b> | <b>11</b> | <b>1</b> | <b>22</b> | <b>5</b>           | <b>308</b> |       |   |
| %            | 72.08%            | 7.47%     | 6.17%     | 3.57%     | 0.32%    | 7.14%     | 1.62%              | 100.00%    |       |   |
| IMD          | 37                | 3.83      | 3.17      | 1.83      | 0.17     | 3.67      | 0.83               | 51.33      |       |   |
| K            | 1                 | 1         | 1         | 1         | 1        | 1         | 1                  |            |       |   |
| IMD          | 37.0              | 3.8       | 3.2       | 1.8       | 0.2      | 3.7       | 0.8                | 51.3       |       |   |
| <b>IMD</b>   | <b>37</b>         | <b>4</b>  | <b>3</b>  | <b>2</b>  | <b>0</b> | <b>4</b>  | <b>1</b>           | <b>52</b>  |       |   |

Fuente. Elaboración Propia

### Índice Medio Anual (IMDA)

El índice se llegó a determinar multiplicando el promedio del tráfico semanal por el factor de corrección indicado obtenido del Ministerio de Transporte y Comunicaciones; en el caso de vehículos ligeros el factor es igual a 0.90781 y para vehículos pesados e igual a 0.98398. El IMDA es de 52 vehículos donde 44 son vehículos ligeros que corresponde al 84.6% y 7 son vehículos pesados y corresponden al 15.4%

**Tabla 6**

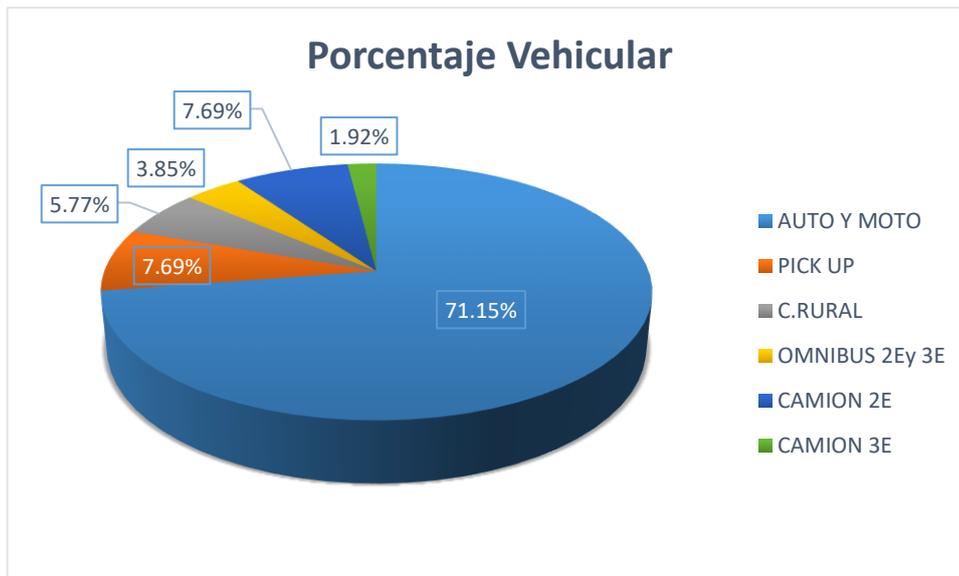
*Índice Media Anual (IMDA)*

| <b>TIPOS DE VEHICULOS</b> | <b>IMDa</b> | <b>DISTRIB. %</b> |
|---------------------------|-------------|-------------------|
| AUTO Y MOTO               | 37          | 71.15%            |
| STATON                    |             |                   |
| WAGON                     | 0           | 0.00%             |
| PICK UP                   | 4           | 7.69%             |
| PANEL                     | 0           | 0.00%             |
| C.RURAL                   | 3           | 5.77%             |
| MICRO                     | 0           | 0.00%             |
| OMNIBUS 2Ey               |             |                   |
| 3E                        | 2           | 3.85%             |
| CAMION 2E                 | 4           | 7.69%             |
| CAMION 3E                 | 1           | 1.92%             |
| CAMION 4E                 | 0           | 0.00%             |
| SEMI TRAYLER              | 0           | 0.00%             |
| TRAYLER                   | 0           | 0.00%             |
| <b>TOTAL IMD</b>          | <b>52</b>   | <b>100.00%</b>    |

Fuente. Elaboración Propia

### **Clasificación Vehicular Promedio**

A partir de los resultados obtenidos de campo se pasó a determinar la composición vehicular de la muestra en base a porcentaje.

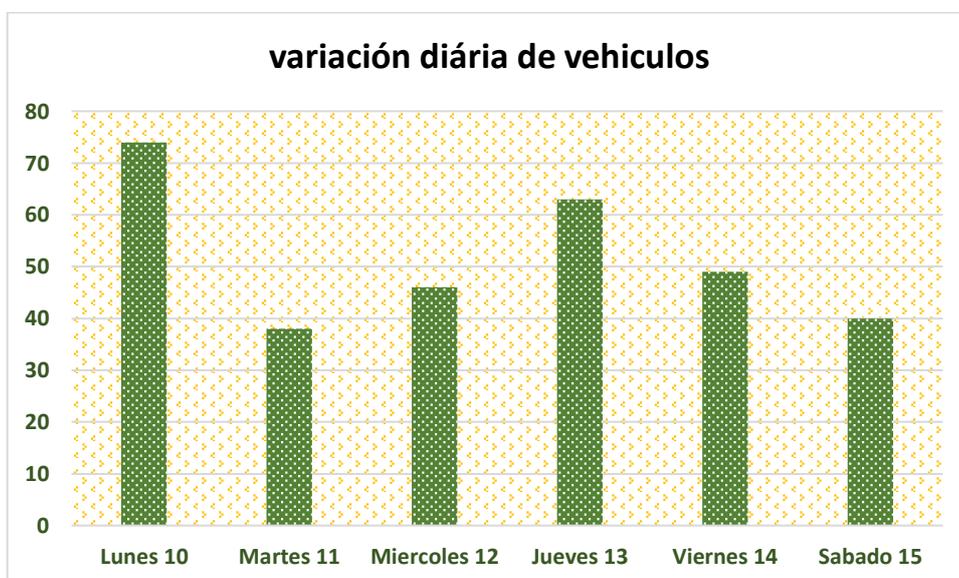


**Figura 8** Gráfico de Composición del Tráfico.

**Fuente:** Elaboración propia.

### Variación diaria

A través de la variación diaria podremos observar el mayor y menor volumen de tráfico por día, en este caso el mayor número de volumen de tráfico se originó el día jueves, lunes y miércoles con 69 vehículos y el menor se originó el día viernes con 51 vehículos. Los resultados se muestran en la figura 16.



**Figura 9** Gráfico de Variación Diaria de Vehículos Ligeros y Pesados.

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Proyecciones de tránsito futuro**

Para poder determinar las proyecciones de tránsito futuro fue necesario ante todo establecer el periodo de proyección del tráfico el cual está en función de la vida útil del pavimento, así como la tasa de crecimiento las cuales están en función de crecimientos demográficos y macroeconómicos.

### **Vida útil del Pavimento**

Para el siguiente estudio se consideró un periodo de diseño de 15 años del pavimento como vida útil.

### **Volumen del tránsito Proyectado**

El volumen del tránsito futuro proyectado es igual al tránsito actual (TA) más el incremento del tránsito (IT).

$$VT = TA + IT$$

El incremento del tránsito se compone del crecimiento Normal del Tránsito (CNT)

