



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Mejoramiento de propiedades mecánicas a nivel de subrasante con adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado, Cusco, 2021.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :  
Ingeniera Civil

#### **AUTORAS:**

Cavani Rodríguez, Mayda (ORCID: 0000-0003-4314-1420)

Limachi Salas, Karen Milagros (ORCID: 0000-0002-3897-2652)

#### **ASESOR:**

M(o). De La Cruz Vega, Sleyther Arturo (ORCID: 0000-0003-0254-301X)

#### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

CALLAO– PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

La presente investigación, la dedicamos a nuestros queridos padres Juan Carlos Cavani y Mercedes Salas por ser nuestra motivación principal para cumplir todas nuestras metas y a nuestros seres queridos porque fueron muy importantes para nuestra vida los que contribuyeron a que se logre nuestro desarrollo personal y profesional.

Karen y Mayda

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por brindarnos vida y salud e iluminar nuestros caminos, que con su bendición nos permitió llegar a cumplir uno de nuestros mayores sueños.

Así mismo agradecer a nuestro asesor Mg. Ing. De la Cruz Vega, Sleyther Arturo quien contribuyo con su asesoría para que podamos optar el presente título profesional, finalmente agradecer a la Universidad Cesar Vallejo por aperturarnos las puertas de su casa de estudios y permitirnos formarnos como Ingenieros Civiles.

*Karen y Mayda*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	13
3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	13
3.2. Variables y Operacionalización .....	14
3.3. Población, Muestra y Muestreo .....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos .....	17
3.5. Procedimientos: .....	17
3.6. Método de análisis de datos: .....	18
3.7. Aspectos Éticos .....	24
IV. RESULTADOS .....	25
V. DISCUSIÓN .....	36
VI. CONCLUSIONES .....	46
VII. RECOMENDACIONES .....	49
REFERENCIAS .....	50
ANEXOS	
Anexo 1: declaratoria de autenticidad de los autores	
Anexo 2: declaratoria de autenticidad del asesor	
Anexo 3: Matriz de operacionalización de variables	
Anexo 4: Matriz de consistencia	
Anexo 4: Ubicación de la zona de estudio	
Anexo 5: Panel fotográfico	
Anexo 6: Ensayo de laboratorio	

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Muestra 27 muestras a 3 calicatas.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2: Clasificación de vía.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 3: Método de análisis de datos.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 4: Resultados de los ensayos en laboratorio de la muestra natural .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 5: Resultados de los ensayos en laboratorio de la adición de fibras PET en 0.5%, 1.0% y 1.5%.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 6: Resultados de los ensayos en laboratorio de la adición de polvo de caucho reciclado en 5%, 10% y 15%.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 7: California Bearing Ratio (CBR) con la adición de fibra PET .....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 8: California Bearing Ratio (CBR) con adición de polvo de caucho reciclado .....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 9: Plasticidad con la adición de fibra PET .....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 10: Plasticidad con la adición de polvo de caucho reciclado .....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 11: Contenido óptimo de Humedad (COH) y Máxima Densidad Seca (MDS) con la adición de fibra PET.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 12: Óptimo Contenido de Humedad (OCH) y Máxima Densidad Seca (MDS) con la adición de polvo de caucho reciclado .....</i>	<i>34</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Comparación del CBR de las muestras en estado natural.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 2: California Bearing Ratio (CBR) con la adición de fibra PET.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 3: California Bearing Ratio (CBR) con la adición de polvo de caucho reciclado .....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 4: Plasticidad con la adición de fibra PET .....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 5: Plasticidad con la adición de polvo de caucho reciclado.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 6: Óptimo Contenido de Humedad (OCH) con la adición de fibra PET.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 7: Máxima Densidad Seca (MDS) con la adición de fibra PET .....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 8: Óptimo Contenido de Humedad (OCH), con la adición de polvo de caucho reciclado.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 9: Máxima Densidad Seca (MDS) con la adición de polvo de caucho reciclado.....</i>	<i>35</i>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal analizar las propiedades mecánicas a nivel de subrasante con adición de fibras PET y polvo de caucho, Cusco, 2021.

El tipo de la investigación es aplicada, con un diseño experimental y se subdivide en un diseño cuasiexperimental, ya que se pretende emplear técnicas prácticas para el desarrollo experimental y modificará las variables en el contexto.

La población se obtendrá de la APV Huarancalle del distrito de San Jerónimo, Cusco, se evaluará una calzada de 6,60 metros de ancho y 700 metros de largo, con un área total de 4.620 metros cuadrados, incorporando a la muestra natural las dosificaciones 0.5%, 0.1% y 1.5% en fibras PET y para la adición de polvo de caucho reciclado 5%, 10% y 15%.

Por lo que se llegó a la conclusión que la adición de fibras PET y polvo de caucho mejora las propiedades mecánicas del suelo dado que incrementan el valor de soporte del terreno natural a nivel de subrasante influyendo así en la estabilización de suelos.

Palabra clave: Propiedades mecánicas - Fibras PET - Polvo de Caucho Reciclado

## **ABSTRACT**

The main objective of this research work was to analyze the mechanical properties at the subgrade level with the addition of PET fibers and rubber powder, Cusco, 2021.

The type of research is applied, with an experimental design and is subdivided into a quasi-experimental design, since it is intended to use practical techniques for experimental development and will modify the variables in the context.

The population will be obtained from the APV Huarancalle of the district of San Jeronimo, Cusco, a roadway of 6.60 meters wide and 700 meters long will be evaluated, with a total area of 4,620 square meters, incorporating to the natural sample the dosages 0.5%, 0.1% and 1.5% in PET fibers and for the addition of recycled rubber powder 5%, 10% and 15%.

Therefore, it was concluded that the addition of PET fibers and rubber powder improves the mechanical properties of the soil since they increase the support value of the natural soil at the subgrade level, thus influencing soil stabilization.

Keyword: Mechanical properties - PET fibers - Recycled Rubber Powder

## I. INTRODUCCIÓN

En su Plan Estratégico de lucha contra los Residuos Sólidos en la Unión Europea, pretende realizar el mejoramiento de los pavimentos con materiales reutilizables, proporcionar una variedad de usos para estabilizar las carreteras y reutilizar los materiales que requieren un tratamiento y/o eliminación adecuados para no afectar al medio ambiente. (Borsani, 2020) por lo tanto, se utilizaron materiales reciclados en los pavimentos, como plástico, desechos de las obras de construcción y demolición, neumáticos, etc.

La industrialización de llantas llega a generar la dispersión de gases como (CO<sub>2</sub>) en todas sus etapas hasta el producto y disposición final, produciendo efectos negativos tanto en los sistemas y formas de vida en la tierra (Jaime, 2018).

La producción de neumáticos emite dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) tanto en producción como en la eliminación final, por el cual perjudica al ecosistema y a la salud del hombre (Jaime, 2018). La concentración de neumáticos que se generan tras los días puede llegar a estimarse dando un valor de 1255 millones cada año como en países tales Brasil, México y Estados Unidos; una gran cantidad, se procede a la combustión a cielo abierto, se depositan en quebradas como destino final y botaderos clandestinos sin regulación. (Castro, 2017)

En el Perú, la infraestructura vial es deficiente en cuanto a cantidad y calidad, lo cual es mayormente responsabilidad de las autoridades, ya que se argumenta que el 86.6% de la red vial regional o departamental se encuentra en mal estado, ya que es necesario conocer la calidad del terreno además de la subrasante para realizar la adecuada construcción de carreteras para su buen desempeño ante las solicitudes de los vehículos, ya que existen suelos inestables los cuales deben ser tratados o en todo caso cambiar el material por otro suelo (Condori & Rojas, 2020)

A partir de esto, se generan alternativas de mejoras en las propiedades mecánicas de la subrasante para mejorar la resistencia de los pavimentos, tal es el caso de las fibras de PET, ya que serán una alternativa novedosa e ingeniosa para el refuerzo del suelo, aunque no se habla de las proporciones o cantidades exactas a agregar para obtener los mejores resultados, ya que los estudios revelan que el valor de los ensayos CBR del medio natural mezclado con una

cantidad adecuada de PET mostraron incrementos interesantes, así como mejoras en sus propiedades mecánicas, despertando a partir de esto el interés por innovar con estas fibras en busca de mejorar la calidad de los pavimentos (Mejía y Pérez, 2019). Lo mismo ocurre con el polvo de caucho granulado reciclado, que se obtiene de las ruedas del coche en desuso, la reutilización del caucho es importante, ya que se puede incorporar para mejorar las cualidades de la subrasante, ya que este tipo de material se ablanda y difunde al resistir el asfalto ya que los neumáticos están formados por elastómero nativo y sintetizado, acero y fibra textil (Díaz & Castro, 2017).

En la ciudad del Cusco existen varias calles sin pavimentar que necesitan ser restauradas, durante los años recientes el departamento del Cusco logro experimentar el crecimiento exponencial de la población, esto dio como resultado la obligación de construir vías en mayor cantidad, donde se ve que los terrenos en los cuales se planea realizar la construcción mayormente no cumplen con los requerimientos en los cuales se solicitan, en este sentido se realiza una mejora del suelo a través de la estabilización y a la vez, los residuos reciclables aumentan cada día, y entre ellos los más abundantes son las fibras plásticas y las llantas en desuso. Asimismo, en la ciudad del Cusco, estos materiales reciclados aún no son utilizados con frecuencia, por lo que la investigación propone el estudio de la reutilización del PET y del polvo de caucho reciclado en pavimentos para el mejoramiento de las propiedades a nivel de la subrasante de tal manera que se logre el adecuado comportamiento estructural y el cuidado del medio ambiente, según las normas técnicas peruanas y el reglamento nacional de edificación (RNE).

Por tanto, el estudio formula el siguiente problema general: ¿Cómo las propiedades mecánicas a nivel de subrasante mejoran con adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado, Cusco 2021? Siendo los problemas específicos: PE1: ¿Cómo influye la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado en la plasticidad de la subrasante?, PE2: ¿Cómo influye la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado en el óptimo contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca de la subrasante? PE3: ¿Cuál es la dosificación óptima de la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado para la resistencia de la subrasante?

a presente investigación se justifica desde una: Justificación teórica, se busca las posibilidades y utilidad de los diferentes tipos de suelos en el uso de apoyos en carreteras y caminos, para lo cual es necesario conocer su origen, clasificar y estimar su resistencia, para luego explotar sus ventajas y/o aumentar su resistencia, frente a estos materiales, fibras de PET y polvo de caucho.

Justificación social, que estas fibras de PET y el polvo de caucho son una solución alternativa para un mejor tránsito de las periferias a la ciudad, a un menor costo social y benefician a la población que se desplaza diariamente.

Justificación práctica, que muchos estudiantes consideran la base que los motiva a querer implementar nuevas y diferentes formas de diseñar componentes estructurales a partir de la adición de fibras de PET y polvo de caucho reciclado.

La justificación medioambiental incluye la propuesta de nuevos usos alternativos en los pavimentos articulados, la gestión del acceso a los productos medioambientales y la contribución a la reducción de los residuos de neumáticos o productos de caucho y polímeros.

En ese sentido, el estudio propone como objetivo general: Analizar las propiedades mecánicas a nivel de subrasante con adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado, Cusco, 2021, y sus objetivos específicos son: OE1: Determinar cómo influye la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado en la plasticidad de la subrasante. OE2: Determinar cómo influye la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado en el óptimo contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca a nivel de subrasante. OE3: Determinar la dosificación óptima de la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado en la resistencia de la subrasante.

De este modo, el estudio formula como Hipótesis general: Las propiedades mecánicas a nivel de subrasante mejorarán con la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado, Cusco, 2021, por tanto, estas propiedades mecánicas de nivel subrasante serán más resistentes en el pavimento. Hipótesis específica HE1: La adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado influye significativamente en la plasticidad de la subrasante, HE2: La adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado influye significativamente en el óptimo contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca a nivel de subrasante, HE3: La

dosificación óptima en la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado influirá significativamente en la resistencia de la subrasante.

## II. MARCO TEÓRICO

Akbulut, Suat, Arasan, Seracettin y Kalkan, Ekrem (2007) Este artículo de investigación de la revista ScienceDirect titulado: Modification of clayey soils using scrap tire rubber and synthetic fibers, estudia la utilización de materiales de fibra reciclada tales como es el caso del caucho de neumático también las fibras de polipropileno en la mejora de los suelos arcillosos. Este estudio se enfoca en la resistencia y el dinamismo de este. Las muestras sin reforzamiento y con reforzamiento se sometieron en pruebas de compresión, resistencia y frecuencia de resonancia con la finalidad de identificar sus propiedades de resistencia y comportamiento dinámico. Resultando así que, estas fibras producen una mejoría en las propiedades de resistencia, amortiguación, resistencia al corte y comportamiento dinámico, este material puede utilizarse para el mejoramiento de diferentes suelos como el de cohesivos.

Según Akbarimehr y Aflaki (2018) en la revista titulada: An Experimental Study on the Effect of tire Powder on the Geotechnical Properties of Clay Soils, la finalidad fue el estudiar la reacción del polvo de caucho en las propiedades geotécnicas para suelos arcillosos de este modo comportarse como un aditivo potencial con una eficiencia alta para la alteración de las propiedades plásticas en suelos arcillosos. Se basa en una investigación experimental porque se logró incorporar el 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% de polvo de caucho el cual sobrepasa el tamiz nº 40 (0,425mm) en diferentes porcentajes en suelos arcillosos con la finalidad de identificar su efecto en sus características geotécnicas para ello se realizaron los ensayos que corresponden y de este modo lograr la toma de los datos. Los resultados obtenidos en Teherán-Irán fueron que presentan suelos arcillosos CH (arcilla inorgánica con alto valor de plasticidad) y CL (arcilla inorgánica con bajo valor de plasticidad). Por un lado, está el suelo CH, que tiene un 75% de LL y un 28% de LP y un 47% de IP, y por otro lado, el suelo CL tiene un 33% de LL y un 17% de LP y un 16% de IP. Se concluye que es aconsejable utilizar un 30% de polvo de caucho en los suelos

CH y CL porque se obtuvo muchos efectos positivos para la reducción de los límites de consistencia, de este modo se aumentó la eficiencia, resistencia, la permeabilidad, minimización de los asentamientos y la densidad del suelo.

Castro y Ocampo (2021), en su investigación experimental para lograr el título de ingeniero civil, en Ambato, tuvo como objetivo analizar estas propiedades físicas mecánicas y CBR suelos cohesivos naturales y suelos cohesivos combinados con partículas de tereftalato de polietileno (PET) en la composición de la subrasante. La investigación fue experimental, se ejecutó un trabajo de campo, la población es la provincia de Morona y la muestra es terreno natural para el análisis de la subrasante. Se concluyó que las muestras examinadas tenían un tamaño de granulometría uniforme, ya que la mayoría de las partículas pertenecían a una sección inferior a 0,075 mm y la homogeneidad resultante y los coeficientes de uniformidad y de curvatura eran mínimos, lo que permite determinar que al añadir proporciones superiores al 2,5% de PET se puede alcanzar un pico de granulometría.

Márquez (2019), en su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, en Piura: Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos utilizando plásticos PET reciclados en el distrito de La Encantada, Provincia de Morropón, Piura, considera como objetivo de dar mejoramiento a las propiedades de suelos arcillosos con plástico PET siendo la metodología aplicada, tuvo un enfoque cuantitativo, diseño no experimental, dado que se utilizaron variables independientes de este modo producir un efecto en la variable dependiente, incorporando el plástico PET, es pertinente realizar una comparación y el estudio de la muestra de suelos alterados con el plástico y desarrollar una buena apreciación. En las características, se determinó que en el distrito de La Encantada se encontraron suelos arcillosos que, de acuerdo a la muestra obtenida, se realizó la adición del 6% de plástico PET en la muestra M-2, aumentando la capacidad del CBR, así como sus demás propiedades y características no presentan variación.

Condori y Rojas (2020) en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil: Mejora con polímeros reciclados PET fundidos en la subrasante de suelos arcillosos en la carretera Vilcaniza - Beirut, Amazonas, (2020), su objetivo principal fue estudiar el resultado causado por la adición de polímeros reciclados PET

fundidos en la estabilización de la subrasante de suelos arcillosos de la carretera Vilcaniza. La metodología se dio con un diseño experimental dado el cual se sometió a la manipulación de las variables de estudio, también se realizaron pruebas de resistencia, pruebas de comparación y límites de consistencia. Obtuvo que la incorporación de polímeros de PET reciclados mejora las propiedades físico mecánicas de un suelo, en el que disminuye su contenido de humedad del mismo y como resultado aumenta su densidad máxima seca. De esta manera, analizó que habría una relación directa entre el polímero reciclado PET fundido con la mejora de la subrasante de la carretera de Vilcaniza.

Valverde (2020) en su investigación para optar el título de Ingeniero Civil: Mejoramiento de la subrasante con la incorporación de polvo de caucho en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020, su objetivo fue identificar de qué manera la composición del polvo de caucho afecta su durabilidad de la subrasante de la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020. Este es un tipo de aplicación, con diseño experimental dividido en un criterio de diseño cuasi-experimental, igualmente es explicativo basándose en un enfoque cuantitativo, el estudio se basa en una hipótesis en el que el resultado podrá ser expresado en números.

El resultado es el bloque 5 de la Av. Tantayo, que tiene un suelo de tipo CL (arcilla inorgánica con mínima plasticidad), también tiene un límite líquido de 26,90% y un límite plástico en 18,20% y un índice plástico de 8. 70%, que también tiene un contenido de humedad óptimo (OCH) en 20,30% , respecto a la densidad seca máxima (MDS) en 1. 715 g/cm<sup>3</sup> y por último un California Bearing Ratio (CBR) de 4,70%. y luego de la instalación de polvo de caucho (inferior a 2 mm) en dosis de 3%, 5% y 7% los valores de ductilidad, humedad óptima y densidad seca máxima y resistencia se redujeron, en consecuencia, no se recomienda la aplicación en suelos CL. Arcilla inorgánica con mínima plasticidad).

Alvarez y Gutierrez (2019) en su investigación para obtener el título de ingeniero civil, intitulada: Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso mediante la adición con polvo de caucho en su aplicación para geotecnia, tuvo como objetivo el mejoramiento de la resistencia del suelo y determinar la capacidad de soporte a la penetración mediante la adición con polvo de caucho

(2mm - 0,075mm) con dosificaciones de 1,5%, 2,5% y 3,5%. Su estudio es experimental, porque las variables independientes (polvo de caucho) se manipularon utilizando varios valores porcentuales en la variable dependiente (efecto mecánico de un suelo arcilloso). Este suelo se extrajo a una profundidad de 1.5m del pueblo de Callampampa, Cajamarca, Perú. Teniendo como resultado un suelo CL (arcilla inorgánica con mínima plasticidad) obtuvo la una consistencia líquida de 34% límite plástico 21% y 13% índice de plasticidad, un CBR de 3.20%, también se obtuvo un OCH con 17.40% y MDS con 1,535g/cm<sup>3</sup>. Tras la incorporación de diferentes porcentajes de polvo de caucho, al 1,5 %, su CBR aumentó de 3,20 % a 5 % y su MDS aumentó de 1.535 g/cm<sup>3</sup> a 1.543 g/cm<sup>3</sup>; y bajó su OCH de 17,40 % a 17% también bajó su IP de 13% a 11%. Además, la incorporación de 2,5 % del polvo de caucho incremento su CBR de 3,20 % a 8,70 % y su MDS de 1,535 g/m<sup>3</sup> a 1,56g/cm<sup>3</sup>; y se vio disminuido el OCH de 17,40 % a 16,70 %, bajando su PI de 13 % a 9 %. Asimismo, la incorporación de un 3,50% de caucho se vi aumentada el CBR de 3,20% a 9,40% y su MDS de 1.535 g/cm<sup>3</sup> a 1.562 g/cm<sup>3</sup>; y se redujo el OCH de 17,40 % a 16,40 %, bajó su PI de 13 % a 8 %. Concluyendo que es aconsejable utilizar el 3,50 % de polvo de caucho en el suelo CL ya que se ve aumentada el CBR y MDS, mientras que disminuye el OCH y el índice de plasticidad (IP).

Según Quintana et al. (2018), indica que en el caso que la subrasante mejora las características mecánicas, su espesor del pavimento en cuanto a su estructura se reducirá. Es importante mencionar las propiedades mecánicas a nivel de la subrasante, donde existen varios sistemas que estabilizan la subrasante a nivel mundial, como la estabilización mecánica, se podría hacer con la compactación del material o sustituyéndolo por un material con granos densos y finos homogéneos en la subrasante; las estabilizaciones con aditivos químicos logran alterar y modificar sus propiedades fisicoquímicas en el terreno tratado, generando un aumento de éstas, así tenemos el cemento, el limo y el asfalto; y la estabilización por geotextiles y geo sintéticos.(Rajakumar, Jeyapriya, & Meenambal, 2018).

Los tipos de suelos dentro de la subrasante pueden ser cohesivos, granulares o ambos combinados; Primeramente, no existe la estructura adecuada que logre desarrollar la adecuada resistencia con poca deformación, ya que está

constituido por pequeñas partículas finas y mínimas partículas con carácter grueso, los cuales no entran en contacto entre ellos. Dichos suelos, cuando asimilan el agua a su estructura y también se ven bajo sumisión de cargas, muestran una reacción inadecuada, representada por una baja capacidad portante y un gran cambio de volumen, y la adaptación del comportamiento del suelo a las condiciones adecuadas requiere la aplicación de diversas mejoras metodológicas, se encuentran la compactación, mezcla con materiales granulares y mezcla de aditivos de carácter químico, con la finalidad de que dicho suelo tenga una mejoría en la resistencia al corte con una mínima deformación. (Pérez, Acosta, & Amaya, 2016)

El espesor y las características de las capas del carácter estructural del pavimento están determinados en mayor medida por su rigidez en cuanto la subrasante. De igual manera, existen ensayos para evaluar las propiedades a nivel de la subrasante y estos serán utilizados para la presente investigación, donde el CBR (California Bearing Ratio: Ensayo con relación de Soporte de California) analiza la capacidad de resistencia dirigida al esfuerzo cortante del propio suelo y potencia, evaluando su calidad de la subrasante, subbase y base del firme. Se produjo en ambientes controlados de humedad y densidad. Siendo parte de los parámetros esenciales los cuales se determinan en las investigaciones geotécnicas previos en la construcción, así como en el ensayo Proctor como el análisis granulométrico en el suelo.

En otro aspecto al evaluar las características mecánicas de la subrasante es la densidad máxima seca que logra alcanzar un suelo cuando se compacta con una humedad óptima, ya que dichos cambios en cuestión de humedad generan deformación por colapso en cuanto se logran humedecer, esta deformación se produce en los suelos con mala compactación, porque están parcialmente saturados y pueden modificar su estabilidad volumétrica (Chávez, Espinoza, & Alarcón, 2016). Cualquier estructura que se apoye en esta clase de suelos sufrirá deformaciones producidas gracias a la expansión de la arcilla, ya que estos movimientos se reflejan durante las grietas de la parte superior de muros y pisos, para lo cual se buscan soluciones.

Por otro lado, se desarrolla la teoría vinculada a las fibras propuestas para mejoramiento de las propiedades mecánicas de la subrasante, las fibras PET y

el caucho en polvo. Definiendo lo que es el Polietileno tereftalato (PET) se tienen los conceptos de McCormac (2016), donde afirma que es un material perteneciente al conjunto de polímeros, es caracterizada por incorporar una enorme tenacidad y una considerable resistencia en cuestión de la fatiga y desgarró, finalmente, logro un óptimo comportamiento en humedad, ácidos, grasas, aceites y solventes.

Si se compara el PET con otros materiales, autores como Silva (2017), refiere que el PET está asociado a diferentes materiales y ha sido utilizado de diferentes maneras, así como afirma que durante los últimos años el PET se convirtió en el material más aplicado a nivel mundial y en la industria de productos en base al agua, llegando a 11 millones de toneladas, como consecuencia de sus buenas propiedades tales como transparencia, baja densidad, alta resistencia, flexibilidad, óptimas propiedades organolépticas, etc. (p. 96).

El caucho procede como resultado del procedimiento que utiliza neumáticos inservibles en desuso como pasivos ambientales luego lograr utilizarlos para la producción de hormigón asfáltico. (Amorim & Lima, 2018)

El polvo de caucho (CR) durante el planteamiento para las mezclas asfálticas aporta cualidades fundamentales en el mismo, como la durabilidad y la resistencia. (Hoyos, Puicon, & Muñoz, 2021, pág. 1).

Las propiedades mecánicas condicionan su comportamiento bajo la acción de fuerzas externas continuas o discontinuas, estáticas, dinámicas o cíclicas a las que son sometidas. (Instituto de Física, 2022), los materiales con el análisis de las propiedades mecánicas son significativo cuando se trata de seleccionar el elemento para la construcción de un objeto designado que incluye el uso tecnológico.

El CBR es una prueba que evalúa la calidad de los materiales de suelo basándose en la resistencia, que se mide mediante un ensayo de placa de escala. Por sus siglas en inglés CBR de California Bearing Ratio en español por VRS que significa Valor Relativo de Soporte. Además, la subrasante se clasifica en 6 categorías. (Fuente: MTC 2013)

Para las pruebas de laboratorio, se define las características de carga de la subrasante.

Los suelos que se encuentran en la subrasante tienen la siguiente clasificación:

- Excelente a buena: Una subrasante excelente que no se ve afectada por la humedad o la congelación. Se trata de arenas o gravas limpias, especialmente las que están bien graduadas. Propiedades típicas: Módulo de elasticidad  $\geq 170$  MPa (25.000 psi), CBR  $\geq 17\%$ . Una buena subrasante retiene gran parte de su capacidad portante cuando está húmeda. Entre ellas se encuentran la arena, la grava y un suelo limpio que no contenga trazas de plástico tóxico. Propiedades típicas: que se dan 80 MPa (12.000 psi) < módulo de elasticidad < 170 MPa (25.000 psi);  $8\% < \text{CBR} < 17\%$ .
- Buena: El suelo de la subrasante es bastante estable en condiciones de humedad adversas. Consiste en suelos como arenas eólicas, margas y gravas en las que se encuentran cantidades moderadas de arcilla y limo. Propiedades típicas: 4.500 psi (30 MPa) < 12.000 psi (80 MPa),  $3\% < \text{CBR} < 8\%$ .
- Pobre: El suelos blando y plástico se ablandan si estas se mojan. Estos suelos incluyen grandes cantidades de arcilla y limo. Los limos gruesos y eólicos también pueden mostrar una capacidad portante pobre en áreas donde la penetración de las heladas en la subrasante es un factor limitante. Propiedades típicas: Módulo de resiliencia 30 MPa (4500 psi), CBR 3%.

El ensayo como parte del procedimiento para identificar el índice de resistencia en el suelo, se denomina CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se suele realizar en los laboratorios, los suelos preparados bajo en determinadas condiciones de humedad como densidad; pero también se puede ejecutar de forma similar en muestras no alteradas tomadas de la tierra. Este indicador se utiliza para identificar la capacidad portante de la subrasante del pavimento, la base y el suelo de la subbase.

El CBR (California Bearing Ratio) se refiere al valor de soporte relativo del suelo o material, que se logre medir en la penetración de esta fuerza ejercida dentro de un cuerpo del suelo. (Carreño F. , 2020, pág. 1)

Las características y propiedades que interfieren en la subrasante se expresa su plasticidad, esta se conceptualiza en la capacidad de un material de sostener una deformación veloz, evitando el rebote elástico, sin variación volumétrica o de agrietamiento. (Juárez, y otros, 2005, pág. 129)

Los suelos se clasifican según el índice de plasticidad alto ( $IP > 20$  suelos muy arcillosos), medio ( $IP \leq 20 - IP > 7$  suelos arcillosos), bajo ( $IP < 7$  suelos poco

arcillosos) y no plástico (NP) (IP= 0 suelos arcillosos extensos). (Fuente manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013) pág. 43)

La densidad seca máxima se refiere a estado más suelto que se obtiene según ensayo normal. (Rosendo, 2008), es decir, equivale a la densidad mayor en el cual pueda llegar un suelo cuando se compacta con una humedad óptima.

La subrasante se define como el soporte directo en base a la estructura del propio pavimento y se incluye dentro del prisma de la carretera esta misma es compatible con lo que viene a ser el terreno natural. Se define a la subrasante como la capa superior de un terraplén o la capa inferior de las excavaciones en el terreno natural que debe soportar la estructura de pavimentación. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

También se refiere a la fundación sobre el cual el pavimento será construido. (Association, 2007) Es decir, tiene la propiedad especial de proporcionar la respuesta estructural y operativa del pavimento durante su construcción y funcionamiento. El grosor de la estructura del pavimento, ya sea de tipo flexible o rígido, depende en gran medida de su calidad. La capacidad portante o la resistencia de ser sometida a la deformación por corte sometido a cargas de tráfico se utiliza como factor de evaluación para esta clase.

Asimismo, es fundamental lograr la identificación y clasificación de suelos por sistemas SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y AASHTO (Asociación Americana de funcionarios de Carreteras y Transportes Estatales), en base a los tamaños que tengan las partículas los cuales logran obtenerse por el ensayo granulométrico por tamizado, para conocer las características del terreno a evaluar. En la clasificación de la AASHTO estos suelos logran dividirse en dos partes; primeramente, se conforma por suelos de carácter granular y en cuanto al otro se basa en suelos de carácter fino. Llegándose a clasificar los suelos en simbologías de A-1 a A-8; en el cual las agrupaciones que están de A-1 a A-7, se identifican como suelos orgánicos los cuales se dividen en 12 subgrupos. Finalmente, el grupo A-8 se logra clasificar en un suelo con demasiada carga orgánica (Llamoga, 2016).

Clasificación SUCS: Clasifica los suelos de carácter grueso, los suelos de carácter fino y los suelos con carga orgánica; Dicha idea se modificó por Arturo Casagrande 1942, proporcionando una alta adecuación a los resultados de la

investigación anteriormente. Estos suelos de carácter grueso y fino se someterán necesariamente por el tamiz N°200, en este sentido se logrará clasificar de una manera mejor, se explica que este suelo grueso se verá retenido en dicho tamiz por otro lado estos suelos finos serán los que pasen por el tamiz N°200. Durante la clasificación estos suelos se utilizan por símbolos de grupo, los cuales son 6 tipos de suelos, los cuales vienen a ser; orgánicos de suelos finos, Grava, arena, limo, arcilla, suelos y turba (Cusquisibán, 2014).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

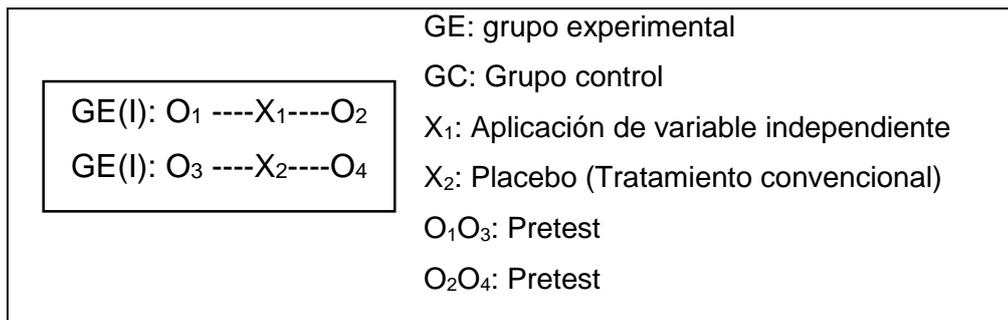
**Tipo de investigación:** La investigación es aplicada, ya que se pretende utilizar técnicas prácticas para el desarrollo experimental y se modificarán las variables del contexto.