$$CNT = ((1 + i)^n - 1)$$











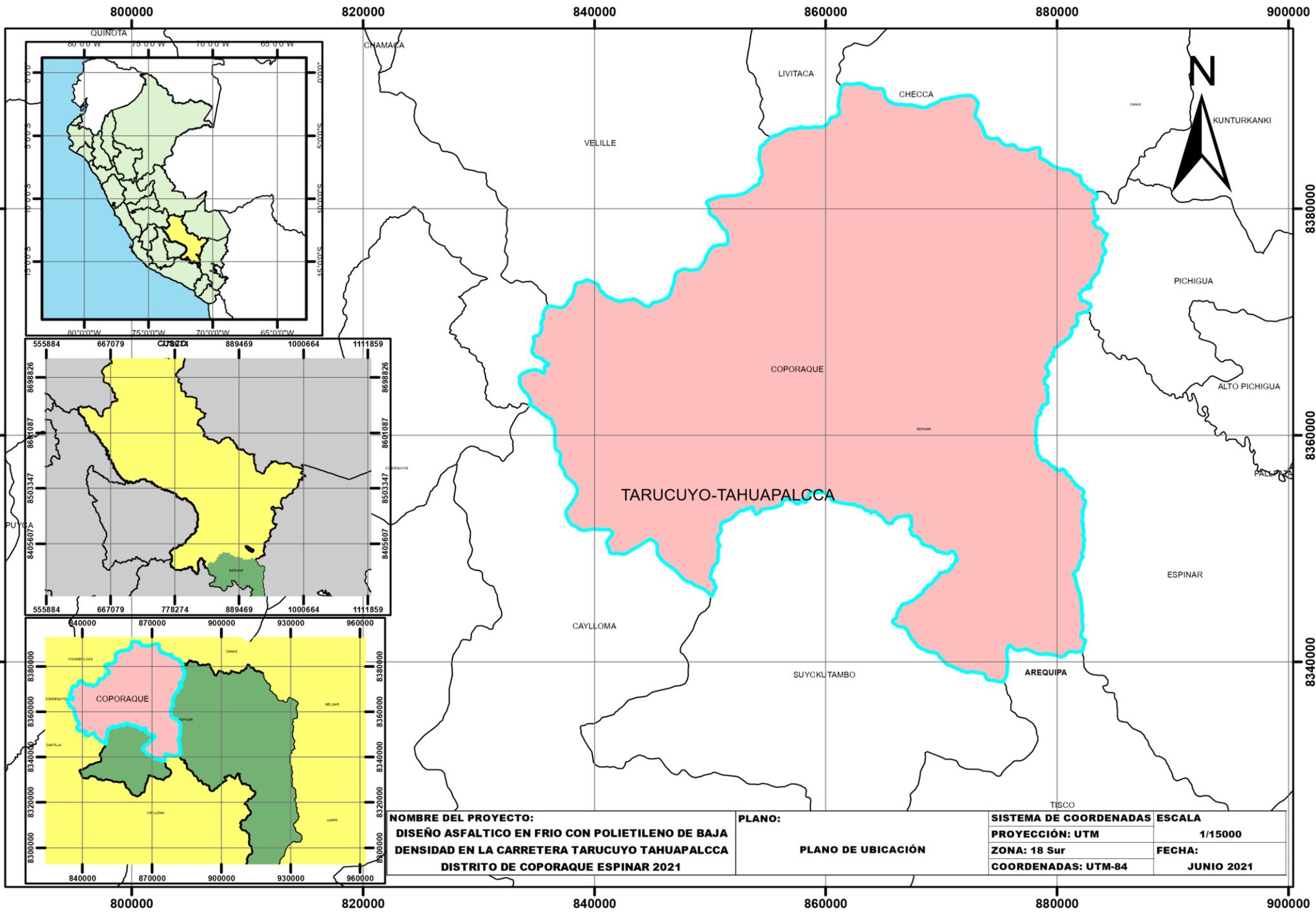


**ANEXO 7: PLANOS CARRETERA TARUCUYO - TAHUAPALCCA.**

# PLANOS

## CARRETERA TARUCUYO- TAHUAPALCCA

**TESIS: DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRTERA TARUCUYO- TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE, ESPINAR 2021.**



**NOMBRE DEL PROYECTO:**  
**DISEÑO ASFALTICO EN FRIO CON POLIETILENO DE BAJA**  
**DENSIDAD EN LA CARRETERA TARUCUYO TAHUAPALCCA**  
**DISTRITO DE COPORAQUE ESPINAR 2021**

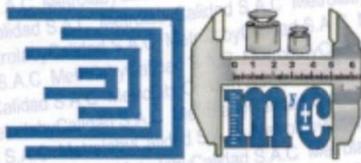
**PLANO:**  
**PLANO DE UBICACIÓN**

**SISTEMA DE COORDENADAS**  
**PROYECCIÓN: UTM**  
**ZONA: 18 Sur**  
**COORDENADAS: UTM-84**

**ESCALA**  
**1/15000**  
**FECHA:**  
**JUNIO 2021**

**CERTIFICADOS**  
**LABORATORIO DE SUELOS GEO&LAB**

**TESIS: DISEÑO ASFALTICO EN FRIO APLICANDO POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN LA CARRTERA TARUCUYO- TAHUAPALCCA DEL DISTRITO DE COPORAQUE, ESPINAR 2021.**



# METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Laboratorio de Metrología - Servicio con Tecnología y Calidad

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 210- LL -2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Dirección** : CALLE TEATRO S/N ESPINAR  
**Equipo** : MARTILLO PROCTOR MODIFICADO  
**Marca (o Fabricante)** : TAMIEQUIPOS LTDA  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : NO INDICA  
**Procedencia** : COLOMBIANA  
**Código Interno** : S/N  
**Ubicación de Equipo** : Laboratorio del Cliente - Distrito de Espinar  
**Lugar de Calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Fecha de Calibración** : 20/02/2021

**Método de Calibración**

La calibración se realizo por comparación directa utilizando como referencia la Norma Tecnica ASTM D1557 Compactacion de Suelos Utilizando una Energia Modificada (56000 pie-lb/pie<sup>3</sup> [2700 kN-m/m<sup>3</sup> ])

**Trazabilidad**

Se utilizaron patrones con trazabilidad al SI, acreditados por INACAL-SNM-INDECOPI, Registro Nº L-0450-2019 T - 1733-2018, expediente METROIL - INACAL: Nº 76280-2019

**Condiciones Ambientales**

|                              |         |                                   |          |
|------------------------------|---------|-----------------------------------|----------|
| <b>Temperatura Promedio:</b> | 15,4 °C | <b>Humedad Relativa Promedio:</b> | 44.3 HR% |
|------------------------------|---------|-----------------------------------|----------|

**Resultado de Medición**

| Cara del Martillo Promedio mm | Altura de Caída Promedio mm | Incertidumbre de Medición mm | Masa de pión Promedio kg | Incertidumbre de Medición kg |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 50.77                         | 457.2                       | 2.4                          | 4.508                    | 0.01                         |

**Observación:**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %

Sello



Fecha de emisión

2021-02-22

Jefe de laboratorio de calibración

METROLAB Y CALIDAD S.A.

Verónica Luque Sulca  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

Dirección: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE Nº 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 230- LL -2021**

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Dirección** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designación del Tamiz** : 150  $\mu\text{m}$   
**Alternativa** : No. 100  
**Marca (o Fabricante)** : S/N  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : NO INDICA  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 8 \mu\text{m}$   
**Ubicación del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC  
**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Metodo de Calibración**

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

**Trazabilidad**

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

**Condiciones Ambientales**

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 16.2 °C  | 17 °C    |
| Humedad Relativa | 38.5 %HR | 39.5 %HR |

**Resultado de Medicion**

| Abertura del Tamiz      | Incertidumbre                             | Diametro del Alambre    | Incertidumbre                            |
|-------------------------|---|-------------------------|--|
| Abertura Promedio en X: | 151.3 $\mu\text{m}$ $\pm 3.3 \mu\text{m}$ | Diametro promedio en X: | 92.7 $\mu\text{m}$ $\pm 2.8 \mu\text{m}$ |
| Abertura Promedio en Y: | 157.3 $\mu\text{m}$ $\pm 2.9 \mu\text{m}$ | Diametro promedio en Y: | 99.6 $\mu\text{m}$ $\pm 2.9 \mu\text{m}$ |

**Observacion:**

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura k=2 para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello



Fecha de emision

2021-02-22

Jefe de laboratorio de calibracion

**METROLAB Y CALIDAD S.A.C.**

*Veronica Duque Sullca*  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

Dirección: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 229- LL -2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Dirección** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designación del Tamiz** : 250  $\mu\text{m}$   
**Alternativa** : No. 60  
**Marca (o Fabricante)** : ORION  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : NACIONAL  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 14 \mu\text{m}$   
**Ubicación del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 16.2 °C  | 16.2 °C  |
| Humedad Relativa | 40.2 %HR | 40.9 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz                          | Incertidumbre         | Diametro del Alambre                        | Incertidumbre         |
|---|-----------------------|---|-----------------------|
| Abertura Promedio en X: 249.8 $\mu\text{m}$ | $\pm 3.8 \mu\text{m}$ | Diametro promedio en X: 102.2 $\mu\text{m}$ | $\pm 3.9 \mu\text{m}$ |
| Abertura Promedio en Y: 251.0 $\mu\text{m}$ | $\pm 4.5 \mu\text{m}$ | Diametro promedio en Y: 102.2 $\mu\text{m}$ | $\pm 4.3 \mu\text{m}$ |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello



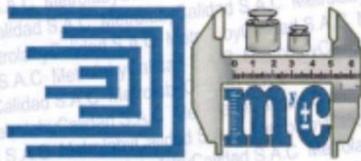
Fecha de emision

2021-02-22

Jefe de laboratorio de calibracion

METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Veronica Linque Sullea  
JEFE LABORATORIO



# METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Laboratorio de Metrología - Servicio con Tecnología y Calidad

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 226- LL -2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Dirección** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designación del Tamiz** : 600  $\mu\text{m}$   
**Alternativa** : No. 30  
**Marca (o Fabricante)** : LVA  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : NO INDICA  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 25 \mu\text{m}$   
**Ubicación del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 16.2 °C  | 16.9 °C  |
| Humedad Relativa | 40.0 %HR | 40.5 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz                          | Incertidumbre         | Diametro del Alambre                        | Incertidumbre         |
|---|-----------------------|---|-----------------------|
| Abertura Promedio en X: 610.0 $\mu\text{m}$ | $\pm 2.1 \mu\text{m}$ | Diametro promedio en X: 388.2 $\mu\text{m}$ | $\pm 2.1 \mu\text{m}$ |
| Abertura Promedio en Y: 595.7 $\mu\text{m}$ | $\pm 2.2 \mu\text{m}$ | Diametro promedio en Y: 391.3 $\mu\text{m}$ | $\pm 2.4 \mu\text{m}$ |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello



Fecha de emision

2021-02-22

Jefe de laboratorio de Calibracion

METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Verónica Luque Sullca  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

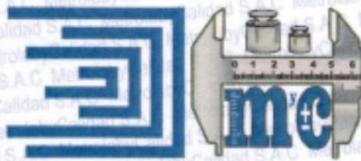
Dirección: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



# METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Laboratorio de Metrología - Servicio con Tecnología y Calidad

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 231- LL -2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Dirección** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designación del Tamiz** : 75  $\mu\text{m}$   
**Alternativa** : No. 200  
**Marca (o Fabricante)** : ENDECOTTS  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : 197445  
**Procedencia** : USA  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 5 \mu\text{m}$   
**Ubicación del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 15.5 °C  | 16.5 °C  |
| Humedad Relativa | 40.2 %HR | 41.1 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz                         | Incertidumbre         | Diametro del Alambre                       | Incertidumbre         |
|--|-----------------------|--|-----------------------|
| Abertura Promedio en X: 74.7 $\mu\text{m}$ | $\pm 2.2 \mu\text{m}$ | Diametro promedio en X: 47.7 $\mu\text{m}$ | $\pm 2.1 \mu\text{m}$ |
| Abertura Promedio en Y: 77.0 $\mu\text{m}$ | $\pm 1.9 \mu\text{m}$ | Diametro promedio en Y: 47.3 $\mu\text{m}$ | $\pm 1.8 \mu\text{m}$ |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

### Sello



Fecha de emision

2021-02-22

Jefe de laboratorio de calibracion

METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Veronica Luque Sullca  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

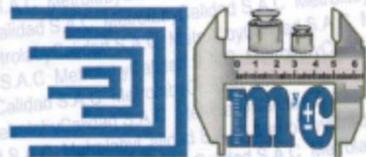
Dirección: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 228- LL -2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Direccion** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designacion del Tamiz** : 425 µm  
**Alternativa** : No. 40  
**Marca (o Fabricante)** : ENDECOTTS LTD.  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : 212704  
**Procedencia** : USA  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** : ± 19 µm  
**Ubicacion del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves"

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 16.7 °C  | 17.1 °C  |
| Humedad Relativa | 40.1 %HR | 41.9 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz               | Incertidumbre | Diametro del Alambre             | Incertidumbre |
|----------------------------------|---------------|----------------------------------|---------------|
| Abertura Promedio en X: 423.9 µm | ± 4.9 µm      | Diametro promedio en X: 291.8 µm | ± 5.4 µm      |
| Abertura Promedio en Y: 420.9 µm | ± 5.3 µm      | Diametro promedio en Y: 292.7 µm | ± 4.6 µm      |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura k=2 para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello



Fecha de emision

2021-02-22

Jefe de laboratorio de Calibracion

**METROLAB Y CALIDAD S.A.**  
*Veronica Enque Sullca*  
 JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

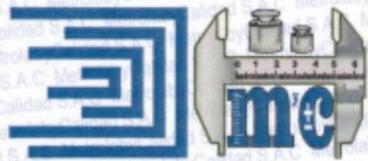
Direccion: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



# METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Laboratorio de Metrología - Servicio con Tecnología y Calidad

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 227- LL -2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Direccion** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designacion del Tamiz** : 425  $\mu\text{m}$   
**Alternativa** : No. 40  
**Marca (o Fabricante)** : LVA  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : NO INDICA  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 19 \mu\text{m}$   
**Ubicacion del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 16.9 °C  | 17.5 °C  |
| Humedad Relativa | 39.7 %HR | 40.1 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz                          | Incertidumbre         | Diametro del Alambre                        | Incertidumbre         |
|---|-----------------------|---|-----------------------|
| Abertura Promedio en X: 423.9 $\mu\text{m}$ | $\pm 4.9 \mu\text{m}$ | Diametro promedio en X: 291.8 $\mu\text{m}$ | $\pm 5.4 \mu\text{m}$ |
| Abertura Promedio en Y: 420.9 $\mu\text{m}$ | $\pm 5.3 \mu\text{m}$ | Diametro promedio en Y: 292.7 $\mu\text{m}$ | $\pm 4.6 \mu\text{m}$ |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

### Sello



### Fecha de emision

2021-02-22

### Jefe de laboratorio de Calibracion

METROLAB Y CALIDAD S.A.  
  
 Veronica Luque Sulca  
 JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

Direccion: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 225- LL -2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Direccion** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designacion del Tamiz** : 850  $\mu\text{m}$   
**Alternativa** : No. 20  
**Marca (o Fabricante)** : ORION  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : NACIONAL  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 35 \mu\text{m}$   
**Ubicacion del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 14.6 °C  | 14.9 °C  |
| Humedad Relativa | 39.8 %HR | 40.0 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz                          | Incertidumbre         | Diametro del Alambre                        | Incertidumbre         |
|---|-----------------------|---|-----------------------|
| Abertura Promedio en X: 855.1 $\mu\text{m}$ | $\pm 4.9 \mu\text{m}$ | Diametro promedio en X: 499.8 $\mu\text{m}$ | $\pm 4.9 \mu\text{m}$ |
| Abertura Promedio en Y: 851.5 $\mu\text{m}$ | $\pm 5.2 \mu\text{m}$ | Diametro promedio en Y: 495.7 $\mu\text{m}$ | $\pm 4.8 \mu\text{m}$ |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello



Fecha de emision

2021-02-22

Jefe de laboratorio de calibracion

METROLAB Y CALIDAD S.A.

Veronica Luque Sulca  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

Direccion: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 223-LL-2021**

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Direccion** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designacion del Tamiz** : 2 mm  
**Alternativa** : No. 10  
**Marca (o Fabricante)** : THE W.S. TYLER COMPANY  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : USA  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 0.07$  mm  
**Ubicacion del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC  
**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Metodo de Calibración**

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

**Trazabilidad**

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

**Condiciones Ambientales**

|                         | Inicial  | Final    |
|-------------------------|----------|----------|
| <b>Temperatura</b>      | 15.9 °C  | 16.3 °C  |
| <b>Humedad Relativa</b> | 40.1 %HR | 42.2 %HR |

**Resultado de Medicion**

| Abertura del Tamiz              | Incertidumbre | Diametro del Alambre            | Incertidumbre |
|---------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Abertura Promedio en X: 2.00 mm | $\pm 0.02$ mm | Diametro promedio en X: 0.84 mm | $\pm 0.01$ mm |
| Abertura Promedio en Y: 2.03 mm | $\pm 0.01$ mm | Diametro promedio en Y: 0.82 mm | $\pm 0.01$ mm |

**Observacion:**

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura k=2 para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

**Sello**



**Fecha de emision**

2021-02-22

**Jefe de laboratorio de calibracion**

**METROLAB Y CALIDAD S.A.C.**

*Veronica Luque Sulca*  
JEFE LABORATORIO



# METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Laboratorio de Metrología - Servicio con Tecnología y Calidad

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 222-LL-2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Dirección** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designación del Tamiz** : 2 mm  
**Alternativa** : No. 10  
**Marca (o Fabricante)** : ORION  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : NACIONAL  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 0.07$  mm  
**Ubicación del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves"

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 14.4 °C  | 16.7 °C  |
| Humedad Relativa | 39.9 %HR | 40.2 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz              | Incertidumbre | Diametro del Alambre            | Incertidumbre |
|---------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Abertura Promedio en X: 2.00 mm | $\pm 0.02$ mm | Diametro promedio en X: 0.84 mm | $\pm 0.01$ mm |
| Abertura Promedio en Y: 2.03 mm | $\pm 0.01$ mm | Diametro promedio en Y: 0.82 mm | $\pm 0.01$ mm |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello

Fecha de emision

Jefe de laboratorio de calibracion



2021-02-22

METROLAB Y CALIDAD S.A.

Veronica Luque Sulca  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

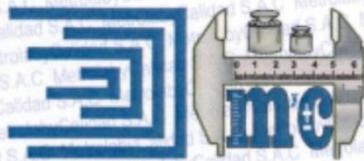
Dirección: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 219- LL -2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Direccion** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designacion del Tamiz** : 9.5 mm  
**Alternativa** : No. 3/8"  
**Marca (o Fabricante)** : HUMBOLDT MFG CO.  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : E11023  
**Procedencia** : USA  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 0.3$  mm  
**Ubicacion del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                         | Inicial  | Final    |
|-------------------------|----------|----------|
| <b>Temperatura</b>      | 14.9 °C  | 15.5 °C  |
| <b>Humedad Relativa</b> | 37.7 %HR | 38.5 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz              | Incertidumbre | Diametro del Alambre            | Incertidumbre |
|---------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Abertura Promedio en X: 9.55 mm | $\pm 0.02$ mm | Diametro promedio en X: 2.30 mm | $\pm 0.01$ mm |
| Abertura Promedio en Y: 9.53 mm | $\pm 0.03$ mm | Diametro promedio en Y: 2.28 mm | $\pm 0.01$ mm |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello



Fecha de emision

2021-02-22

Jefe de laboratorio de calibracion

METROLAB Y CALIDAD S.A.