Este estudio se caracteriza por tener propósitos claramente definidos, lo que significa que diseña, transforma, modifica o produce cambios en un área determinada, para resolver problemas de la realidad. (Hernández & Mendoza, Metodología de la investigación , 2018)

**Diseño de la investigación:** El estudio será de diseño experimental - cuasi-experimental, dado que las variables de estudio serán manipuladas intencionalmente para obtener el resultado deseado en base a los tratamientos que medirán cuantitativamente los valores estimados para establecer las diferencias comparativas entre las muestras, además de considerarse descriptivo, pues como su nombre lo indica, se describirán las mejoras observadas al agregar fibras de PET y polvo de caucho reciclado.

Asimismo, los diseños cuasi-experimentales consisten en manipular una variable independiente para observar el efecto que representa sobre las variables dependientes. (Hernández Sampieri, 2014). Además, consiste en un diseño cuasi - experimental, el cual deriva del diseño experimental, el investigador define el lugar de donde extrae la muestra a estudiar.

**Enfoque de la investigación:** Es cuantitativo, las hipótesis son predeterminadas, miden las variables y su aplicación se basa en el proyecto previamente elaborado; En el proceso de desarrollo, el investigador se centra en la validez, la coherencia y el control de la condición de investigación. (Hernández & Mendoza, 2018) ya que la investigación comprobaba la hipótesis mediante los análisis numéricos y el mejoramiento de la plasticidad, resistencia de la subrasante y compactación.



### 3.2. Variables y Operacionalización

- **variable independiente:** Fibras PET y polvo de caucho
- **variables dependientes:** Propiedades mecánicas a nivel subrasante, en ese entender definiremos de la siguiente manera:

**Definición conceptual de la variable independiente:** El PET (tereftalato de polietileno) es un polímero termoplástico de condensación, se usa como material para la fabricación de diversos productos, principalmente para hacer botellas y otros materiales. (Carreño F. , 2020)

**Definición operacional:** Las fibras de PET aportan mayor resistencia mecánica y rigidez, lo que también supone un ahorro en el coste de las materias primas para la construcción. (Querétaro, 2017)

**Indicadores:** En la investigación la dimensión fibra de PET se medirá los siguientes indicadores: Porcentaje de adición PET: 0.5% - 1% - 1.5%

**Definición conceptual de la variable independiente:** El polvo de caucho es solo el resultado del proceso de utilización de llantas inservibles que se expulsa al medio ambiente para su uso en la producción de concreto asfáltico. (Amorim & Lima, 2018)

**Definición operacional:** El polvo de caucho es utilizable para la elaboración de pisos de caucho corrido, baldosas, pistas deportivas, aditivo para mezclas bituminosas, relleno para canchas de césped artificial, etc. (José López, 2017)

**Indicadores:** En la dimensión de polvo de caucho se medirán los siguientes indicadores: Polvo de Caucho: 5% - 10% - 15%

**Definición conceptual de la variable dependiente:** Las Propiedades mecánicas a nivel subrasante con los que respecta al tipo y las propiedades de la subrasante son determinantes en los requerimientos y en el futuro desempeño de la estructura de pavimento. (Sandoval & Rivera, 2019)

**Definición operacional:** En la ingeniería civil, especialmente en el campo de los suelos, la tecnología de estabilización con polímeros se utiliza ampliamente para mejorar sus tensiones, deformaciones y deformaciones. Muchos de los productos poliméricos promocionados para la estabilización de suelos son acetato de vinilo o copolímeros de base acrílica; sin embargo, se ha dedicado mucha investigación al estudio del cemento, la cal, las cenizas volantes y otros estabilizadores convencionales. (Serrano rodriguez, 2018)

**Indicadores:** Las dimensiones de Propiedades mecánicas a nivel subrasante son CBR con un indicador de Capacidad de soporte California CBR) % Y densidad seca máxima con un indicador de Kg/m<sup>3</sup>.

### 3.3. Población, Muestra y Muestreo

**Población:** Desde un punto de vista estadístico, se denomina población o universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio. (Borja Manuel (2016)

Para la presente investigación la población se considera a las muestras de los ensayos realizados durante la investigación por la que también se llevaran los modelos con la aplicación de fibras PET y polvo de caucho reciclado en los suelos arcillosos en el Distrito de San Jerónimo Provincia de Cusco, Región Cusco por la que están en función a los porcentajes de 0.5%, 1%, 1,5%, de fibras PET y 5 %, 10%, 15% de polvo de caucho siendo un total de 27 muestras para la población.

**Muestra:** La muestra se determinó a juicio de los investigadores, cabe recalcar que es un muestreo no probabilístico de población finita, para poder obtener la muestra se realizaron ensayos y de los resultados se identificó la muestra para esta investigación por lo que se tomó criterios de correspondencia con las propiedades mecánicas a nivel subrasante: A.P.V Huarancalle, distrito de San Jerónimo.

La muestra es representativa de la población seleccionada que consta de 03 calicatas para el estudio de las características del terreno que está formado por 700m siendo la longitud de la calle, tiene un ancho de 6,60 de la calzada en la que se determinó el tipo de vía colectora según la Norma Técnica CE. 010 - Pavimentos Urbanos, para obtener el número de calicatas según el tipo de vía a considerar. Las vías colectoras se denominan aquellas que se utilizan para

llevar el tránsito desde las vías locales hasta las vías arteriales, que atienden el tráfico vehicular como para el acceso a las edificaciones continuas, por otra parte, el flujo de tráfico a menudo se corta por intersecciones señalizadas cuando conectan con las vías arteriales, cuando unen con las vías locales. (Norma Técnica CE. 010 pavimentos Urbanos)

En A.P.V Huarancalle, se evalúa una calzada de 6,60 metros de ancho y 700 metros de largo, con un área total de 4.620 metros cuadrados, tras lo cual se utilizará la siguiente tabla elaborada según las normas técnicas CE. 010 - pavimentación urbana, para declarar el número de lugares de estudio a considerar para cada tipo de carretera en función de la superficie evaluada. Para la investigación de la muestra constará de 27 ensayos.

*Tabla 1: Muestra 27 muestras a 3 calicatas*

Muestras para analizar el CBR (3) calicatas			
Muestra con adición de PET	0.5%	3	9 CBR
	1%	3	
	1.5%	3	
Muestra con adición de polvo de Caucho	5%	3	9 CBR
	10%	3	
	15%	3	
Muestra Natural (CBR Natural o CBR Patrón)			9 CBR
TOTAL			27

Fuente: elaboración propia

**Muestreo:** El diseño muestral del estudio es no probabilístico porque las muestras de suelo (unidades de análisis) serán seleccionadas para ser sometidas a la experimentación con la dosis propuesta de los aditivos, además, el subtipo de muestreo es intencional, ya que se dará a discreción de los investigadores.

En la investigación, la unidad de análisis está constituida por la aplicación de fibras de PET y polvo de caucho reciclado a las muestras extraídas de la vía colectora de acuerdo con la norma técnica CE. 010 - Pavimentos urbanos.

La investigación se realiza considerando el tipo de vía, con un mínimo de tres (03) Calicatas:

*Tabla 2: Clasificación de vía*

<b>Tipo de vía</b>	<b>Número de puntos de investigación</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Colectoras	1 cada	1500
Locales	1 cada	1800
Expresas	1 cada	1000
Arteriales	1 cada	1200

Fuente: CE.010 norma de pavimentos urbanos

### **3.4. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos**

La técnica que se aplicara en esta investigación es la de observación directa se dará debido al recorrido que se realizará en el área de estudio, así como la observación de los cambios mecánicos del suelo donde se ejecutan los estudios con el polvo de caucho y fibras PET.

En instrumento de la investigación es la hoja o ficha de registro de datos.

La recolección de datos considerará los siguientes ensayos de laboratorio:

- Análisis granulométrico
- Límite líquido
- Límite plástico
- Contenido de humedad
- Máxima densidad seca
- Ensayo Proctor modificado o estándar contenido óptimo de agua
- California Bearing Ratio(CBR)

### **3.5. Procedimientos:**

En esta investigación, procederemos después de haber hecho la revisión documental y haber planteado el problema general, procederemos de la siguiente manera:

**Primero:** Nos acercaremos al ámbito de la investigación para identificar el lugar y realizar el procedimiento de investigación.

**Segundo:** Se realizará la excavación del suelo según lo indicado en la hoja de muestreo y según la normativa donde indica el número de puntos de excavación.

**Tercero:** Para el suelo en condiciones naturales, se realizarán los ensayos o se aplicarán al suelo que se encuentra en estado natural, cada muestra extraída de los pozos de ensayo realizados en el área de estudio será transportada al laboratorio, para determinar el contenido de humedad de la muestra natural, el análisis granulométrico por tamizado, los límites de Atterberg y a continuación se indica la clasificación de los suelos por los métodos SUCSS y AASHTO. Luego, se realizará la compresión con la energía estándar (Proctor estándar) para determinar los valores de densidad máxima y humedad óptima y se emitirá el ensayo CBR final para determinar el porcentaje del índice de resistencia al suelo natural, y luego se aplicará. al suelo arcilloso de la subrasante, las fibras de PET y el polvo de caucho, por lo que cada uno se agregará en porcentaje.

**Cuarto:** Una vez realizada la combinación del suelo natural con las fibras, se podrá definir y obtener los datos para su análisis de estudio. Posteriormente, se tratará el suelo con un porcentaje de polvo de caucho a la muestra, se comenzará con los límites de Atterberg para determinar cómo afectarán los nuevos valores de plasticidad al suelo, luego se realizará la compactación de la muestra con una energía modificada, (Proctor Estándar) con una combinación de diferentes porcentajes de polvo de caucho al 5%, 10% y 15% Y fibras de PET al 0,5%, 1% y 1,5%, para calcular los nuevos valores del MDS y OCH. Finalmente, se calculará el CBR de las muestras tratadas para determinar los niveles de resistencia.

### **3.6. Método de análisis de datos:**

La presente investigación para el análisis de datos y obtener los resultados de la información de la unidad de muestreo de suelos arcillosos del distrito de San Jerónimo, se tendrá que realizar pruebas y/o ensayos que deberán regirse por el manual de ensayos que lo establece el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el año 2016.

Estas se desarrollarán bajo la normativa:

- Manual de ensayo de materiales por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Norma Técnica CE. 010 pavimentos Urbanos.

Así mismo, para la técnica visual del análisis de datos:

- El programa AutoCAD 2019.
- El procesamiento con el software informático Excel

Tabla 3: Método de análisis de datos

Nro.	Nombre de ensayo	Duración	Procedimiento
1.	Ensayo de contenido de humedad ASTM D 4200	1 semana	<p>El contenido de humedad se refiere relación, calculada en porcentaje, del peso del agua en un determinado volumen de suelo y el contenido de partículas sólidas.</p> <p>Los equipos: Horno de secado, balanza, contenedores y herramientas para manipulación de contenedores. La muestra es acopiada y remitida acorde indica la Norma ASTM D-4220, en un contenedor previamente pesado, los datos del peso de suelo húmedo más el recipiente son anotados, para luego colocar en el horno eléctrico en un periodo de 24 horas de secado, se dejará enfriar el material y el contenedor a temperatura ambiente, se anota el peso de suelo seco más recipiente. El ensayo se repite.</p>
2.	Ensayo de análisis granulométrico		<p>El objetivo de este ensayo esta determinada a cuantifica el tamaño de las partículas del suelo. Los equipos son: balanza, tamices de malla cuadrada, estufa, envases, cepillo y brocha.</p> <p>Se realiza el cuarteo de la muestra con la que se trabaja, la muestra húmeda se coloca en el horno por 24 horas, después se realiza el lavado a través de la malla N°200, luego se seca la muestra lavada en el horno, una vez seca, finalmente se tamiza la muestra. Esto determinará los cálculos.</p>

<p>Ensayo de 1 Compactación SEMANA (Proctor Modificado)</p>	<p>El objetivo de la muestra, determina la relación de contenido de agua y peso de suelo seco. Los equipos son equipos: moldes cilíndricos, probeta graduada de 500 cm<sup>3</sup>, pisón 10 lb, balanza de 0.1gr. de precisión, horno de secado, reglas consecutivas de metal duro de 10 pulgadas, 2", ¾ y n°4, y varias herramientas como, bandeja, cuchara, paleta, paleta, cuchara, etc.</p> <p>Inicialmente la muestra debe ser cuarteada, tamizada por malla n°¾, para el secado el material puede ser al aire libre o en horno, se prepara una muestra de 6kg a 6.5kg para ensayo, se remoja, con agua calculada y uniforme. Cada prueba deberá tener un aumento constante de la humedad. La primera capa se colocará en el molde y se aplicarán 56 golpes de acuerdo a este método de prueba, la última capa quedará en el collar para luego ser recortada. Se aplana el molde con una regla de metal, se quita primero el collarín. Se retira la base y se registra el peso del suelo más el moho.</p> <p>Se separó el suelo y se tomaron muestras para determinación de humedad, mínimo 500 gr. para material granular tomado de la parte central del molde. Las muestras se llevaron a un horno para determinar la humedad. Con el material restante se repite el mismo procedimiento que mencionamos para los tres puntos restantes.</p>
<p>CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM D1883 - CBR</p>	<p>Combinar en tanto la muestra con el agua de este modo lograr una humedad optima, luego la compactación del mismo suelo en cinco capas cada una con una cantidad diferente de golpes de 56, 25 y 10, recolectar los datos del suelo que se sometio a compactación y el molde, adecuar el molde por encima de la base que este perforada</p>

---

colocando un papel filtro tanto por encima y debajo de la propia muestra, disponer las pesas anulares con peso de 10 lbs directamente a cada molde que fue sometido a compactación, luego durante el periodo de cuatro días sumergir dentro de una poza de saturación para luego identificar deformaciones o expansiones con la instalación de un deformímetro, luego utilizar la prensa para escurrir el molde junto a la muestra saturada y de este modo registrar los datos obtenidos de las lecturas del dial en contra de la penetración esta misma estará a una velocidad aplicada de 0.05 en unidades de pulgadas por minuto. Como parte final se procede a realizar el grafico en cuestión de la carga en unidades de libras en contra de la penetración con unidades en pulgadas para lo que es 56, 25 y 10 golpes para cada capa , hacer la corrección de este modo obtener valores para lo que es 0.1 y 0.2 pulgadas en cuanto a la penetración y así graficar la densidad seca para 56, 25 y 10 golpes por cada capa en contra del porcentaje de CBR que esta en 0.1" y 0.2" y se obtiene el índice de CBR al 95% de máxima densidad seca.

---

Determinación  
del Límite  
líquido de los  
suelos  
MTC E110

El límite plástico para hallarlo, se procede a obtener rollitos con diámetro de 3mm o 1/8" haciendo uso del amasado del suelo hasta que este se agriete luego se anota lo que es el peso del suelo húmedo junto al recipiente en duplicado así conseguir el límite plástico el cual está dependiendo de los valores promedios de los humedales. Consecuentemente se procede a calcular el índice de plasticidad, el cual se halla restando el límite líquido y el límite plástico. Luego de ello hacer la clasificación del suelo por medio de los métodos SUCS y AASHTO.

---

Determinación  
del límite  
plástico (L.P) de  
los  
suelos e índice  
de  
plasticidad (I.P)  
MTC E111

Esta muestra se procede a secar al aire para luego tamizarlo utilizando la malla N° 4 (4.75 mm), así hacer el pesado de cuatro bandejas que contengan seis kilos cada bandeja, esta misma remojarla en agua del 6%, 8%, 10% y 12% al suelo, durante una noche dejar que se sature dentro de una bolsa plástica la cual debe estar sellada herméticamente , al finalizar este periodo el suelo saturado se exhibe en una bandeja al 6 %, 8 %, 10 % y 12 %, de este modo dar inicio a la compactación en un molde cilíndrico que este indicado, para 5 capas y cada una con 56 golpes , se excede para la última capa por encima de la altura del mismo molde de este modo poder enrasar la muestra luego anotar el suelo compactado junto con el molde en el formato establecido , luego hacer uso del extractor de muestra para sacar o extraer este mismo de este modo registrar la humedad contenida, , el peso del molde para luego hacer la medición del molde cilíndrico en cuanto a su diámetro con la finalidad de calcular el volumen del molde de compactación por cada espécimen extraído. Como parte final se realiza el grafico de la curva de compactación estableciendo la densidad seca en la parte vertical y el contenido de humedad en la parte horizontal, con esto se logra obtener la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

---

Fuente elaboración propia.

### **3.7. Aspectos Éticos**

El desarrollo de la investigación en el contexto de la pandemia de COVID 19 que se vive en la actualidad, en primer lugar, se aplicarán los protocolos de bioseguridad en el trabajo bajo las consideraciones de las normas de Seguridad y Salud en el Trabajo y también como aspecto principal Deberá tomar datos o información de documentación aprobada y real, por otro lado, para obtener las pruebas de ensayo, deben ser reales y deberá poner datos reales en las hojas de evaluación y los resultados se reflejarán con veracidad de acuerdo a las pruebas. estudiadas, las cuales están establecidas en la Universidad César Vallejo. Así mismo, la obtención de resultados en este estudio no tendrá consecuencias ni manipulación de ningún factor para la orientación errónea para que de esta manera se cumpla con el objetivo propuesto. También se puede indicar que los resultados serán productos del desarrollo de la investigación bajo los parámetros indicados en los manuales y en la normativa que ayudan a una mejor comprensión de la misma sin ninguna falsedad.

#### IV. RESULTADOS

Tabla 4: Resultados de los ensayos en laboratorio de la muestra natural

ENSAYO		CALICATA #1	CALICATA #2	CALICATA #3
<b>Contenido de humedad</b>		7.26%	5.75%	3.52%
<b>Límites de consistencia</b>	Límite Líquido (LL)	21.58%	21.21%	21.43%
	Límite Plástico (LP)	15.73%	15.60%	15.35%
	Índice de Plasticidad (IP)	5.85%	5.61%	6.08%
<b>Clasificación</b>	SUCS	CL-ML	CL - ML	CL - ML
	AASHTO	A-4 (4)	A-2-4(0)	A-4(3)
<b>Parámetros suelo</b>	MDS	2.13 g/cm <sup>3</sup>	2.14 g/cm <sup>3</sup>	2.15 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad óptima	7.47%	6.83%	7.36%
<b>CBR</b>	AL 95%	5.22 %	4.37%	5.05%
	AL 100%	5.92 %	5.70 %	6.02 %

Fuente: Elaboración propia

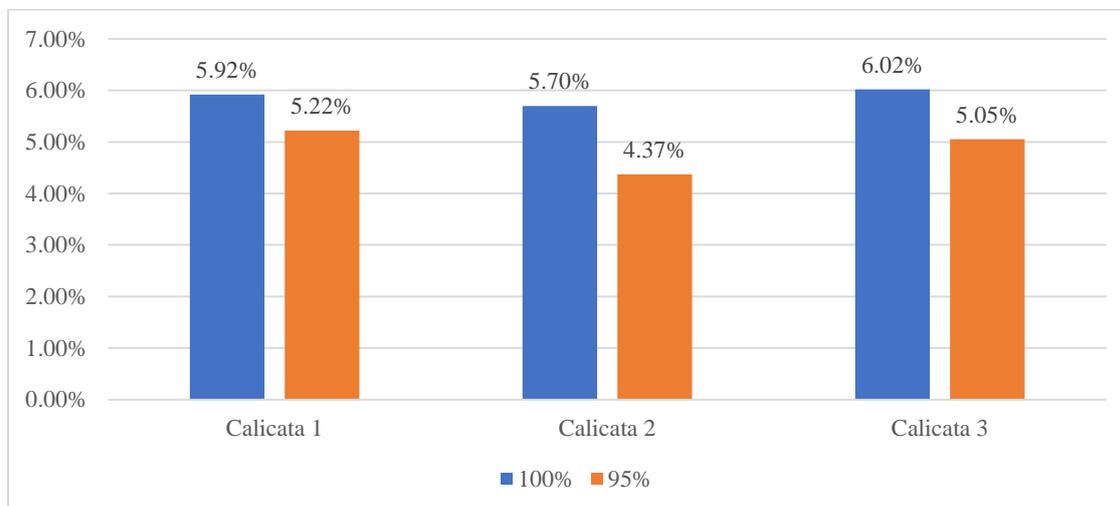


Figura 1: Comparación del CBR de las muestras en estado natural

Se muestra una resistencia baja es la calicata 2, la cual tiene un CBR (95%) de 4.37% y CBR (100%) de 5.70%, por otro lado la calicata 1, demuestra un CBR (95%) de 5.22% y CBR (100%) de 5.92% y finalmente la calicata #3 presenta CBR (95%) de 5.05% y CBR (100%) de 6.02%. por consiguiente, la calicata #2 se identificara como la muestra patrón del cual se desarrollaran los ensayos de los

Límites de Atterberg, Proctor Modificado y California Bearing Ratio (CBR) con la adición de fibras PET en porcentajes 0.5%, 0.1% y 1.5% y para la adición de polvo de caucho reciclado 5%, 10% y 15% con la finalidad de comparar todos los resultados, por cada dosificación de la muestra patrón, de este modo obtener la influencia de adición de fibras PET y del polvo reciclado de caucho, para la plasticidad, contenido óptimo de humedad, máxima densidad seca y resistencia de la subrasante.

Por otro lado, la fibra PET se obtuvo en la planta de reciclaje de botellas y el polvo de caucho reciclado a partir de la descomposición de neumáticos usados. Tras la recolección de la fibra PET y polvo de caucho reciclado, se transportó al laboratorio y se realizaron los ensayos de los Límites de Atterberg, Proctor Modificado y California Bearing Ratio (CBR) incluyendo a la muestra natural las dosificaciones 0.5%, 0.1% y 1.5% en fibras PET y para la adición de polvo de caucho reciclado 5%, 10% y 15%.

*Tabla 5: Resultados de los ensayos en laboratorio de la adición de fibras PET en 0.5%, 1.0% y 1.5%*

<b>Fibras PET</b>		<b>0.5%</b>	<b>1.0%</b>	<b>1.5%</b>
<b>Límites de consistencia</b>	Límite Líquido (LL)	21.88 %	22.09 %	20.81%
	Límite Plástico (LP)	15.96%	16.20%	16.22%
	Índice de Plasticidad (IP)	6.00 %	5.88%	4.59%
<b>Parámetros suelo</b>	MDS	2.13 g/cm <sup>3</sup>	2.14 g/cm <sup>3</sup>	2.11 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad óptima	6.60%	6.37%	6.43%
<b>CBR</b>	AL 95%	4.55 %	7.06%	6.97%
	AL 100%	6.62 %	8.52 %	7.38 %

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 6: Resultados de los ensayos en laboratorio de la adición de polvo de caucho reciclado en 5%, 10% y 15%*

<b>Polvo de caucho reciclado</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>
----------------------------------	-----------	------------	------------

Límites de consistencia	Límite Líquido (LL)	20.82 %	20.68 %	19.84%
	Límite Plástico (LP)	15.96%	16.57%	16.81%
	Índice de Plasticidad (IP)	4.85 %	4.11%	3.03%
Parámetros suelo	MDS	2.15 g/cm <sup>3</sup>	2.17 g/cm <sup>3</sup>	2.13 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad optima	6.39%	6.03%	6.83%
CBR	AL 95%	4.75 %	6.59%	4.28%
	AL 100%	6.75 %	8.58 %	6.21 %

Fuente: Elaboración propia

### Objetivo General:

**Analizar las propiedades mecánicas a nivel de subrasante con adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado, Cusco, 2021.**

El California Bearing Ratio (CBR) calcula la resistencia del suelo en condiciones de humedad y densidad controlada, de la misma manera la relación para la resistencia a la penetración del suelo y el soporte de capacidad como asiento de soporte en pavimentos flexibles. (Beskid, 2014).

Una vez obtenidos los resultados del Ensayo de Ratio Portante California (CBR) dicha muestra en su naturaleza y habiendo establecido la calicata con la cual se procederá a trabajar (calicata nº 2), se volverán a efectuar los Ensayos CBR con adición de fibra de PET en base a los porcentajes del 0,5%, 1%, 1,5%, y polvo de caucho reciclado del 5%, 10%, 15%, para obtener los nuevos valores resistentes en la subrasante

Tabla 7: *California Bearing Ratio (CBR) con la adición de fibra PET*

	CBR	
	Al 95%	Al 100%
<b>Calicata C-2</b>	4.37%	5.70%
<b>0.5% fibra PET</b>	4.55%	6.62%
<b>1.0% fibra PET</b>	7.06%	8.52%
<b>1.5% fibra PET</b>	6.97%	7.38%

Fuente: Elaboración propia

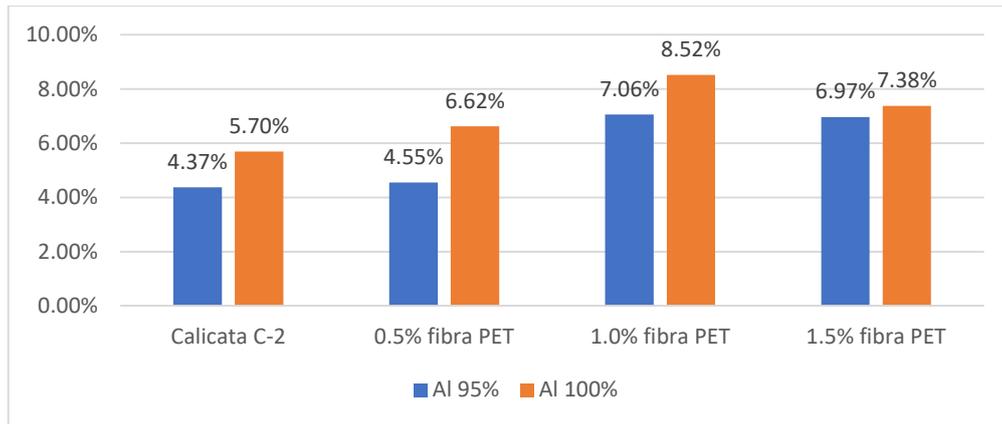


Figura 2: California Bearing Ratio (CBR) con la adición de fibra PET

**Interpretación.** El California Bearing Ratio (CBR) en la Figura 4 se observa los valores con la incorporación de las fibras PET para cada porcentaje agregado al patrón de la muestra natural. Podemos concluir de la siguiente manera: Se obtuvo el valor de CBR máximo adicionando 1.0 % de fibra PET a la muestra natural aumento el CBR (100%) de 5.70 a 8.52%.

Tabla 8: California Bearing Ratio (CBR) con adición de polvo de caucho reciclado

	CBR	
	AI 95%	AI 100%
<b>Calicata C-2</b>	4.37%	5.70%
<b>5% polvo de caucho reciclado</b>	4.75%	6.75%
<b>10% polvo de caucho reciclado</b>	6.59%	8.58%
<b>15% polvo de caucho reciclado</b>	4.28%	6.21%

Fuente: Elaboración propia

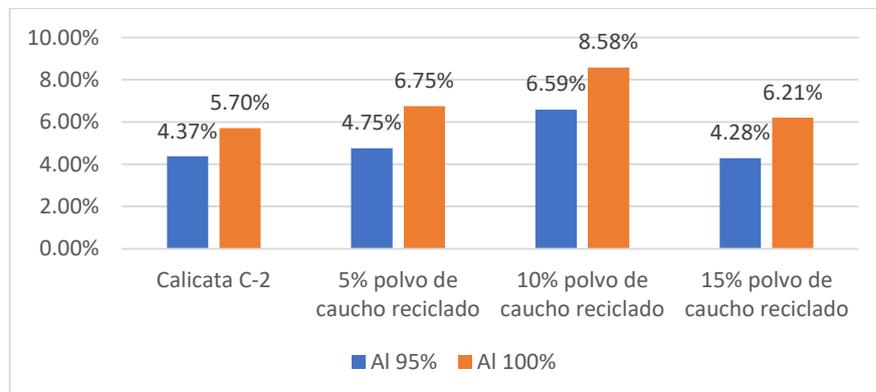


Figura 3: California Bearing Ratio (CBR) con la adición de polvo de caucho reciclado

**Interpretación.** El California Bearing Ratio (CBR) en la figura 6 muestra los valores de la incorporación de polvo de caucho para cada porcentaje de adición al patrón de la muestra natural. Podemos concluir de la siguiente manera: el valor de CBR máximo se obtiene al adicionar el 10 % de polvo de caucho a la muestra natural, el CBR (100%) aumento de 5.70 a 8.58%.

**OE1: Determinar cómo influye la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado en la plasticidad de la subrasante, Cusco, 2021.**

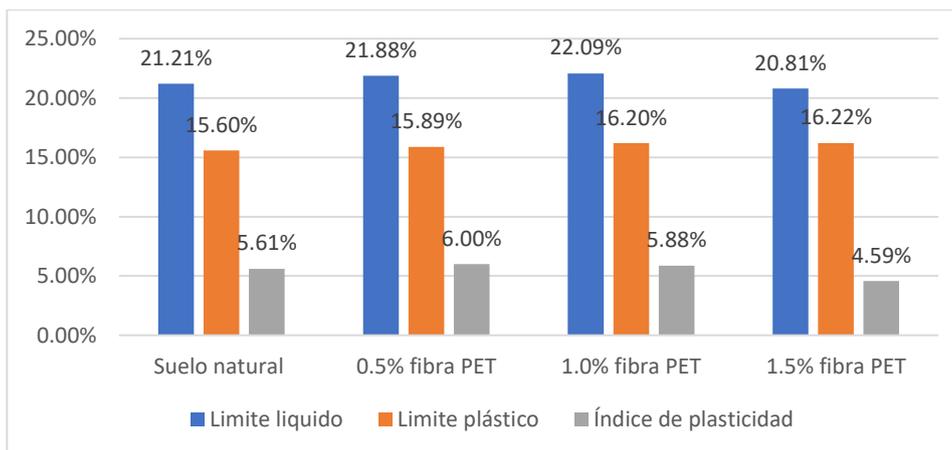
Esta plasticidad realiza un papel fundamental en el suelo, este se verifico mediante los Límites de Atterberg, el cual se basa en realizar la medición de la capacidad de retorno que este demuestra durante el paso de las cargas dinámicas que se dan por encima del terreno.

Luego de obtener los resultados de los Límites de Atterberg comparando con la muestra en su estado natural y luego de determinar la calicata de trabajo (calicata #2), se realiza nuevamente los Límites de Atterberg con la adición de fibra PET en dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% para encontrar la nueva plasticidad en la subrasante.