Veronica Luque Sullca  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

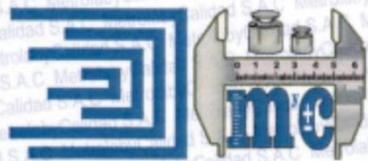
Direccion: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



# METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Laboratorio de Metrología - Servicio con Tecnología y Calidad

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 220-LL-2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Direccion** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designacion del Tamiz** : 4.75 mm  
**Alternativa** : No. 4  
**Marca (o Fabricante)** : HUMBOLDT MFG CO.  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : E09258  
**Procedencia** : USA  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 0.15$  mm  
**Ubicacion del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 14.8 °C  | 15.5 °C  |
| Humedad Relativa | 38.2 %HR | 40.0 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz              | Incertidumbre | Diametro del Alambre            | Incertidumbre |
|---------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Abertura Promedio en X: 4.77 mm | $\pm 0.03$ mm | Diametro promedio en X: 1.52 mm | $\pm 0.03$ mm |
| Abertura Promedio en Y: 4.76 mm | $\pm 0.03$ mm | Diametro promedio en Y: 1.51 mm | $\pm 0.02$ mm |

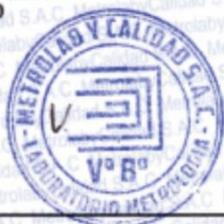
### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello

Fecha de emision

Jefe de laboratorio de calibracion



2021-02-22

METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Veronica Luque Sullea  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

Direccion: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 221-LL-2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Direccion** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designacion del Tamiz** : 2.36 mm  
**Alternativa** : No. 8  
**Marca (o Fabricante)** : LVA  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : NO INDICA  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 0.08$  mm  
**Ubicacion del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC  
**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 14.5 °C  | 15.2 °C  |
| Humedad Relativa | 37.6 %HR | 38.2 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz              | Incertidumbre | Diametro del Alambre            | Incertidumbre |
|---------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Abertura Promedio en X: 2.37 mm | $\pm 0.01$ mm | Diametro promedio en X: 0.93 mm | $\pm 0.01$ mm |
| Abertura Promedio en Y: 2.37 mm | $\pm 0.02$ mm | Diametro promedio en Y: 0.93 mm | $\pm 0.01$ mm |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello



Fecha de emision

2021-02-22

Jefe de laboratorio de calibracion

METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Veronica Luque Sullica  
IEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

Direccion: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 212- LL -2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Dirección** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designación del Tamiz** : 75 mm  
**Alternativa** : No. 3 "  
**Marca (o Fabricante)** : S/N  
**Modelo** : S/N  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : S/N  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 2.2$  mm  
**Ubicación del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC  
**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 15.8 °C  | 16.7 °C  |
| Humedad Relativa | 38.9 %HR | 39.5 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz               | Incertidumbre | Diametro del Alambre            | Incertidumbre |
|----------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Abertura Promedio en X: 75.22 mm | $\pm 0.29$ mm | Diametro promedio en X: 6.33 mm | $\pm 0.02$ mm |
| Abertura Promedio en Y: 75.81 mm | $\pm 0.30$ mm | Diametro promedio en Y: 6.33 mm | $\pm 0.01$ mm |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello



Fecha de emision

2021-02-22

Jefe de laboratorio de calibracion

METROLAB Y CALIDAD S.A.  
  
 Veronica Luque Sullca  
 JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

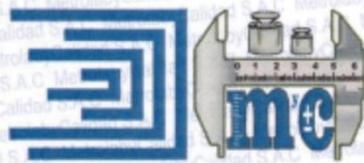
Dirección: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 213-LL-2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Direccion** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designacion del Tamiz** : 63 mm  
**Alternativa** : No. 2 1/2"  
**Marca (o Fabricante)** : S/N  
**Modelo** : S/N  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : S/N  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 1.9$  mm  
**Ubicacion del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2018, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2018 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 15.8 °C  | 16.7 °C  |
| Humedad Relativa | 38.5 %HR | 39.2 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz               | Incertidumbre | Diametro del Alambre            | Incertidumbre |
|----------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Abertura Promedio en X: 63.90 mm | $\pm 0.27$ mm | Diametro promedio en X: 5.60 mm | $\pm 0.02$ mm |
| Abertura Promedio en Y: 63.43 mm | $\pm 0.26$ mm | Diametro promedio en Y: 5.59 mm | $\pm 0.01$ mm |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello



Fecha de emision

2021-02-22

Jefe de laboratorio de calibracion

METROLAB Y CALIDAD S.A.

Veronica Duque Sullca  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

Direccion: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



# METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Laboratorio de Metrología - Servicio con Tecnología y Calidad

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 214- LL -2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Direccion** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designacion del Tamiz** : 50 mm  
**Alternativa** : No. 2 "  
**Marca (o Fabricante)** : ENDECOTTS LTD.  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : 175804  
**Procedencia** : USA  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 1.5$  mm  
**Ubicacion del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 15.8 °C  | 16.7 °C  |
| Humedad Relativa | 38.6 %HR | 39.0 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz               | Incertidumbre | Diametro del Alambre            | Incertidumbre |
|----------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Abertura Promedio en X: 50.16 mm | $\pm 0.07$ mm | Diametro promedio en X: 4.69 mm | $\pm 0.01$ mm |
| Abertura Promedio en Y: 50.09 mm | $\pm 0.06$ mm | Diametro promedio en Y: 4.69 mm | $\pm 0.02$ mm |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello



Fecha de emision

2021-02-22

Jefe de laboratorio de calibracion

**METROLAB CALIDAD S.A.**  
**Veronica Luque Sullca**  
 JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

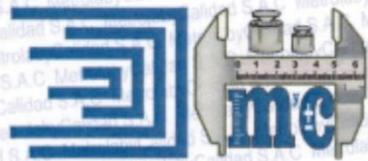
Direccion: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 215- LL -2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Dirección** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designación del Tamiz** : 37.5 mm  
**Alternativa** : No. 1 1/2"  
**Marca (o Fabricante)** : ORION  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : NACIONAL  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 1.13$  mm  
**Ubicación del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC  
**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizó por comparación directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 15.9 °C  | 16.5 °C  |
| Humedad Relativa | 38.7 %HR | 39.2 %HR |

### Resultado de Medición

| Abertura del Tamiz               | Incertidumbre | Diametro del Alambre            | Incertidumbre |
|----------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Abertura Promedio en X: 37.62 mm | $\pm 0.28$ mm | Diametro promedio en X: 3.92 mm | $\pm 0.10$ mm |
| Abertura Promedio en Y: 37.77 mm | $\pm 0.33$ mm | Diametro promedio en Y: 3.93 mm | $\pm 0.02$ mm |

### Observación:

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribución normal de aproximadamente 95%.

Sello



Fecha de emisión

2021-02-22

Jefe de laboratorio de calibración

METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Veronica Luque Sullea  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

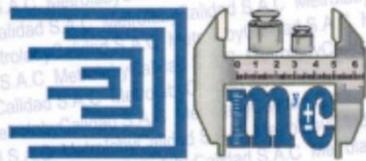
Dirección: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 224-LL-2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Direccion** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designacion del Tamiz** : 1.18 mm  
**Alternativa** : No. 16  
**Marca (o Fabricante)** : LVA  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : NO INDICA  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 0.045$  mm  
**Ubicacion del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC  
**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 15.5 °C  | 16.8 °C  |
| Humedad Relativa | 39.9 %HR | 40.2 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz              | Incertidumbre | Diametro del Alambre            | Incertidumbre |
|---------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Abertura Promedio en X: 1.15 mm | $\pm 0.02$ mm | Diametro promedio en X: 0.56 mm | $\pm 0.01$ mm |
| Abertura Promedio en Y: 1.20 mm | $\pm 0.01$ mm | Diametro promedio en Y: 0.56 mm | $\pm 0.01$ mm |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello



Fecha de emision

2021-02-22

Jefe de laboratorio de calibracion

METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

*Veronica Inque Sulca*  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

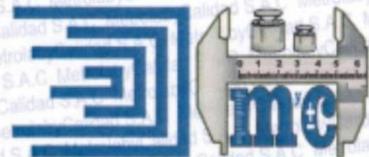
Direccion: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 216- LL -2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Direccion** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designacion del Tamiz** : 25 mm  
**Alternativa** : No. 1"  
**Marca (o Fabricante)** : SOILTEST INC  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : USA  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 0.758$  mm  
**Ubicacion del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves"

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 16 °C    | 16.2 °C  |
| Humedad Relativa | 38.0 %HR | 38.8 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz               | Incertidumbre | Diametro del Alambre            | Incertidumbre |
|----------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Abertura Promedio en X: 25.78 mm | $\pm 0.05$ mm | Diametro promedio en X: 3.10 mm | $\pm 0.01$ mm |
| Abertura Promedio en Y: 25.80 mm | $\pm 0.06$ mm | Diametro promedio en Y: 3.07 mm | $\pm 0.01$ mm |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello



Fecha de emision

2021-02-22

Jefe de laboratorio de calibracion

METROLAB Y CALIDAD S.A.

Veronica Luque Sullca  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

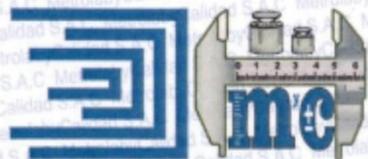
Direccion: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 217-LL-2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Dirección** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designación del Tamiz** : 19 mm  
**Alternativa** : No. 3/4"  
**Marca (o Fabricante)** : HUMBOLDT MFG CO.  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : GE02194  
**Procedencia** : USA  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 0.6$  mm  
**Ubicación del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 14.9 °C  | 15.2 °C  |
| Humedad Relativa | 38.7 %HR | 38.9 %HR |

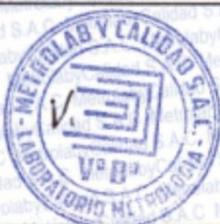
### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz               | Incertidumbre | Diametro del Alambre            | Incertidumbre |
|----------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Abertura Promedio en X: 19.17 mm | $\pm 0.15$ mm | Diametro promedio en X: 3.34 mm | $\pm 0.01$ mm |
| Abertura Promedio en Y: 19.16 mm | $\pm 0.13$ mm | Diametro promedio en Y: 3.34 mm | $\pm 0.01$ mm |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello



Fecha de emision

2021-02-22

Jefe de laboratorio de calibracion

METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Veronica Luque Sulca  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

Dirección: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 218-LL-2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Direccion** : CALLE TEATRO S/N DISTRITO DE ESPINAR  
**Equipo** : TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR 8"  
**Designacion del Tamiz** : 12.5 mm  
**Alternativa** : No. 1/2"  
**Marca (o Fabricante)** : SOILTEST INC  
**Modelo** : NO INDICA  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : USA  
**Código** : S/N  
**Tolerancia** :  $\pm 0.39$  mm  
**Ubicacion del equipo** : Laboratorio Calle Teatro S/N Espinar  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC  
**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

### Metodo de Calibración

La Calibración se realizo por comparacion directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Woven Wire Test Sieves".

### Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones Utilizados: Registro L-0450-2019, METROIL SAC Expediente 76280, Registro T-1733-2019 Expediente 76280

### Condiciones Ambientales

|                  | Inicial  | Final    |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura      | 15.2 °C  | 15.9 °C  |
| Humedad Relativa | 38.5 %HR | 38.8 %HR |

### Resultado de Medicion

| Abertura del Tamiz               | Incertidumbre | Diametro del Alambre            | Incertidumbre |
|----------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Abertura Promedio en X: 12.78 mm | $\pm 0.28$ mm | Diametro promedio en X: 2.39 mm | $\pm 0.02$ mm |
| Abertura Promedio en Y: 12.61 mm | $\pm 0.11$ mm | Diametro promedio en Y: 2.40 mm | $\pm 0.02$ mm |

### Observacion:

- Se coloco una etiqueta autoadhesiva con la indicacion de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribucion normal de aproximadamente 95%.

Sello

Fecha de emision

Jefe de laboratorio de calibracion

2021-02-22

METROLAB Y CALIDAD S.A.

Veronica Inque Sullca  
JEFE LABORATORIO



METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

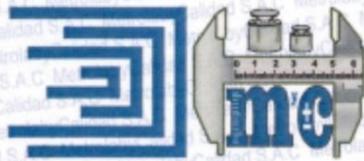
Direccion: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



# METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Laboratorio de Metrología - Servicio con Tecnología y Calidad

## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 208- LM - 2021

LABORATORIO DE MASA

Página 1 de 4

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Dirección** : Calle Teatro S/N Espinar  
**Instrumento de Medición** : BALANZA Electronica 10000 g.  
**Marca** : EXELL GO. LTD  
**Modelo** : SI - 130  
**Número de Serie** : A07310425  
**Identificación** : NO INDICA  
**Ubicación** : Laboratorio del Cliente - Espinar

La incertidumbre reportada en el presente informe es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición".

Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

**Tipo** :  
**Alcance de Indicación** : 0 kga 10 kg  
**División de Escala** : 1 g  
**Div.Verificación escala(e)** : 1 g  
**Clase de Exactitud** : II  
**Procedencia** : Japon  
**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

La periodicidad de la calibración depende del uso mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

Este Certificado de Calibración, no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio emisor.

**Lugar de Calibración** : Laboratorio del Cliente - Espinar

### Método de Calibración

La Calibración se realizó según el metodo descrito en el PC -011 "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automatico Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

Sello

Fecha de Emisión

Jefe de Laboratorio de Metrología

2021/02/22



METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Veronica Yague Sulca  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

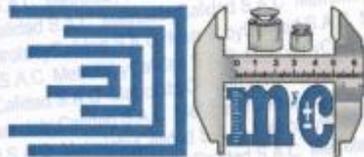
Dirección: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 208- LM - 2021

LABORATORIO DE MASA

Página 2 de 4

### Condiciones Ambientales

|                          | Inicial | Final |
|--------------------------|---------|-------|
| Temperatura ( °C )       | 15.2    | 16.5  |
| Humedad Relativa ( %HR ) | 41.2    | 43.3  |

### Patrones de Referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP)

| Trazabilidad  | Patrón Utilizado                 | Certificado de Calibración                           |
|---|----------------------------------|--|
| Pesas (Clase de Exactitud E1)<br>METTLER TOLEDO<br>IM-1122 / B437009650 | Pesas<br>(Clase de Exactitud M2) | METROIL - INACAL<br>LM-0659-2019 EXP. 76280-<br>2019 |
| Pesas (Clase de Exactitud E1)<br>METTLER TOLEDO<br>IM-1122 / B437009650 | Pesas<br>(Clase de Exactitud M2) | METROIL - INACAL<br>LM-0659-2019 EXP. 76280-<br>2019 |
| Pesas (Clase de Exactitud E1)<br>METTLER TOLEDO<br>IM-1122 / B437009650 | Pesas<br>(Clase de Exactitud M2) | METROIL - INACAL<br>LM-0659-2019 EXP. 76280-<br>2019 |
| Pesas (Clase de Exactitud E1)<br>METTLER TOLEDO<br>IM-1122 / B437009650 | Pesas<br>(Clase de Exactitud M2) | METROIL - INACAL<br>LM-0659-2019 EXP. 76280-<br>2019 |

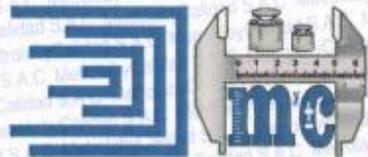
### RESULTADOS

#### INSPECCION VISUAL

|                  |    |
|------------------|----|
| Ajuste de Cero   | SI |
| Oscilación Libre | SI |
| Plataforma       | SI |
| Sistema de Traba | NO |

|            |    |
|------------|----|
| Escala     | SI |
| Cursor     | SI |
| Nivelación | NO |





## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 208- LM - 2021

LABORATORIO DE MASA

Página 3 de 4

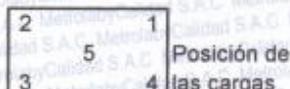
### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

|             |         |         |
|-------------|---------|---------|
| Temperatura | Inicial | Final   |
|             | 15.9 °C | 16.2 °C |

| Medición N°              | Carga L1 = 4 (kg) |        |           |
|--------------------------|-------------------|--------|-----------|
|                          | l (kg)            | ΔL (g) | E (g)     |
| 1                        | 4.005             | 0.00   | 5.51      |
| 2                        | 4.004             | 0.00   | 4.50      |
| 3                        | 4.001             | 0.00   | 1.50      |
| 4                        | 4.000             | 0.00   | 0.00      |
| 5                        | 4.000             | 0.00   | 0.00      |
| 6                        | 4.003             | 0.00   | 3.50      |
| 7                        | 4.003             | 0.00   | 3.50      |
| 8                        | 4.003             | 0.00   | 3.50      |
| 9                        | 4.001             | 0.00   | 1.50      |
| 10                       | 4.000             | 0.00   | 0.00      |
| Diferencia Máxima        |                   |        | 5.505     |
| Error Máximo Permissible |                   |        | ± g 3.000 |

| Medición N°              | Carga L1 = 8 (kg) |        |           |
|--------------------------|-------------------|--------|-----------|
|                          | l (kg)            | ΔL (g) | E (g)     |
| 1                        | 8.090             | -0.09  | 90.59     |
| 2                        | 8.050             | -0.05  | 50.55     |
| 3                        | 8.050             | -0.05  | 50.55     |
| 4                        | 8.006             | -0.01  | 6.51      |
| 5                        | 8.010             | -0.01  | 10.51     |
| 6                        | 8.005             | -0.01  | 5.51      |
| 7                        | 8.005             | -0.01  | 5.51      |
| 8                        | 8.006             | -0.01  | 6.51      |
| 9                        | 8.002             | 0.00   | 2.50      |
| 10                       | 8.004             | 0.00   | 4.50      |
| Diferencia Máxima        |                   |        | 88.088    |
| Error Máximo Permissible |                   |        | ± g 3.000 |