Tabla 9: Plasticidad con la adición de fibra PET

<b>Límites de consistencia</b>			
<b>Calicata C-2</b>	Limite liquido	Limite plástico	Índice de plasticidad
<b>Suelo natural</b>	21.21%	15.60%	5.61%
<b>0.5% fibra PET</b>	21.88%	15.89%	6.00%
<b>1.0% fibra PET</b>	22.09%	16.20%	5.88%
<b>1.5% fibra PET</b>	20.81%	16.22%	4.59%

Fuente: Elaboración propia



*Figura 4: Plasticidad con la adición de fibra PET*

### **Interpretacion.-**

Los ensayos de Límites de Atterberg con combinaciones de diferentes dosificaciones de fibras PET, han mostrado resultados favorables la incorporación del 1,5% de fibras de PET para un tipo de suelo CL (arcilla con baja plasticidad) el índice de plasticidad (IP) de la muestra natural disminuyo. Inicialmente, el resultado fue que el IP de la calicata #2 fue de 5.61%, sin embargo, al adicionar 1.5% de fibras PET se observa una reducción del IP de un 5.61% a 4.59%, evidenciando una mejora en las propiedades de plasticidad de un suelo CL.

De igual manera, luego de obtener los resultados de los Límites de Atterberg de la muestra en estado natural y determinar la calicata (calicata #2), se vuelve a realizar los Límites de Atterberg con la adición de polvo de caucho reciclado con dosificaciones de 5%, 10% y 15% para encontrar la nueva plasticidad en la subrasante.

*Tabla 10: Plasticidad con la adición de polvo de caucho reciclado*

<b>Calicata C-2</b>	<b>Límites de consistencia</b>		
	Limite líquido	Limite plástico	Índice de plasticidad
<b>SN</b>	21.21%	15.60%	5.61%
<b>5% polvo de caucho reciclado</b>	20.82%	15.96%	4.85%

<b>10% polvo de caucho reciclado</b>	20.68%	16.57%	4.11%
<b>15% polvo de caucho reciclado</b>	19.84%	16.81%	3.03%

Fuente: Elaboración propia

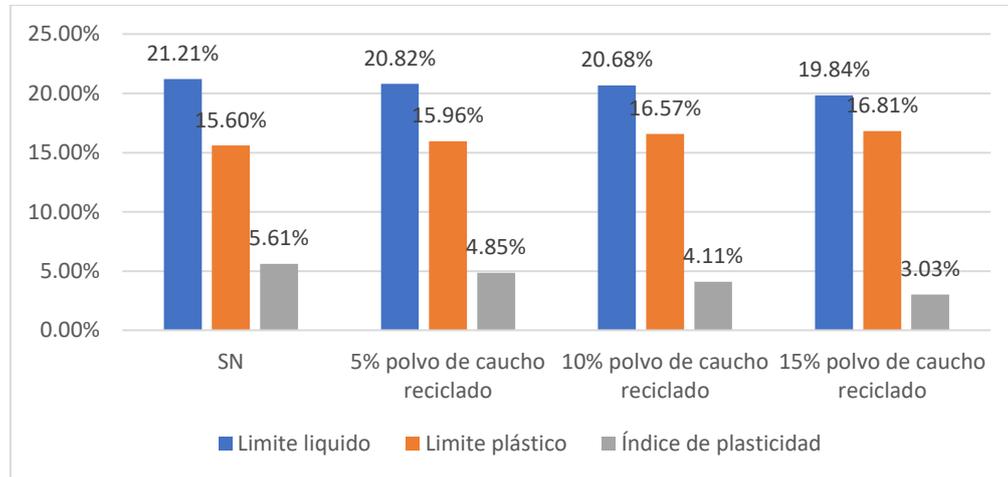


Figura 5: Plasticidad con la adición de polvo de caucho reciclado

#### Interpretacion.-

Los ensayos de Límites de Atterberg con la combinación de diferentes dosificaciones de polvo de caucho reciclado son proporcionales, es decir, cuanto mayor es el porcentaje que se adicione, el IP tiende a bajar, en la figura 22 se descubrieron resultados hacia un tipo de suelo CL (arcilla con baja plasticidad) ya que se vio reducido el índice de plasticidad (IP) con respecto a la muestra natural. Primeramente, el resultado fue que el índice de plasticidad de la calicata número 2 fue de 5.61%, no obstante, al incluir polvo de caucho reciclado con un porcentaje en demasía se logra demostrar una disminución del IP de la muestra natural, de esta forma que incluyendo un 15% de polvo de caucho reciclado se disminuyó el IP que va de 5.61% a un 3.03%, perfeccionando las propiedades de plasticidad de un suelo CL.

**OE2: Determinar cómo influye la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado en el Contenido óptimo de Humedad y Máxima Densidad Seca a nivel de subrasante, Cusco, 2021.**

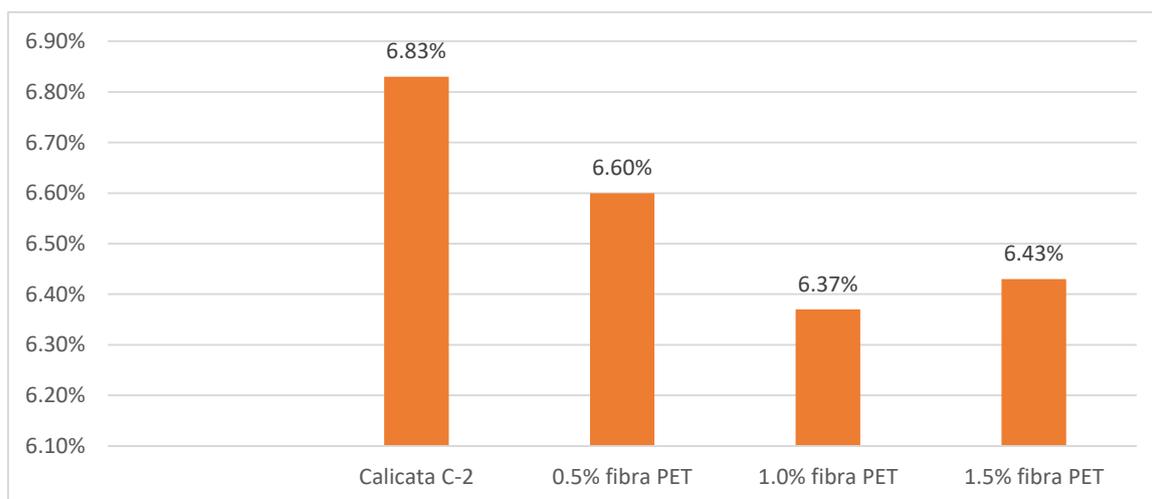
Con la finalidad de conseguir el óptimo contenido de humedad es necesario estar al tanto de la humedad natural que posee el terreno puesto que en base a ese valor se comprobara el importe de agua requerida para alcanzar el óptimo contenido de humedad, de este modo para cada muestra de suelo concurre un adecuado contenido de humedad para lograr la máxima densidad viable mediante la suma conveniente de energía del compactado.

Una vez obtenidos los datos del Ensayo Proctor estándar en fase natural la muestra y haberse reconocido la calicata con la cual se procederá a ocuparse (calicata #2), se vendrá a ejecutar reiteradamente los Ensayos del Proctor estándar con la inclusión de fibra PET en dosis de 0.5 %, 1.0 % y 1.5 %, de este modo adquirir los la dosificación del Óptimo Contenido de Humedad y su máxima densidad Seca en la subrasante.

*Tabla 11: Contenido óptimo de Humedad (COH) y Máxima Densidad Seca (MDS) con la adición de fibra PET*

<b>Parámetros suelo</b>		
	MDS (máxima densidad seca)	Humedad Optima
<b>Calicata C-2</b>	2.14 g/cm <sup>3</sup>	6.83%
<b>0.5 % fibra PET</b>	2.13g / cm <sup>3</sup>	6.60%
<b>1.0 % fibra PET</b>	2.14g / cm <sup>3</sup>	6.37%
<b>1.5 % fibra PET</b>	2.11g / cm <sup>3</sup>	6.43%

Fuente: elaboración propia



*Figura 6: Optimo Contenido de Humedad (OCH) con la adición de fibra PET*

### Interpretación:

En la figura 11, los resultados conseguidos de Óptimo contenido de Humedad con la incorporación fibras PET a la muestra natural, En cuanto al comprendido de humedad la adición de 1% de PET es el más favorable para un óptimo comprendido de humedad en el cual se redujo el OCH que estaba en 6.83 % y se redujo a 6.37%.

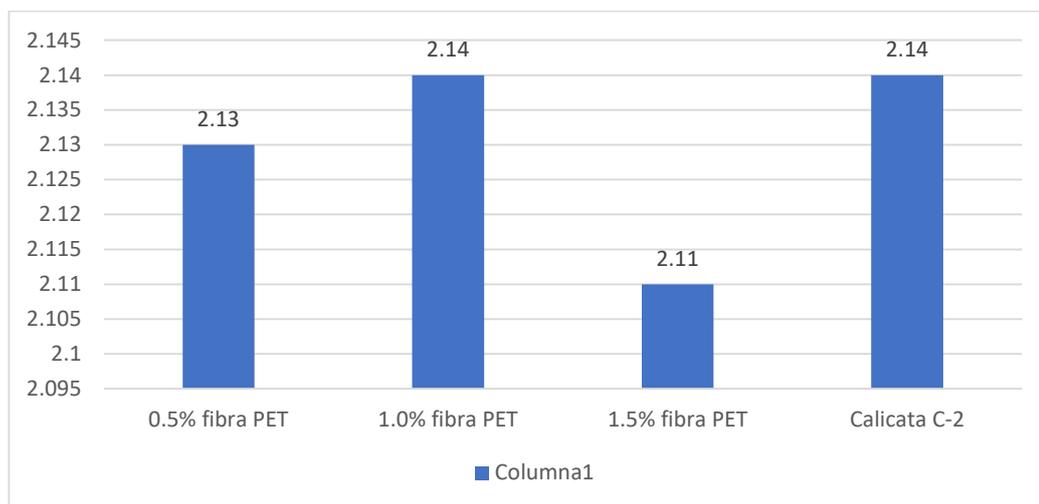


Figura 7: Máxima Densidad Seca (MDS) con la adición de fibra PET

### Interpretación.

Se muestra en la Figura 12 los valores obtenidos con Máxima Densidad Seca en la agregación con Fibras PET dirigido muestra natural, Respecto a la Máxima densidad seca la adición del 1.5 % de fibras PET es el más significativo, al incorporar un 1.5% de fibras PET a la muestra natural disminuyó la Máxima Densidad Seca de 2.14 g/cm<sup>3</sup> a 2.11 g/cm<sup>3</sup>.

Una vez obtenidos los valores del Ensayo Proctor estándar de la muestra natural e identificar la calicata con la cual se trabajará (calicata #2), se vuelve a efectuar reiteradamente los Ensayos del Proctor estándar junto a la adición polvo de caucho reciclado en dosis de 5%, 10% y 15%, para finalmente conseguir dosificación óptima del Óptimo Contenido de Humedad y Máxima densidad seca en la subrasante.

Tabla 12: Óptimo Contenido de Humedad (OCH) y Máxima Densidad Seca (MDS) con la adición de polvo de caucho reciclado

	Límites de consistencia	
	MDS (máxima densidad seca)	Humedad Optima
<b>C-2</b>	2.14 g/cm <sup>3</sup>	6.83%
<b>5% polvo de caucho reciclado</b>	2.15g/ cm <sup>3</sup>	6.39%
<b>10% polvo de caucho reciclado</b>	2.17 g/ cm <sup>3</sup>	6.03%
<b>15% polvo de caucho reciclado</b>	2.13g/ cm <sup>3</sup>	6.83%

Fuente: elaboración propia

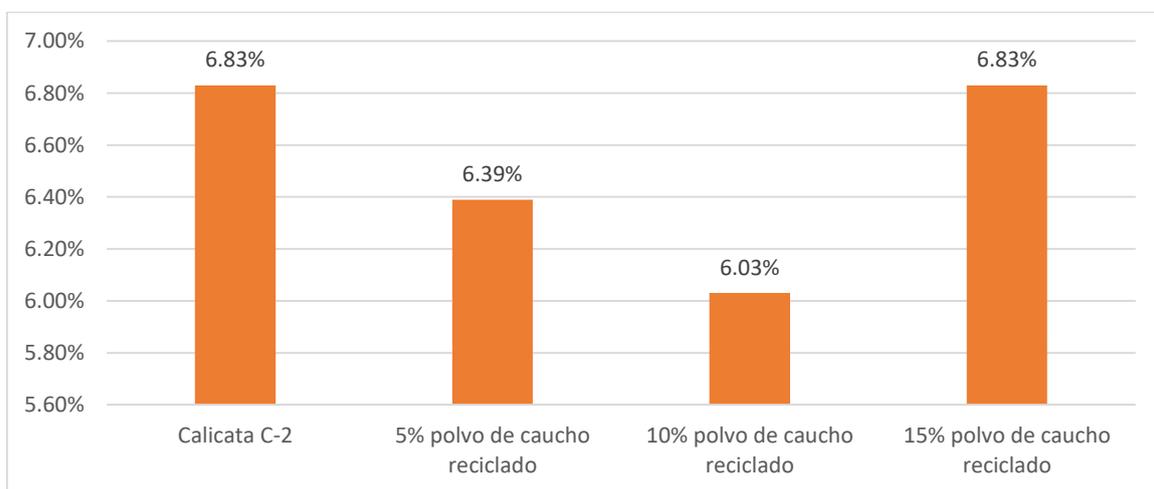


Figura 8: Óptimo Contenido de Humedad (OCH), con la adición de polvo de caucho reciclado

**Interpretación.** La figura 13, muestra los datos obtenidos de Optimo contenido de Humedad con la adición de Polvo de caucho a la muestra natural, el contenido de humedad con la adición de 10% de polvo de caucho es el más favorable para un óptimo contenido de humedad donde esta se redujo el OCH de 6.83 % a 6.03%.

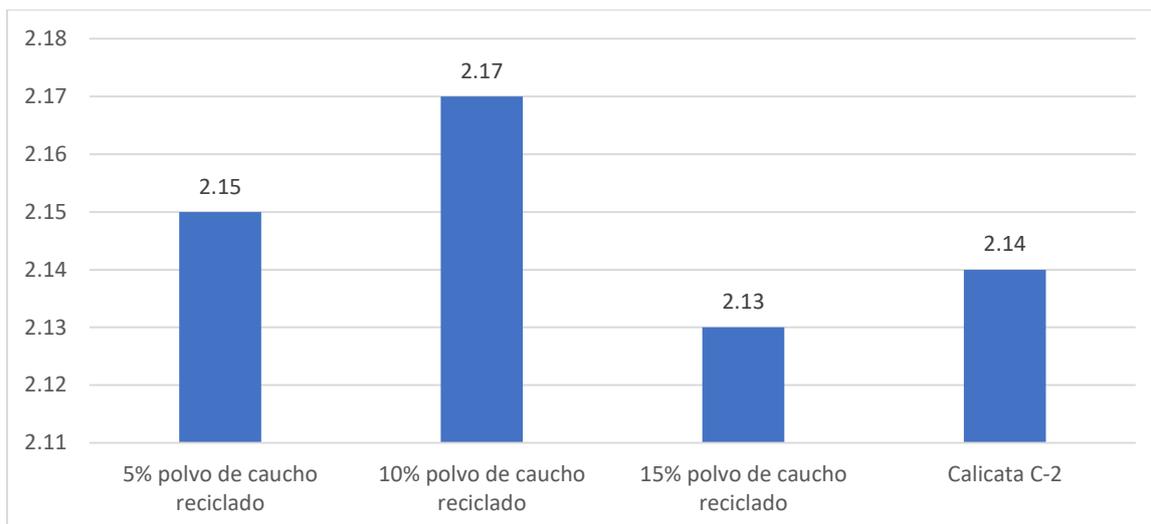


Figura 9: Máxima Densidad Seca (MDS) con la adición de polvo de caucho reciclado.