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



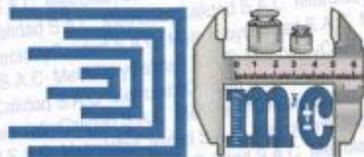
Posición de las cargas

|             |         |       |
|-------------|---------|-------|
| Temperatura | Inicial | Final |
|             | 15.5    | 16.5  |

| Posición de Carga        | Determinación del Error en Cero Eo |        |        | Determinación del Error Corregido Ec |             |        |        |       |        |
|--------------------------|------------------------------------|--------|--------|--------------------------------------|-------------|--------|--------|-------|--------|
|                          | Carga* (kg)                        | l (kg) | ΔL (g) | Eo (g)                               | Mínima (kg) | l (kg) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) |
| 1                        | 5.00                               | 5.00   | 0.00   | 4.50                                 | 8.00        | 8.00   | 0.00   | 4.50  | 0.00   |
| 2                        |                                    | 5.01   | 0.00   | 5.51                                 |             | 8.01   | -0.01  | 6.51  | 1.00   |
| 3                        |                                    | 5.01   | -0.01  | 9.51                                 |             | 8.01   | -0.01  | 9.51  | 0.00   |
| 4                        |                                    | 5.00   | 0.00   | 3.50                                 |             | 8.00   | 0.00   | 4.50  | 1.00   |
| 5                        |                                    | 5.00   | 0.00   | 3.50                                 |             | 8.01   | -0.01  | 5.51  | 2.00   |
| Error Máximo Permissible |                                    |        |        |                                      | ± g 3.000   |        |        |       |        |

\* Valor entre 0 y 10 e





## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 208- LM - 2021

LABORATORIO DE MASA

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

| Temperatura | Inicial | Final   |
|-------------|---------|---------|
|             | 15.9 °C | 16.2 °C |

| Carga (kg) | Prueba de Ascenso |        |       |        | Prueba de Descenso |        |       |        | e.m.p. (±g) |
|------------|-------------------|--------|-------|--------|--------------------|--------|-------|--------|-------------|
|            | l (kg)            | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) | l (kg)             | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) |             |
| 0.004      | 0.004             | 0.000  | 0.00  |        |                    |        |       |        |             |
| 0.006      | 0.006             | 0.000  | 0.00  | 0.00   | 0.01               | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 1.0         |
| 0.01       | 0.010             | 0.000  | 0.00  | 0.00   | 0.01               | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 1.0         |
| 0.05       | 0.050             | 0.000  | 0.00  | 0.00   | 0.05               | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 1.0         |
| 0.1        | 0.100             | 0.000  | 0.00  | 0.00   | 0.10               | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 1.0         |
| 0.5        | 0.504             | -0.004 | 4.50  | 4.50   | 0.50               | 0.00   | 2.50  | 2.50   | 1.0         |
| 1          | 1.005             | -0.005 | 5.51  | 5.51   | 1.00               | 0.00   | 2.50  | 2.50   | 2.0         |
| 4          | 4.004             | -0.004 | 4.50  | 4.50   | 4.01               | -0.01  | 8.51  | 8.51   | 3.0         |
| 6          | 6.004             | -0.004 | 4.50  | 4.50   | 6.01               | -0.01  | 9.51  | 9.51   | 3.0         |
| 8          | 8.009             | -0.009 | 9.51  | 9.51   | 8.01               | -0.01  | 11.51 | 11.51  | 3.0         |
| 10         | 10.011            | -0.011 | 11.51 | 11.51  | 10.01              | -0.01  | 13.51 | 13.51  | 3.0         |

Donde : e.m.p. Error Máximo Permitido para Balanzas de Funcionamiento No Automático  
Con Clase de Exactitud III

- l Lectura o Indicación de la Balanza
- ΔL Carga Añadida
- E Error Encontrado
- Eo Error en Cero
- Ec Error Corregido

Lectura Corregida :  $R_{\text{corregida}} (\text{kg}) = R - 0.00000112118 R$

Incertidumbre de Medición:  $U(\text{Kg}) = \pm 2 \times \sqrt{0.00090891 + 0.0000000052310 \times R^2}$

### Observaciones

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de Calibrado y el número de Certificado de Calibración.

Final del Documento





# METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Laboratorio de Metrología - Servicio con Tecnología y Calidad

## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 209-LM - 2021

LABORATORIO DE MASA

Página 1 de 4

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de Concretos y pavimentos GEO&LAB  
**Dirección** : Calle Teatro S/N Espinar  
**Instrumento de Medición** : BALANZA MECANICA - 2610 g.  
**Marca** : OHAUS  
**Modelo** : TRIPLE BEAM  
**Número de Serie** : 3201  
**Identificación** : S/N  
**Ubicación** : Laboratorio del Cliente - Espinar  
**Tipo** :  
**Alcance de Indicación** : 0 kg- 2.61 kg  
**División de Escala** : 0.1 g  
**Div.Verificación escala(e)** : 0.1 g  
**Clase de Exactitud** : II  
**Procedencia** : U.S.A.  
**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

La incertidumbre reportada en el presente informe es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición".

Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

La periodicidad de la calibración depende del uso mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

Este Certificado de Calibración, no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio emisor.

### Método de Calibración

La Calibración se realizó según el método descrito en el PC -011 "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

### Lugar de Calibración

Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

Sello

Fecha de Emisión

Jefe de Laboratorio de Metrología



2021/02/22

METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Verónica Huque Sullca  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

Dirección: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 209-LM - 2021

LABORATORIO DE MASA

Página 2 de 4

### Condiciones Ambientales

|                          | Inicial | Final |
|--------------------------|---------|-------|
| Temperatura ( °C )       | 16.5    | 17.7  |
| Humedad Relativa ( %HR ) | 40.5    | 42.2  |

### Patrones de Referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP)

| Trazabilidad  | Patrón Utilizado                 | Certificado de Calibracion                      |
|---|----------------------------------|---|
| Pesas (Clase de Exactitud E1)<br>METTLER TOLEDO<br>IM-1122 / B437009650 | Pesas<br>(Clase de Exactitud E2) | METROIL - INACAL<br>LM-661-2019 EXP. 76280-2019 |
| Pesas (Clase de Exactitud E1)<br>METTLER TOLEDO<br>IM-1122 / B437009650 | Pesas<br>(Clase de Exactitud E2) | METROIL - INACAL<br>LM-661-2019 EXP. 76280-2019 |
| Pesas (Clase de Exactitud E1)<br>METTLER TOLEDO<br>IM-1122 / B437009650 | Pesas<br>(Clase de Exactitud E2) | METROIL - INACAL<br>LM-661-2019 EXP. 76280-2019 |
| Pesas (Clase de Exactitud E1)<br>METTLER TOLEDO<br>IM-1122 / B437009650 | Pesas<br>(Clase de Exactitud E2) | METROIL - INACAL<br>LM-661-2019 EXP. 76280-2019 |

### RESULTADOS

#### INSPECCION VISUAL

|                  |       |
|------------------|-------|
| Ajuste de Cero   | SI    |
| Oscilación Libre | SI    |
| Plataforma       | SI    |
| Sistema de Traba | BUENA |

|            |    |
|------------|----|
| Escala     | SI |
| Cursor     | NO |
| Nivelación | NO |





## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 209-LM - 2021

LABORATORIO DE MASA

Página 3 de 4

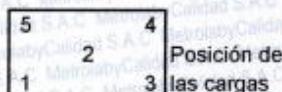
### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

|             |         |         |
|-------------|---------|---------|
| Temperatura | Inicial | Final   |
|             | 16.6 °C | 16.9 °C |

| Medición N°              | Carga L1 = 1,000 (kg) |        |           |
|--------------------------|-----------------------|--------|-----------|
|                          | I (kg)                | ΔL (g) | E (g)     |
| 1                        | 999.99                | 0.01   | -9.96     |
| 2                        | 1000.00               | 0.00   | 0.00      |
| 3                        | 1000.00               | 0.00   | 0.00      |
| 4                        | 999.97                | 0.03   | -29.98    |
| 5                        | 1000.00               | 0.00   | 0.00      |
| 6                        | 1000.00               | 0.00   | 0.00      |
| 7                        | 999.95                | 0.05   | -50.00    |
| 8                        | 1000.00               | 0.00   | 0.00      |
| 9                        | 1000.00               | 0.00   | 0.00      |
| 10                       | 1000.00               | 0.00   | 0.00      |
| Diferencia Máxima        |                       |        | 50.000    |
| Error Máximo Permissible |                       |        | ± g 0.300 |

| Medición N°              | Carga L1 = 2,000 (kg) |        |           |
|--------------------------|-----------------------|--------|-----------|
|                          | I (kg)                | ΔL (g) | E (g)     |
| 1                        | 2000.00               | 0.00   | 0.00      |
| 2                        | 2000.00               | 0.00   | 0.00      |
| 3                        | 1999.89               | 0.11   | -110.06   |
| 4                        | 2000.00               | 0.00   | 0.00      |
| 5                        | 2000.00               | 0.00   | 0.00      |
| 6                        | 2000.00               | 0.00   | 0.00      |
| 7                        | 2000.00               | 0.00   | 0.00      |
| 8                        | 2000.00               | 0.00   | 0.00      |
| 9                        | 2000.02               | -0.02  | 20.07     |
| 10                       | 1999.97               | 0.03   | -29.98    |
| Diferencia Máxima        |                       |        | 130.130   |
| Error Máximo Permissible |                       |        | ± g 0.300 |