**Interpretación.** La Figura 14, muestra los datos obtenidos de Máxima Densidad Seca con la adición de polvo de caucho a la muestra natural, en términos de la Máxima densidad seca del 10% de polvo de caucho es el más significativa, al incorporar un 10% de polvo de caucho a la muestra natural. Las muestras aumentaron la Máxima Densidad Seca de 2.14g/cm<sup>3</sup> a 2.17 g/cm<sup>3</sup>.

**OE3: Determinar la dosificación óptima de la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado en la resistencia de la subrasante, Cusco, 2021.**

Los resultados del CBR que se obtuvieron con la adición de fibras PET fueron favorables ya que el CBR natural al 100% incremento de 5.70%, tras la adición de 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibras PET se determinó, que al incorporar un 0.5% de fibras PET aumento el CBR de 5.70 a 6.62%, a su vez la incorporación del 1.0% de fibras PET aumento el CBR de 5.70% a 8.52% y adicionando un 1.5% de fibras PET aumentó el CBR de 5.70% a 7.38% por lo tanto los porcentajes de dosificación propuestos son óptimos para el incremento del CBR y se observó que el valor máximo de CBR al adicionar 1 % de fibras PET

Los resultados del CBR que se obtuvieron con la adición de polvo de caucho reciclado fueron favorables, el CBR natural al 100% se aumentó a 5.70%, tras la incorporación de 5%, 10% y 15% de polvo de caucho reciclado se determinó que al incorporar un 5% de polvo de caucho reciclado aumento el CBR de 5.70% a

6.75%, a su vez incorporando 10% de polvo de caucho reciclado aumento el CBR de 5.70% a 8.58% y finalmente al incorporar un 15% de polvo de caucho reciclado se incrementó el CBR de 5.70% a 6.21% por lo tanto los porcentajes de dosificación propuestos son óptimos para incrementar el CBR y el valor máximo de CBR se obtuvo al agregar 10% de polvo de caucho.

## **V. DISCUSIÓN**

### **Discusión 1:**

Condori y Rojas (2020) analiza el efecto causado por la adición de polímeros reciclados PET fundido en la estabilización de suelos arcillosos de la carretera Vilcaniza a nivel subrasante con adición de 2%, 4% y 6% de PET, presento un suelo arcilloso con un CBR de 6.8% y luego de incorporar PET al suelo natural concluye que la incorporación de polímeros reciclados PET mejora las propiedades mecánicas y físicas de un suelo arcilloso dado que el California Bearing Ratio (CBR) es proporcional a la incorporación de las fibras PET, es decir, a mayor porcentaje se obtiene mayor resistencia, al incorporar el 2% de PET se incrementó el CBR de 6.8% a 11%, así mismo incorporando 4% de PET se incrementó el CBR de 6.8% a 11%, y finalmente al incorporar 6% de PET aumento de 6.8% a 11.9%. A partir de la investigación de Condori y Rojas, hemos llegado a la conclusión que nos permite discutir de alguna manera que el PET influye considerablemente en mejora y modificación de las propiedades mecánicas y físicas de un suelo, A su vez en nuestra investigación en la APV-Huarancalle del Distrito de San Jerónimo – Cusco presenta un tipo de suelo CL – ML (Arcilla limosa de baja plasticidad) un CBR de 5.70% el cual fue mejorado tras la incorporación de 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibras PET se obtuvo un incremento del CBR, teniendo como resultado que incorporando el 0.5% de fibras PET aumento el CBR de 5.70% a 6.62%, mientras que incorporando el 1.0% de fibras PET aumento el CBR de 5.70% a 8.52% y finalmente incorporando el 1.5% de fibras PET aumento el CBR de 5.70% a 8.52%, pudimos corroborar que la incorporación de fibras PET en el suelo terreno natural con porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% mejora la resistencia del suelo por lo que los resultados muestran un incremento de CBR elevando su capacidad de soporte haciendo que el suelo sea más resistente a las deformaciones causadas por el

tránsito vehicular, por lo que coincidimos con la investigación de Condori y Rojas, quienes demostraron que el PET optimiza la resistencia del suelo.

Así mismo Valverde en su tesis Mejoramiento de la subrasante con la incorporación del caucho en polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, determina cómo la composición del polvo de caucho afecta resistencia de la subrasante, tiene un tipo de suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad), inicialmente presenta un California Bearing Ratio (CBR) es de 4,70% después de la incorporación de caucho en polvo (inferior 2 mm) en porcentajes de 3%, 5% y 7%. se obtuvo una reducción del CBR, mostrándolos en sus resultados, al incorporar el 3% de caucho en polvo se redujo el CBR de 4.70% a 4.50%, mientras que al incorporar 5% de caucho en polvo, el CBR se redujo de 4.70% a 4.40% y finalmente incorporando el 7% de caucho en polvo se redujo el CBR de 4.70% a 4.20%, por lo que los resultados muestran una reducción en la resistencia de un suelo CL, caso contrario ocurre en nuestra investigación en la APV- Huarancalle del Distrito de San Jerónimo – Cusco, se determinó un tipo de suelo CL – ML (Arcilla limosa de baja plasticidad) que presento un CBR de 5.70% el cual fue mejorado tras la incorporación de 5%, 10% y 15% de polvo de caucho se obtuvo un incremento del CBR, resultando que al incorporar 5% de polvo de caucho se incrementó el CBR de 5.70% a 6.75%, y finalmente al incorporar el 10% de polvo de caucho aumento el CBR de 5.70% a 8.58% y finalmente al incorporar 15% de polvo de caucho se incrementó el CBR de 5.70% a 7.38%, pudimos corroborar que la incorporación de polvo de caucho en el terreno natural con porcentajes de 5%, 10% y 15% mejora la resistencia del suelo por lo que los resultados evidencian un incremento de CBR elevando la capacidad de soporte teniendo un suelo más resistente a las deformaciones causadas por el tránsito vehicular, por lo que discrepamos con las conclusiones de la investigación de Condori y Rojas.

### **Discusión 2:**

Castro y Ocampo (2021) respecto a la plasticidad de la subrasante de las tres calicatas se obtuvo los resultados de laboratorio, de tal manera que se dio mayor importancia a la calicata dos por ser la más crítica, se analizaron las muestras en un suelo CH (arcillas inorgánicas con plasticidad alta) obteniendo los siguientes resultados del suelo natural: LL 93,81%, LP 59,48% Y IP 34,34% para

lo cual se incorporaron a la muestra natural partículas de PET al 1.5%, 2% y 2.5%, de las cuales al 1.5% se obtuvieron los siguientes resultados: su LL de 93,81% a 88,87%, LP de 59,48% a 51,26% Y IP de 34,34% a 37,61%. Y al 2% su LL de 93,81% a 77,72%, LP de 59,48% a 51,60% Y IP de 34,34% a 26,12% Y finalmente 2.5% su LL de 93,81% a 77,96%, LP de 59,48% a 48,57 % Y IP de 34,34% a 29,38 %. Se verificaron los resultados obtenidos determinando que la plasticidad de la subrasante es favorable con estas incorporaciones de partículas PET. En la subrasante del APV Huarancalle, del distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco, se obtuvo un tipo de suelo CL- ML (Arcilla limosa de baja plasticidad), teniendo los siguientes resultados de la muestra del suelo patrón un LL de 21.21%, LP de 15.60% y IP de 5.61%, en este caso se le incorporo a esta muestra natural con las siguientes dosificaciones al 0.5% , 1% y 1.5% de fibras PET, teniéndose los siguientes resultados al 0.5% su LL de 21.21% a 21.88%, LP de 15.60% a 15.89%, y el IP de 5.61% a 6.00%, en la siguiente dosificación al 1% su LL 21.21% a 22.09%, LP 15.60% a 16.02% y su IP 5.61% a 5.88%, y por ultimo la dosificación del 1.5% donde su LL 21.21% a 20.81% , su LP 15.60% a 16.22% y IP de 5.61% a 4.59%, en la que se discute lo siguiente: Castro y Ocampo al 1.5% aumentan sus índices de plasticidad pero en el porcentaje 2 % y 2.5% disminuyen sus índices de plasticidad siendo favorables en estos dos porcentajes de partículas PET, en los cuales nuestros resultados, se observa que al incorporar al 0.5% y 1% fibras PET aumenta los índices de plasticidad de la subrasante, en cambio, al 1.5% disminuye su índice de plasticidad por lo que es un buen resultado para este porcentaje de fibras PET.

Así mismo Alvares y Gutierrez, al evaluar suelos arcillosos CL(arcilla inorgánica de baja plasticidad ) de esta muestra natural, se obtienen los siguientes resultados LL 34%, LP 21% Y IP 13%, en la cual a esta muestra natural se le incorporó caucho en polvo en los siguientes porcentajes 1.5%, 2.5% y 3.5% de tal manera que al incorporar al suelo natural el polvo de caucho al 1.5% se dieron los siguientes resultados LL de 34% a 33% baja , LP de 21% a 22% sube y IP de 13% a 11% baja, en la incorporación del siguiente porcentaje de polvo de caucho se da en 2.5% su LL de 34% a 32% baja, LP de 21% a 22% sube, Y su IP de 13% a 9% baja y finalmente, en la siguiente dosificación de caucho de

polvo al 3.5% se tiene los siguientes resultados LL de 34% a 29% baja, LP de 21% a 21% iguales y IP de 13% a 8% , se concluye que mientras se aumente el porcentaje de caucho de polvo a la nuestra natural sus resultados serán favorables, en cuanto los índices de plasticidad para lo cual el porcentaje ideal es al 3.5%.

Mientras que en la APV Huarancalle del distrito de San Jerónimo de la provincia de Cusco, se obtuvo los siguientes resultados para el tipo de suelo CL- ML (Arcilla limosa de baja plasticidad) con los siguientes resultados de la prueba natural lo siguiente: LL de 21.21%,LP de 15.60% y IP de 5.61%, de tal manera se analizaron los siguientes datos con el primer porcentaje de caucho de polvo al 5% donde el LL de 21.21% a 20.82%, se observa que tiene una disminución, LP de 15.60% a 15.96% en este caso tiende a subir y finalmente tenemos el IP de 5.61% a 4.85% teniendo una disminución . La siguiente dosificación al 10% donde su LL de 21.21% a 20.68% sube, LP de 15.60% a 16.57%sube y IP de 5.61% a 4.11% baja y finalmente tenemos al 15% donde su LL de 21.21% a 19.84% baja, LP de 15.60% a 16.81%sube y IP de 5.61% a 3.03%. En este caso, estamos de acuerdo con la conclusión de los autores Alvares y Gutierrez en la que sus resultados muestran una mejora en el índice de plasticidad del suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad), de tal manera que los índices de plasticidad de la muestra con polvo de caucho en los porcentajes 5%,10% y 15% son buenos para el tipo de suelo CL- ML (Arcilla limosa de baja plasticidad).

Valverde.

Se determino que al 3%, 5% y 7% de caucho en polvo (2mm a menos) afecta favorablemente la plasticidad de la subrasante en el suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad), al reducir los valores límite líquido y del índice de plasticidad, teniendo en un principio un límite líquido de 26.90%, límite plástico de 18.20% e índice de plasticidad de 8.70%, pero con la adición de 3% de caucho en polvo disminuyo el límite líquido de 26.90% a 21.40%, límite plástico de 18.20% a 16.60% e índice de plasticidad de 8.70% a 4.80%, con la adición de 5% de caucho en polvo disminuye el límite líquido de 26.90% a 23.30% e índice de plasticidad de 8.70% a 3.00% y aumentó el límite líquido de 18.20% a 20.30% y finalmente incorporando 7% polvo de caucho, disminuye el límite líquido de 26.90% a 23.30% e índice de plasticidad de 8.70% a 2.90% y aumentó su límite

plástico de 18.20% a 20.40%, entonces la adición del caucho en polvo influye positivamente en la plasticidad de la subrasante de la Av. Tantamayo cuadra 5. Mientras que en la APV Huarancalle del distrito de San Jerónimo de la provincia de Cusco se obtuvo los siguientes resultados para el tipo de suelo CL- ML (Arcilla limosa de baja plasticidad) con los siguientes resultados de la prueba natural lo siguiente: LL de 21.21%, LP de 15.60% y IP de 5.61%, de tal manera se analizó los siguientes datos con el primer porcentaje de caucho de polvo al 5% donde el LL de 21.21% a 20.82% se observa que tiene un descenso, LP de 15.60% a 15.96% en este caso tiende a subir y por último tenemos el IP de 5.61% a 4.85% teniendo una baja. La siguiente dosificación al 10% donde su LL de 21.21% a 20.68% sube, LP de 15.60% a 16.57% sube y IP de 5.61% a 4.11% baja y por último tenemos al 15% donde su LL de 21.21% a 19.84% baja, LP de 15.60% a 16.81% sube y IP de 5.61% a 3.03%. En este caso, coincidimos con la conclusión del autor Valverde en la que sus resultados presentan una mejora en el índice de plasticidad del suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad).

Según Akbarimehr y Aflaki (2018), en cuanto a la resistencia de la subrasante, concluyen que al utilizar polvo de caucho en un 30% en suelos CH y CL, obtuvieron efectos positivos al reducir los límites de consistencia aumenta la eficiencia y mejora la resistencia, la permeabilidad, reduce asentamientos y la densidad del suelo. Al probar en diferentes porcentajes 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% de polvo de caucho que pasa el tamiz N°40 (0.425mm) en suelos arcillosos para determinar su efecto en sus características geotécnicas realizaron ensayos correspondientes para la recolección de datos. Los resultados obtenidos en Teheran-Iran fueron que presentan suelos arcillosos CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) y CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad). Por un lado, está el suelo CH este presenta 75% de LL y 28% de LP y 47% de IP, y por otro lado el suelo CL presenta 33% de LL y 17% de LP y 16% de IP. Recomienda emplear el uso de polvo de caucho. Mientras que en la APV Huarancalle del distrito de San Jerónimo de la provincia de Cusco, se obtuvieron los siguientes resultados para el tipo de suelo CL- ML (Arcilla limosa de baja plasticidad) con los siguientes resultados de la prueba natural lo siguiente: LL de 21.21%, LP de 15.60% y IP de 5.61%, los porcentajes fueron agregados a la prueba natural respecto al polvo de caucho al 5%, 10% y 15%, en el cual se

discute con los autores Akbarimehr y Aflaki por llegar en su estudio que solo al 30% de caucho de polvo es el porcentaje adecuado mientras que nuestros resultados son positivos en todos los porcentajes agregados..

### **Discusión 3:**

Alvarez y Gutierrez (2019) en cuanto al Optimo contenido de humedad y Máxima densidad seca estudia el efecto de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho en proporciones de 1.5%, 2.5% y 3.5% analiza un suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) que inicialmente presento un OCH de 17.40% y MDS de 1.535 g/cm<sup>3</sup>. Tras la incorporación de diferentes porcentajes de polvo de caucho se tiene que al 1.5% aumento su MDS de 1.535g/cm<sup>3</sup> a 1.543g/cm<sup>3</sup>; y disminuyo su OCH de 17.40% a 17%. A su vez la incorporación de 2.5% del caucho en polvo aumento su MDS de 1.535g/m<sup>3</sup> a 1.56g/cm<sup>3</sup>; y disminuyo su OCH de 17.40% a 16.70%, así mismo la incorporación de 3.50% de caucho aumento su MDS de 1.535g/cm<sup>3</sup> a 1.562g/cm<sup>3</sup>; y disminuyo su OCH de 17.40% a 16.40%, lo ideal es emplear 3.50% de caucho en polvo en el suelo CL ya que es proporcional a su MDS es decir a mayor adición de polvo de caucho resulta mayor la MDS, por otro lado a mayor incorporación de polvo de caucho disminuye el OCH. Así mismo en nuestra investigación de la APV- Huarancalle del Distrito de San Jerónimo – Cusco, el tipo de suelo CL – ML (Arcilla limosa de baja plasticidad), inicialmente presento una MDS de 2.14 g/cm<sup>3</sup> y OCH de 6.83% y tras la incorporación de 5%, 10% y 15% de polvo de caucho se obtuvo una reducción de OCH un incremento de MDS, por ejemplo, al incorporar el 5% de polvo de caucho disminuyo su OCH de 6.83% a 6.39%, y aumento su MDS de 2.14 g/cm<sup>3</sup> a 2.15 g/cm<sup>3</sup>, seguidamente al incorporar el 10% de polvo de caucho disminuyo su OCH de 6.83% a 6.03% y aumento su MDS de 2.14 g/cm<sup>3</sup> a 2.17 g/cm<sup>3</sup> y finalmente al incorporar el 15% de polvo de caucho mantuvo su OCH de 6.83% a 6.83% y disminuyo su MDS de 2.14 g/cm<sup>3</sup> a 2.13 g/cm<sup>3</sup>, con estos resultados podemos observar que no en todas las dosificaciones utilizadas de polvo de caucho se ve una reducción del OCH e incremento de MDS tal es el caso del 10% y 15% donde evidencia que al 10% alcanza una reducción del valor máximo del OCH y al 15 % este último valor obtenido tiende a incrementar, de igual manera en el caso de la MDS se evidencia que al 10% alcanza un incremento máximo de MDS y al 15% este último valor obtenido tiende a reducir,

concluyendo así que la dosificación óptima para este estudio es al 10% de polvo de caucho donde el OCH y MDS alcanzan sus valores máximos que contribuyen al mejoramiento de suelos. Por lo que podemos afirmar que los resultados obtenidos por Alvarez y Gutierrez en su tesis son verídicas y no se encuentran discrepancias.

Condori y Rojas (2020) con respecto al Optimo contenido de humedad y Máxima densidad seca estudia el efecto de Mejoramiento con polímeros reciclados PET fundido en la subrasante de la carretera Vilcaniza con suelos arcillosos al adicionar PET en proporciones de 2%, 4% y 6% analiza el suelo natural que inicialmente presento un OCH de 16.70% y MDS de 1.452 g/cm<sup>3</sup>. Tras la incorporación de diferentes porcentajes de PET al 2% aumento su MDS de 1.452g/cm<sup>3</sup> a 1.485g/cm<sup>3</sup>; y disminuyo su OCH de 16.70% a 15.1%. A su vez la incorporación de 4% de PET aumento su MDS de 1.452g/m<sup>3</sup> a 1.502g/cm<sup>3</sup>; y disminuyo su OCH de 16.70% a 14%, así mismo la incorporación de 6% de PET aumento su MDS de 1.452g/cm<sup>3</sup> a 1.551g/cm<sup>3</sup>; y disminuyo su OCH de 16.70% a 12.2%, Concluyendo se recomienda usar fibra PET en adiciones de 4% a 6%, los cuales reduce el contenido de humedad de la subrasante e incrementa la máxima densidad seca del suelo.

La investigación de la APV- Huarancalle del Distrito de San Jerónimo – Cusco determinó un tipo de suelo CL – ML (Arcilla limosa de baja plasticidad) que inicialmente el MDS de 2.14 g/cm<sup>3</sup> y OCH de 6.83% luego de la adición de 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibras PET se obtuvo variaciones en los valores de OCH un incremento de MDS, por ejemplo, al incorporar el 0.5% de fibras PET disminuyo su OCH de 6.83% a 6.60%, y disminuyo su MDS de 2.14 g/cm<sup>3</sup> a 2.13 g/cm<sup>3</sup>, seguidamente al incorporar el 1.0% de fibras PET disminuyo su OCH de 6.83% a 6.37% y mantuvo su MDS de 2.14 g/cm<sup>3</sup> a 2.14 g/cm<sup>3</sup> y finalmente al incorporar el 1.5% de fibras PET disminuyo su OCH de 6.83% a 6.43% y disminuyo su MDS de 2.14 g/cm<sup>3</sup> a 2.11 g/cm<sup>3</sup>, con estos resultados podemos observar que en todas las dosificaciones utilizadas de PET se ve una variación en sus valores ya sea incremento o reducción de OCH y de MDS, tal es el caso del 1.0% y 1.5% donde evidencia que al 1.0% alcanza una reducción del valor máximo del OCH y al 1.5 % este último valor obtenido tiende a incrementar, de igual manera en el caso de la MDS se evidencia que al 1.0% alcanza un

incremento máximo de MDS y al 1.5% este último valor obtenido tiende a reducir, concluyendo así que la dosificación óptima para este estudio es al 1.0% de PET donde el OCH y MDS alcanzan sus valores máximos que contribuyen al mejoramiento de suelos. Por lo que se afirma los resultados de Condori y Rojas ya que en la APV Huarancalle se evidencio que a mayor reducción del contenido de humedad en el suelo, se incrementa la máxima densidad seca del suelo mejorado con la fibra PET.

#### **Discusión 4:**

Así mismo Condori y Rojas concluye que la adición de polímeros reciclados PET fundido en proporciones de 2%, 4% y 6 %, ayudan a mejorar la estabilidad de la subrasante de suelos arcillosos de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, por lo que se concluye que la incorporación de polímeros reciclados PET mejora las propiedades mecánicas y físicas, en la resistencia de la subrasante, se corrobora mediante ensayo de valor de soporte de CBR en la que se verifico que a una penetración de 0.1” del 95% de la máxima densidad seca del Proctor modificado se obtuvieron valores de 6.1%, 6.0 % y 6.6%, por lo que en el porcentaje de adición de reciclado de PET al 6% se obtuvo el CBR más alto entre todas las dosificaciones.

Márquez, concluye que al realizar la incorporación del 6% de plástico PET en la muestra M-2, de un suelo CL (Arcilla de baja compresibilidad) mejora la capacidad del CBR, por lo tanto, en sus demás propiedades y características no se evidencia algún cambio, por lo que llega a su mayor porcentaje al adicionar la fibra PET al 6% el CBR aumentó más del 6%. En la sub rasante de la avenida APV Huarancalle del distrito de San Gerónimo de la provincia de Cusco se obtuvo los siguientes datos para el tipo de suelo CL- ML (Arcilla limosa de baja plasticidad), con un CBR patrón de 5.70% con los siguientes resultados de la prueba de (California Bearing Ratio) CBR en el suelo natural más la fibra PET al 0.5% el cbr es de 6.62%, al 1% el cbr es de 8.52% y por ultimo al 1.5% el cbr es de 7.38%. Donde se discute la comparación entre todos los resultados del CBR de los autores Condori y Rojas , Márquez y nuestros resultados de laboratorio en la cual se observara cual fue el porcentaje de fibras PET para que pueda mejorar altamente (California Bearing Ratio) CBR entre los siguientes porcentajes se analiza el más alto, fibra PET al 6 % su cbr es de 6.6% - fibra

PET al 6% aumentó su cbr más del 6% y obtuvimos de nuestras natural más la fibra PET al 1.5% el cbr es de 7.38%, por lo que se concluye que mientras el porcentaje se fibras PET sea menor el CBR logra aumentar.

De otro lado Valverde. Establece cómo influirá la incorporación del caucho en polvo en la resistencia de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020. Con la incorporación del 3%, 5% y 7% del caucho en polvo (2mm a menos), llego a los resultados que influye de manera negativa en la resistencia de la subrasante debido a que se redujo el CBR inicial de 4.70% en un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad), al adicionar 3% de caucho en polvo disminuyo el CBR de 4.70% a 4.50%, tras la adición del 5% de caucho en polvo disminuyo el CBR de 4.70% a 4.40% y finalmente adicionando 7% de caucho en polvo disminuyo el CBR de 4.70% a 4.20%, por lo tanto con ninguna dosificación se optimizo la resistencia de subrasante, en la Av. Tantamayo cuadra 5, no es conveniente la adición de caucho en polvo (2mm a menos) en un tipo de suelo CL. Por ende, se discrepa con las conclusiones de Valverde. Las muestras de CBR si logro elevarse ya que se observa el CBR patrón de 5.70% y en la que se añadió a la muestra patrón el 10% para así elevar su resultado del CBR a un 8.58% siendo favorable.

Así de ese modo para Alvarez y Gutierrez: el CBR del suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) con un CBR de 3.20% se observó que las mezclas de suelo natural más el polvo de caucho al S100/C1.5, S100/C2.5, S100/C3.5 mejora en un 5%,8.7%y 9.4% respectivamente a diferencia de S100, logró tener una subrasante catalogada como inadecuada. Por ello, usar el polvo de caucho mejorar la subrasante de una via.

Por otro lado en la subrasante de la avenida APV Huarancalle del distrito de San Jerónimo de la provincia de Cusco se obtuvo los siguientes datos para el tipo de suelo CL- ML (Arcilla limosa de baja plasticidad), con un CBR patrón de 5.70% con los siguientes resultados de la prueba de (California Bearing Ratio) CBR, es así que se adiciona porcentajes de polvo de caucho en el suelo natural para lograr una mejora de la subrasante al 5% el CBR es de 6.75%, al 10% el CBR es 8.58% y final mente al 15% el CBR es de 6.21%, empieza de un porcentaje bajo llegando al porcentaje más alto para luego bajar, entonces llegamos a entender que el porcentaje ideal del CBR es del 10% .

De los autores Alvarez y Gutierrez y nuestros resultados de laboratorio entramos en discusión de la siguiente manera: que el CBR más alto se da en el siguiente porcentaje de polvo de caucho al 3.5% en la que su cbr aumenta al 9.4%, de tal modo que al 10% su cbr aumenta al 8.58%, que el porcentaje de polvo de caucho de Alvarez logra buen resultado.

## VI. CONCLUSIONES

Luego de haber extraído el material de estudio se procedió a realizar los ensayos necesarios para determinar las propiedades y el tipo de suelo de la APV Hurancalle – distrito de San Jerónimo, Cusco, se pudo corroborar que el suelo pertenece al grupo de las arcillas limosas de baja plasticidad, propiedad que influye significativamente en la baja capacidad portante, además tiene un contenido de humedad promedio de 5.75% y su índice de plasticidad es de 5.61% por lo que tiene baja plasticidad. Su densidad seca máxima es de 2.14 g/cm<sup>3</sup> para un óptimo contenido de humedad de 6.83% alcanzando una capacidad portante del suelo de 5.70% lo que cataloga como una subrasante inadecuada según el MTC. Se propuso la adición de Fibras PET de 0.5%, 1.0% y 1.5% y polvo de caucho reciclado de 5%, 10% y 15% para analizar la mejora de las propiedades mecánicas del suelo a nivel subrasante.

### **Conclusión 1.**

Luego de analizar la adición de fibras PET en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% al suelo natural se encontro que la adición de fibras PET mejora la resistencia de la subrasante debido a que incrementó el CBR de la calicata patrón (C-2) de un tipo de suelo CL – ML, por ejemplo al incorporar 0.5% de fibras PET aumento el CBR de 5.70% a 6.62%, y tras la incorporación del 1.0% de fibras PET aumento el CBR de 5.70% a 8.52% y finalmente incorporando 1.5% de fibras PET aumento el CBR de 5.70% a 7.38%, demostrando así que mejora la estabilidad de la subrasante de suelos arcillosos, el CBR del suelo natural aumento con la incorporación del 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibras PET, pero de todas las muestras con incorporación de fibras PET la que presenta un CBR mayor es la muestra que posee 1.0% de fibras PET.

Seguidamente se analizó la adición de polvo de caucho en proporciones de 5%, 10% y 15% al suelo natural se demostró que la adición de polvo de caucho mejora la resistencia de la subrasante, por ejemplo al incorporar 5% de polvo de caucho aumento el CBR de 5.70% a 6.75%, y tras la incorporación del 10% de polvo de caucho aumento el CBR de 5.70% a 8.58% y finalmente incorporando 15% de polvo de caucho aumento el CBR de 5.70% a 6.21%, demostrando así

que mejora la estabilidad de la subrasante de suelos arcillosos, es pertinente mencionar que el CBR del suelo natural aumenta con la incorporación del 5%, 10% y 15% de polvo de caucho, todas las muestras con incorporación de polvo de caucho presentan un CBR mayor es la muestra que posee 10% de polvo de caucho reciclado.

Por lo que se concluye que la incorporación de fibras PET y polvo de caucho mejora las propiedades mecánicas de un suelo dado que incrementan el valor de soporte del terreno natural a nivel de subrasante influyendo así en la estabilización de suelos.

### **Conclusión 2.**

Se concluye de este modo que La incorporación de fibras PET al 0.5%, 1.0% no se tiene resultados favorables en la plasticidad ya que aumentan los valores porcentuales para un tipo de suelo de CL- ML (Arcilla limosa de baja plasticidad), de otro lado que al 1.5% de fibras PET disminuye los valores del índice de plasticidad siendo favorable.

Sin embargo, con la incorporación de polvo de caucho del 5%,10% y 15% disminuye los índices de plasticidad siendo algo positivo para la subrasante.

El uso de caucho reciclado contribuye a la protección del medio ambiente, debido fuerte impacto en la sociedad.

### **Conclusión 3**

La adición de 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibras PET influye positivamente en el Óptimo Contenido de Humedad (OCH) de 6.83% y Máxima Densidad Seca (MDS) de 2.14 g/cm<sup>3</sup> por el incremento de los resultados iniciales en un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad), la incorporación del 0.5% de fibras PET reduce la MDS de 2.14 g/cm<sup>3</sup> a 2.13 g/cm<sup>3</sup> y el OCH de 6.83% a 6.60%, a su vez la adición del 1.0% de fibras PET se mantiene la MDS de 2.14 g/cm<sup>3</sup> a 2.14 g/cm<sup>3</sup> y el OCH de 6.83% a 6.37% y finalmente incorporando un 1.5% de fibras PET se reduce la MDS de 2.14 g/cm<sup>3</sup> a 2.11 g/cm<sup>3</sup> y el OCH de 6.83% a 6.43%, cabe mencionar que de todas las muestras con incorporación de fibras PET la que resulta más óptimo es la muestra que posee 1.0% de fibras PET, es pertinente aplicar las dosificaciones en fibras PET en suelo CL por lo

que su Máxima Densidad Seca (MDS) disminuirá y el óptimo Contenido de Humedad (OCH) afectando la resistencia de la subrasante.

La incorporación de 5%, 10% y 15% de polvo de caucho influye de manera positiva en el Óptimo Contenido de Humedad (OCH) de 6.83% y Máxima Densidad Seca (MDS) de 2.14 g/cm<sup>3</sup> debido a que incremento los resultados iniciales en un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad), por ejemplo con la incorporación del 5% de polvo de caucho se incrementó la MDS de 2.14 g/cm<sup>3</sup> a 2.15 g/cm<sup>3</sup> y redujo el OCH de 6.83% a 6.39%, a su vez tras la incorporación del 10% de polvo de caucho se incrementó la MDS de 2.14 g/cm<sup>3</sup> a 2.17 g/cm<sup>3</sup> y redujo el OCH de 6.83% a 6.03% y finalmente incorporando un 15% de polvo de caucho se redujo la MDS de 2.14 g/cm<sup>3</sup> a 2.13 g/cm<sup>3</sup> y mantuvo el OCH de 6.83% a 6.83%, demostrando que para el polvo de caucho que la MDS es inversamente proporcional al OCH, cabe mencionar que de todas las muestras con incorporación de polvo de caucho la que resulta más óptimo es la muestra que posee 10% de polvo de caucho por lo tanto es conveniente aplicar las dosificaciones incorporadas del polvo de caucho en un suelo CL ya que incrementara su Máxima Densidad Seca (MDS) y reducirá Óptimo Contenido de Humedad (OCH) afectando posteriormente en la resistencia de la subrasante.