### ENSAYO DE EXCENRICIDAD



|             |         |       |
|-------------|---------|-------|
| Temperatura | Inicial | Final |
|             | 16.2    | 16.7  |

| Posición de Carga        | Determinación del Error en Cero Eo |         |        |        | Determinación del Error Corregido Ec |         |        |        |        |
|--------------------------|------------------------------------|---------|--------|--------|--------------------------------------|---------|--------|--------|--------|
|                          | Carga* (kg)                        | I (kg)  | ΔL (g) | Eo (g) | Mínima (kg)                          | I (kg)  | ΔL (g) | E (g)  | Ec (g) |
| 1                        | 1000.00                            | 1000.00 | 0.00   | 0.00   | 2000.00                              | 2000.00 | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| 2                        |                                    | 1000.00 | 0.00   | 0.00   |                                      | 2000.00 | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| 3                        |                                    | 1000.00 | 0.00   | 0.00   |                                      | 2000.04 | -0.04  | 40.09  | 40.09  |
| 4                        |                                    | 1000.00 | 0.00   | 0.00   |                                      | 2000.00 | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| 5                        |                                    | 1000.00 | 0.00   | 0.00   |                                      | 1999.95 | 0.05   | -50.00 | -50.00 |
| Error Máximo Permissible |                                    |         |        |        |                                      |         | ± g    | 0.300  |        |

\* Valor entre 0 y 10 e





## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 209-LM - 2021

LABORATORIO DE MASA

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

| Temperatura | Inicial | Final   |
|-------------|---------|---------|
|             | 16.6 °C | 16.9 °C |

| Carga (kg) | Prueba de Ascenso |        |        |        | Prueba de Descenso |        |        |        | e.m.p. (±g) |
|------------|-------------------|--------|--------|--------|--------------------|--------|--------|--------|-------------|
|            | I (kg)            | ΔL (g) | E (g)  | Ec (g) | I (kg)             | ΔL (g) | E (g)  | Ec (g) |             |
| 2          | 2.00              | 0.00   | 0.00   |        |                    |        |        |        |             |
| 4          | 4.00              | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 4.02               | -0.02  | 20.07  | 20.07  | 0.3         |
| 6          | 6.00              | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 6.00               | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.3         |
| 10         | 10.00             | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 10.00              | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.3         |
| 50         | 50.00             | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 50.02              | -0.02  | 20.07  | 20.07  | 0.3         |
| 100        | 100.01            | -0.01  | 10.06  | 10.06  | 100.00             | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.3         |
| 500        | 500.04            | -0.04  | 40.09  | 40.09  | 500.02             | -0.02  | 20.07  | 20.07  | 0.3         |
| 1000       | 999.98            | 0.02   | -19.97 | -19.97 | 999.95             | 0.05   | -50.00 | -50.00 | 0.3         |
| 1500       | 1500.02           | -0.02  | 20.07  | 20.07  | 1,500.00           | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.3         |
| 2000       | 2000.00           | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 2,000.00           | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.3         |
| 2600       | 2600.08           | -0.08  | 80.13  | 80.13  | 2,600.03           | -0.03  | 30.08  | 30.08  | 0.3         |

Donde : e.m.p. Error Máximo Permitido para Balanzas de Funcionamiento No Automático  
Con Clase de Exactitud II

- I Lectura o Indicación de la Balanza
- ΔL Carga Añadida
- E Error Encontrado
- Eo Error en Cero
- Ec Error Corregido

Lectura Corregida : Rcorregida (kg) = R - 0.0000000894 R

Incertidumbre de Medición:  $U(Kg) = \pm 2 \times \sqrt{0.00153937 + 0.000000000604 \times R^2}$

### Observaciones

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de Calibrado y el número de Certificado de Calibración.

Final del Documento





# METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Laboratorio de Metrología - Servicio con Tecnología y Calidad

## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 206- LM - 2021

LABORATORIO DE MASA

Página 1 de 4

**Expediente** : 016-MYC-2021

**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.

**Dirección** : Calle Teatro S/N Espinar

**Instrumento de Medición** : BALANZA Electronica 30 kg.

**Marca** : WEIGHT

**Modelo** : Testing Seal

**Número de Serie** : S / N

**Identificación** : NO INDICA

**Ubicación** : Laboratorio del Cliente - Espinar

**Tipo** :

**Alcance de Indicación** : 0 kga 30 kg

**División de Escala** : 1 g

**Div.Verificación escala(e)** : 1 g

**Clase de Exactitud** : II

**Procedencia** : China

**Fecha de Calibración** : 2021-02-20

**Lugar de Calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC

La incertidumbre reportada en el presente informe es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición".

Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

La periodicidad de la calibración depende del uso mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

Este Certificado de Calibración, no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio emisor.

**Método de Calibración**  
La Calibración se realizó según el método descrito en el PC -011 "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

**Sello** **Fecha de Emisión** **Jefe de Laboratorio de Metrología**

2021/02/22



METROLAB Y CALIDAD S.A.

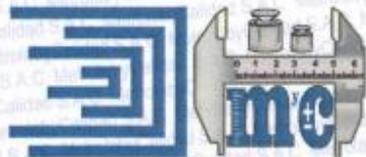
Verónica Luque Sullca  
JEFE LABORATORIO



METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

Dirección: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com • metrolab@metrolabycalidad.com • ventas@metrolabycalidad.com • metrolabycalidad@gmail.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 206- LM - 2021

LABORATORIO DE MASA

Página 2 de 4

### Condiciones Ambientales

|                        | Inicial | Final |
|------------------------|---------|-------|
| Temperatura (°C)       | 16.8    | 18.8  |
| Humedad Relativa (%HR) | 42.2    | 44.5  |

### Patrones de Referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP)

| Trazabilidad  | Patrón Utilizado                 | Certificado de Calibración                           |
|---|----------------------------------|--|
| Pesas (Clase de Exactitud E1)<br>METTLER TOLEDO<br>IM-1122 / B437009650 | Pesas<br>(Clase de Exactitud M2) | METROIL - INACAL<br>LM-0659-2019 EXP. 76280-<br>2019 |
| Pesas (Clase de Exactitud E1)<br>METTLER TOLEDO<br>IM-1122 / B437009650 | Pesas<br>(Clase de Exactitud M2) | METROIL - INACAL<br>LM-0659-2019 EXP. 76280-<br>2019 |
| Pesas (Clase de Exactitud E1)<br>METTLER TOLEDO<br>IM-1122 / B437009650 | Pesas<br>(Clase de Exactitud M2) | METROIL - INACAL<br>LM-0659-2019 EXP. 76280-<br>2019 |
| Pesas (Clase de Exactitud E1)<br>METTLER TOLEDO<br>IM-1122 / B437009650 | Pesas<br>(Clase de Exactitud M2) | METROIL - INACAL<br>LM-0659-2019 EXP. 76280-<br>2019 |

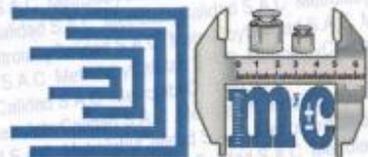
### RESULTADOS

#### INSPECCION VISUAL

|                  |         |
|------------------|---------|
| Ajuste de Cero   | SI      |
| Oscilación Libre | NO      |
| Plataforma       | REGULAR |
| Sistema de Traba | REGULAR |

|            |    |
|------------|----|
| Escala     | SI |
| Cursor     | SI |
| Nivelación | NO |





## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 206- LM - 2021

LABORATORIO DE MASA

Página 3 de 4

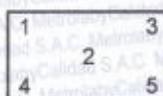
### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

|             |         |         |
|-------------|---------|---------|
| Temperatura | Inicial | Final   |
|             | 17.5 °C | 17.9 °C |

| Medición N°              | Carga L1 = 15 (kg) |        |           |
|--------------------------|--------------------|--------|-----------|
|                          | l (kg)             | ΔL (g) | E (g)     |
| 1                        | 14.998             | 0.00   | -1.50     |
| 2                        | 14.997             | 0.00   | -2.50     |
| 3                        | 14.992             | 0.01   | -7.51     |
| 4                        | 14.991             | 0.01   | -8.51     |
| 5                        | 14.985             | 0.02   | -14.52    |
| 6                        | 14.989             | 0.01   | -10.51    |
| 7                        | 14.988             | 0.01   | -11.51    |
| 8                        | 14.990             | 0.01   | -9.51     |
| 9                        | 14.995             | 0.01   | -4.51     |
| 10                       | 14.994             | 0.01   | -5.51     |
| Diferencia Máxima        |                    |        | 13.013    |
| Error Máximo Permissible |                    |        | ± g 2.000 |

| Medición N°              | Carga L1 = 30 (kg) |        |           |
|--------------------------|--------------------|--------|-----------|
|                          | l (kg)             | ΔL (g) | E (g)     |
| 1                        | 29.990             | 0.01   | -9.51     |
| 2                        | 29.995             | 0.00   | -4.51     |
| 3                        | 29.985             | 0.02   | -14.52    |
| 4                        | 29.987             | 0.01   | -12.51    |
| 5                        | 29.989             | 0.01   | -10.51    |
| 6                        | 29.996             | 0.00   | -3.50     |
| 7                        | 29.999             | 0.00   | -0.50     |
| 8                        | 29.989             | 0.01   | -10.51    |
| 9                        | 29.988             | 0.01   | -11.51    |
| 10                       | 29.998             | 0.00   | -1.50     |
| Diferencia Máxima        |                    |        | 14.014    |
| Error Máximo Permissible |                    |        | ± g 3.000 |

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



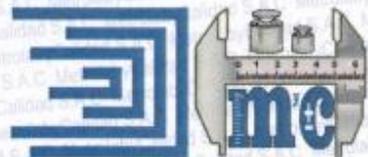
Posición de las cargas

|             |         |       |
|-------------|---------|-------|
| Temperatura | Inicial | Final |
|             | 17.2    | 17.6  |

| Posición de Carga        | Carga* (kg) | Determinación del Error en Cero Eo |        |        | Determinación del Error Corregido Ec |        |        |       |        |
|--------------------------|-------------|------------------------------------|--------|--------|--------------------------------------|--------|--------|-------|--------|
|                          |             | l (kg)                             | ΔL (g) | Eo (g) | Mínima (kg)                          | l (kg) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) |
| 1                        | 10.00       | 10.00                              | 0.00   | 0.00   | 30.00                                | 30.00  | 0.00   | -1.50 | -1.50  |
| 2                        |             | 10.00                              | 0.00   | 0.00   |                                      | 30.00  | 0.00   | 2.50  | 2.50   |
| 3                        |             | 10.00                              | 0.00   | 0.00   |                                      | 30.00  | 0.00   | 1.50  | 1.50   |
| 4                        |             | 10.00                              | 0.00   | 1.50   |                                      | 30.00  | 0.00   | 0.00  | -1.50  |
| 5                        |             | 10.00                              | 0.00   | 1.50   |                                      | 30.00  | 0.00   | 4.50  | 3.00   |
| Error Máximo Permissible |             |                                    |        |        | ± g 3.000                            |        |        |       |        |

\* Valor entre 0 y 10 e





## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 206- LM - 2021

LABORATORIO DE MASA

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

|             | Inicial | Final   |
|-------------|---------|---------|
| Temperatura | 17.5 °C | 17.9 °C |

| Carga (kg) | Prueba de Ascenso |        |       |        | Prueba de Descenso |        |       |        | e.m.p. (±g) |
|------------|-------------------|--------|-------|--------|--------------------|--------|-------|--------|-------------|
|            | l (kg)            | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) | l (kg)             | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) |             |
| 0.001      | 0.001             | 0.000  | 0.00  |        |                    |        |       |        |             |
| 0.005      | 0.005             | 0.000  | 0.00  | 0.00   | 0.01               | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 1.0         |
| 0.01       | 0.010             | 0.000  | 0.00  | 0.00   | 0.01               | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 1.0         |
| 0.5        | 0.500             | 0.000  | 0.00  | 0.00   | 0.50               | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 1.0         |
| 1          | 0.990             | 0.010  | -9.51 | -9.51  | 1.00               | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 1.0         |
| 5          | 4.995             | 0.005  | -4.51 | -4.51  | 5.00               | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 1.0         |
| 10         | 10.001            | -0.001 | 1.50  | 1.50   | 10.00              | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 2.0         |
| 15         | 15.020            | -0.020 | 20.52 | 20.52  | 15.01              | -0.01  | 10.51 | 10.51  | 2.0         |
| 20         | 20.015            | -0.015 | 15.52 | 15.52  | 20.01              | 0.00   | 5.51  | 5.51   | 2.0         |
| 25         | 25.008            | -0.008 | 8.51  | 8.51   | 25.00              | 0.00   | 4.50  | 4.50   | 3.0         |
| 30         | 30.008            | -0.008 | 8.51  | 8.51   | 30.01              | -0.01  | 10.51 | 10.51  | 3.0         |

Donde : e.m.p. Error Máximo Permitido para Balanzas de Funcionamiento No Automático  
Con Clase de Exactitud II

- l Lectura o indicación de la Balanza
- ΔL Carga Añadida
- E Error Encontrado
- Eo Error en Cero
- Ec Error Corregido

Lectura Corregida : Rcorregida (kg) = R - 0.0000089303 R

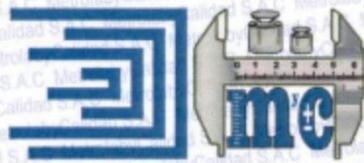
Incertidumbre de Medición:  $U(Kg) = \pm 2 \times \sqrt{0.00003305 + 0.000000018955 \times R^2}$

### Observaciones

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de Calibrado y el número de Certificado de Calibración.

Final del Documento





# METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Laboratorio de Metrología - Servicio con Tecnología y Calidad

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN 211-LL-2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 2

**Expediente** : 016-MYC-2021  
**Solicitante** : Laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEO&LAB.  
**Dirección** : CALLE TEATRO S/N ESPINAR  
**Equipo** : COPA CASAGRANDE (Equipo de limite liquido)  
**Marca (o Fabricante)** : TAMIEQUIPOS LTDA  
**Modelo** : S/N  
**Numero de Serie** : S/N  
**Procedencia** : COLOMBIA  
**Código Interno** : S/N  
**Ubicación de Equipo** : Laboratorio del Cliente - Distrito de Espinar  
**Lugar de Calibración** : Laboratorio de Metrolab y Calidad SAC  
**Fecha de Calibración** : 20/02/2021

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

### Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa utilizando como referencia la Norma Técnica ASTM D4318 Determinación del Límite Líquido de los suelos usando equipo Casagrande.

### Trazabilidad

Se utilizaron patrones con trazabilidad al SI, acreditados por INACAL-SNM-INDECOPI, Registro N° L-0450-2019 T - 1733-2019, expediente METROIL SAC: N° 76280-2019

### Condiciones Ambientales

| Condición Ambiental | Inicial | Final   |
|---------------------|---------|---------|
| Temperatura °C      | 17.8 °C | 19.6 °C |
| Humedad Relativa %  | 40.5    | 42.2    |

Sello

Fecha de Certificación

Jefe de laboratorio de calibración



22/02/2021

METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

Verónica Luque Sullca  
JEFE LABORATORIO

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

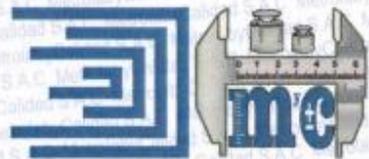
Dirección: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@gmail.com



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN 211-LL-2021**

Laboratorio de Longitud

Pág. 2 de 2

**Trazabilidad**

| Trazabilidad                            | Patron utilizado                                    | Certificado de Calibracion    |
|---|---|-------------------------------|
| Patrones de referencia del SNM - INACAL | Pie de Rey Patron de resolucion 0.01 mm.            | METROIL - INACAL LT-0450-2019 |
| Patrones de referencia del SNM - INACAL | Termohigrómetro patrón de resolución 0,1 °C / 1 %HR | METROIL - INACAL LT-1733-2019 |

**Resultados**

**DIMENCIONES DE LA BASE DE GOMA DURA**

| ALTURA (mm) | PROFUNDIDAD (mm) | ANCHO (mm) |
|-------------|------------------|------------|
| 51.6        | 151.8            | 120.59     |

**HERRMIENTA DE RANURADO**

| EXTREMO CURVADO |                     |            |
|-----------------|---------------------|------------|
| ESPESOR (mm)    | BORDE CORTANTE (mm) | ANCHO (mm) |
| 10.02           | 2.01                | 12.03      |

**DIMENCIONES DE LA COPA**

| RADIO DE LA COPA (mm) | ESPESOR DE LA COPA (mm) | ALTURA DESDE LA GUIA DEL ELEVADOR HASTA LA BASE (mm) |
|-----------------------|-------------------------|--|
| 91.7                  | 2.01                    | 60.05  |

**Observación:**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribución normal de aproximadamente 95 %

Fin de documento