#### **Conclusión 4.**

Los resultados del CBR que se obtuvieron de laboratorio de suelos, determina que en la muestra natural al 100% es de 5.70% ya que no cataloga con el porcentaje del 8% mínimo de acuerdo a norma CE-010 pavimentos urbanos, se concluye que al incorporar fibras PET al 1% el CBR aumenta al 8.52% siendo un resultado favorable para la subrasante.

Por otro lado, se observa que el polvo de caucho al 10% aumenta el CBR de la muestra a un 8.58% de esta manera se catalogada la subrasante como adecuada lo que estipula la norma de CE-010 pavimentos urbanos.

De tal modo se Hace una comparación entre la fibra PET y el polvo de caucho donde se determina que se lograron tener mejores resultados con el polvo de caucho.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda la aplicación de fibras PET y polvo de caucho reciclado, para la estabilización y optimice la subrasante reduciendo el contenido de Humedad y la Densidad Máxima en Seco, en un suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad). Por otra parte, los materiales como el agregado y cemento deben estar acopiados en lugares adecuados, para mantener la caracterización inicial.

La adición la fibra PET y polvo de caucho con la suma de estabilizadores convencionales en porcentajes bajos de 1% y 2% de cal, cemento, cloruro de sodio, entre otros, optimiza la resistencia de los suelos arcillosos. Por lo cual la vía colectora con transpirabilidad alta perdurara en el tiempo.

Utilizar la fibra PET y caucho de polvo reciclado para diversos tipos de suelos, en especial en suelos arenosos con partículas más finas y paralelamente de más grande diámetro, debido a que las indagaciones en esta clase de suelos son pocas.

Es aconsejable hacer un análisis económico de fibra PET y polvo de caucho reciclado en diferentes presentaciones en proyectos de mejoramiento de infraestructura vial para decidir si resulta ser una elección más rentable comparativamente con los estabilizadores convencionales y los materiales de cantera o de préstamo.

Al final, la adición de fibra PET y polvo de caucho reciclado empeora con diámetros más grandes, o sea, por medio de material mayor a la malla No. 10 (2mm) y paralelamente dosificaciones con más grandes porcentajes de adhesión de caucho, debido a que la reutilización del caucho auxilia a la conservación ambiental, así como disminuiría el problema de disposición de residuos de llantas que en la actualidad existe y paralelamente podría ser ideal poder aplicarlo en futuros proyectos de infraestructura vial. Ya que en estos tiempos el problema latente es la acumulación de desechos por lo que es pertinente realizar investigaciones con beneficio para la población.

## REFERENCIAS

- Álvarez, S. (2020). *Utilización de caucho pulverizado proveniente de Llantas Usadas como solución para reforzar un suelo blando de subrasante en La Sabana De Bogota*. Bogotá: Universidad Antonio Nariño.
- Amorim, E., & Lima, L. (2018). Uso de residuos de caucho en pavimentos de asfalto: una revisión de literatura. *Revista científica multidisciplinaria base de conocimiento. año 03*, pp. 39-47.
- Amorim, E., & Lima, L. (2018). Uso de residuos de caucho en pavimentos de asfalto: una revisión de literatura. *Revista científica multidisciplinaria base de conocimiento. año 03*, 39;]47.
- Association, A. C. (2007). *The Past, Present, and Future of the American Concrete Pavement Association*. USA: ACPA.
- Benites, J., & Valverde, L. (2020). *Mejoramiento de la subrasante con la incorporación del caucho en polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Borsani, M. (2020). "Materiales Ecológicos estrategias, alcance y aplicación de los materiales ecológicos como generadores de hábitats urbanos sostenibles".  
doi:<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13759/Borsani,%20Mar%C3%ADa%20Silvia.pdf>
- Burbano, S., & Centeno, O. (2016). Caso aplicado de análisis de mercado para el negocio de reencauche en Colombia, como alternativa de solución al desecho generado por las llantas de camión". Colombia. Obtenido de <https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/1168/TMBA00375.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Carreño, F. (2020). *Análisis técnico - económico del uso de PET reciclado como reemplazo parcial de áridos finos en hormigones*. Chile: Universidad de Chile.
- Carreño, F. (2020). *Análisis técnico - económico del uso de PET reciclado como reemplazo parcial de áridos finos en hormigones*. Chile: Universidad de Chile.

Carreño, F. (2020). *Análisis técnico - económico del uso de PET reciclado como reemplazo parcial de áridos finos en hormigones*. Chile: Universidad de Chile.

Castro, G. (2017). Reutilización, reciclado y disposición final de neumáticos. Obtenido de [https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material\\_Complementario/Reutilizacion\\_Reciclado\\_y\\_Disposicion\\_final\\_de\\_Numatico.pdf](https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Reutilizacion_Reciclado_y_Disposicion_final_de_Numatico.pdf)

Celi, K. (2021). *Estabilización de suelos granulares de subrasante con finos de tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP) y polietileno (PE)*. Ecuador : Universidad Técnica de Ambato .

Chávez, C., Espinoza, J., & Alarcón, J. (2016). *Colapso por humedecimiento en los terraplenes de la autopista Páztcuaro-Uruapan*.

Condori, W., & Rojas, A. (2020). *Mejoramiento con polímeros reciclados PET fundido en subrasante de suelos arcillosos en la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020*. Amazonas: Universidad César Vallejo .

Díaz, C., & Castro, L. (2017). *Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles* . Bogotá : Universidad Santo Tomás .

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw Hill.

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw Hill.

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación* . México: McGraw Hill.

Hoyos, L., Puicon, K., & Muñoz, S. (2021). Uso del caucho granulado en mezclas asfálticas: Una revisión literaria. *Revista Infraestructura Vial / LanammeUCR*, pp. 11- 19.

Instituto de Física. (2022). *Instituto de Física*. Obtenido de Instituto de Física: [https://www.fisica.unam.mx/es/areas\\_investigacion/propiedades\\_mecanicas\\_magneticas\\_materiales.php#:~:text=Las%20propiedades%20mec%C3%A1nicas%20de%20los,que%20se%20ejercen%20sobre%20ellos](https://www.fisica.unam.mx/es/areas_investigacion/propiedades_mecanicas_magneticas_materiales.php#:~:text=Las%20propiedades%20mec%C3%A1nicas%20de%20los,que%20se%20ejercen%20sobre%20ellos).

Jaime, N. (2018). *Métodos de reutilización de llantas usadas: selección y elaboración de nuevos productos*. Colombia. Obtenido de

<http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/221/JaimeHidalgo-NataliaAlejandra-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

José López, S. E. (30 de MAYO de 2017). <https://geneu.com.uy/polvo-de-caucho-otras-aplicaciones/>. Obtenido de GENEU: <https://geneu.com.uy/polvo-de-caucho-otras-aplicaciones/>

Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos. (2014). Lima .

Marquez, D. (2019). *Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito de La Encantada, Provincia de Morropón, Piura*. Piura: Universidad Nacional de Piura.

McCormac, J., & Brown, R. (2016). *Diseño de concreto reforzado* . México: Alfaomega.

Mesa, & Patarroyo. (2016). Plan de negocio dirigido a la recuperación de neumáticos usados y comercialización de grano de caucho reciclado (GCR) en la ciudad de Bogotá”. Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/14107/PatarroyoDiazSamuel2016.pdf;jsessionid=FF3E84AB3C4E703FE591B84C3C88E293?sequence=1>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Montejo, F. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para carreteras. Fundamentos, estudios básicos y diseño*. Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Moreno, M. M. (2018). *Efecto de la ubicación del puente de adherencia en la resistencia a flexión de vigas simplemente armadas vaciadas en dos etapas* . Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca .

Ocampo, P. (2021). *Análisis de las propiedades físico mecánicas Y CBR de suelos cohesivos de subrasante mezclados con partículas PET*. Ecuador : Universidad Técnica de Ambato .

Pérez, L. G., Acosta, W. G., & Amaya, R. G. (2016). *Variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con material cementante*.

Querétaro, U. A. (06 de julio de 2017). *Residuos Profesionales*. Obtenido de Residuos Profesionales: <https://www.residuosprofesional.com/fibras-pet-reciclado-construccion/>

Quintana, H. R., Mejía, J. Z., & Pabón, S. C. (2018). Behavior of a Hot Mix Asphalt using Blast Furnace Slag and Gilsonite. *International Journal of Applied Engineering Research*, 15567-15573.

Rajakumar, C., Jeyapriya, S., & Meenambal, T. (2018). Characterization and effective utilization of coal ash with geosynthetics in pavement subgrade. *Indian Journal of Environmental Protection*, 234-238.

Rosendo, A. (2008). *Preposicion de una Metodologia Particular para obtener la capacidad de soporte para Suelos Granulares sin Curva Proctor Definida*. Punta Arenas.

Sandoval, E., & Rivera, W. (2019). Correlación del CBR con la resistencia a la compresión inconfnada. *Ciencia E Ingeniería Neogranadina*, 135; 152.

Serrano rodriguez, E. (2018). *Analisis de los cambios en las propiedades mecanicas de materiales de subrasante por la adiccion de materiales polimericos reciclados*. Bogota: Ingenieria solidaria.

Silva, E. M. (2017). *Propuesta para sustitución de agregados petreos por agregados PET, en diseño de mezcla de concreto con resistencia  $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup>, usado en banquetas, guarniciones y firmes*. Venezuela : Universidad Veracruzana .

### Anexo 3: Matriz de operacionalización de variables

Mejoramiento de propiedades mecánicas a nivel de subrasante con adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado, Cusco, 2021.

	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
<b>Variable Independiente</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibras PET</li> <li>• polvo de caucho</li> </ul>	El PET (polietileno tereftalato) es un polímero de condensación termoplástico, y que se utiliza como material en la elaboración de diversos productos, utilizado principalmente para fabricar botellas y demás materiales. (Carreño F.,, 2020)	Las fibras de PET suministran una mayor resistencia mecánica y rigidez, también de simbolizar un ahorro en los costos de las materias primas para la construcción. (Querétaro, 2017).	Dosificación	SN+ 0.5% PET	De razón
				SN+ 1 % PET	
	El polvo de caucho es solo el resultado del proceso de	El polvo de caucho es utilizable para la elaboración de pisos de caucho	Dosificación	SN+ 5% polvo de caucho	De razón

	utilización de llantas inútiles que se liberan al medio ambiente para su uso en la producción de concreto asfáltico. (Amorim & Lima, 2018)	corrido, baldosas, pistas deportivas, aditivo para mezclas bituminosas, relleno para canchas de césped artificial, etc. (José López, 2017)		SN+ 10% polvo de caucho	
				SN+ 15% polvo de caucho	
<b>Variable Dependiente</b>  Propiedades mecánicas a nivel subrasante	Las Propiedades mecánicas a nivel subrasante con los que respecta al tipo y las propiedades de la subrasante son determinantes en los requerimientos y en el futuro desempeño de la estructura de pavimento. (Sandoval & Rivera, 2019)	En ingeniería civil, especialmente en el campo de los suelos, la tecnología de estabilización de polímeros es muy utilizada para mejorar su tensión, esfuerzo y deformación. En muchos de los productos poliméricos promovidos para la estabilización de suelos son acetato de vinilo o copolímeros a base de acrílico; Sin embargo, se ha dedicado mucha investigación al estudio del cemento, la cal, las cenizas y otros estabilizadores convencionales. (Serrano rodrigues, 2018)	Plasticidad	Límite líquido	Nominal
				Límite plástico	
				Índice de plasticidad	
			Óptimo	Proctor Modificado	De razón
Contenido de Humedad					
			Máxima Densidad Seca		
			Resistencia	Capacidad portante del suelo	De razón

#### Anexo 4: Matriz de consistencia

Mejoramiento de propiedades mecánicas a nivel de subrasante con adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado, Cusco, 2021.

Problema General	Objetivo general	Hipótesis general	Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cómo las propiedades mecánicas a nivel de subrasante mejoran con adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado, Cusco, 2021?	Analizar las propiedades mecánicas a nivel de subrasante con adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado, Cusco, 2021.	Las propiedades mecánicas a nivel de subrasante mejorarán con la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado, Cusco, 2021, por tanto, estas propiedades mecánicas de nivel subrasante serán más resistentes en el pavimento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibras PET</li> <li>• polvo de caucho</li> </ul>	Dosificación	SN+ 0.5% PET	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo  <b>Tipo:</b> Aplicada  <b>Nivel:</b> Explicativo  <b>Diseño:</b> Experimental - Cuasiexperimental  <b>Población:</b> APV. Huarancalle, Distrito de San Jerónimo,
					SN+ 1 % PET	
					SN+ 1.5% PET	
				Dosificación	SN+ 5% polvo de caucho	
					SN+ 10% polvo de caucho	
					SN+ 15% polvo de caucho	

Problema Específico	Objetivo Específico	Hipótesis específica	Variable Dependiente			Provincia de Cusco, Región Cusco
PE1: ¿Cómo influye la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado en la plasticidad de la subrasante, Cusco, 2021?	OE1: Determinar cómo influye la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado en la plasticidad de la subrasante, Cusco, 2021.	HE1: La adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado influye significativamente en la plasticidad de la subrasante, Cusco, 2021.	Propiedades mecánicas a nivel subrasante	Plasticidad	Límite líquido	<b>Muestra:</b> 700m siendo esta la longitud de la calle con un ancho de la calzada de 6.60 en la cual se determinó el tipo de vía colectora aplicar la Norma Técnica CE. 010 – Pavimentos Urbanos
					Límite plástico	
					Índice de plasticidad	
¿Cómo influye la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado en el óptimo contenido de	Determinar cómo influye la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado en el óptimo	La adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado influye significativamente en el óptimo contenido de Humedad y Máxima Densidad		Óptimo Contenido de Humedad	Proctor Modificado	
				Máxima Densidad Seca		

<p>Humedad y Máxima Densidad Seca de la subrasante, Cusco, 2021?</p>	<p>contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca a nivel de subrasante, Cusco, 2021.</p>	<p>Seca a nivel de subrasante, Cusco, 2021.</p>				
<p>¿Cuál es la dosificación optima de la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado en la resistencia de la subrasante, Cusco, 2021?</p>	<p>Determinar la dosificación optima de la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado en la resistencia de la subrasante, Cusco, 2021.</p>	<p>La dosificación optima en la adición de fibras PET y polvo de caucho reciclado influirá significativamente en la resistencia de la subrasante, Cusco, 2021.</p>		<p>Resistencia</p>	<p>Capacidad portante del suelo</p>	

## Anexo 5: Ubicación de la zona de estudio

### Ubicación:

Departamento : Cusco

Provincia : Cusco

Distrito : San Jerónimo

Ubicación : APV Huarancalle



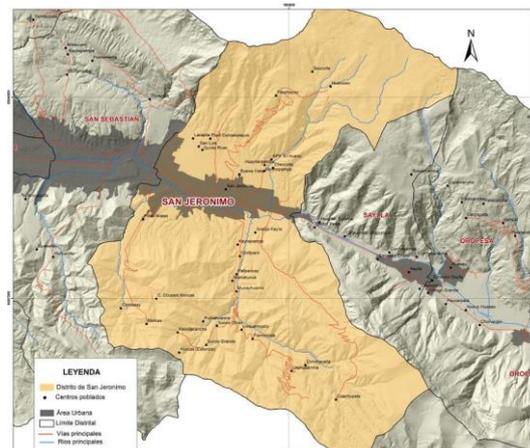
*Mapa Político del Perú*



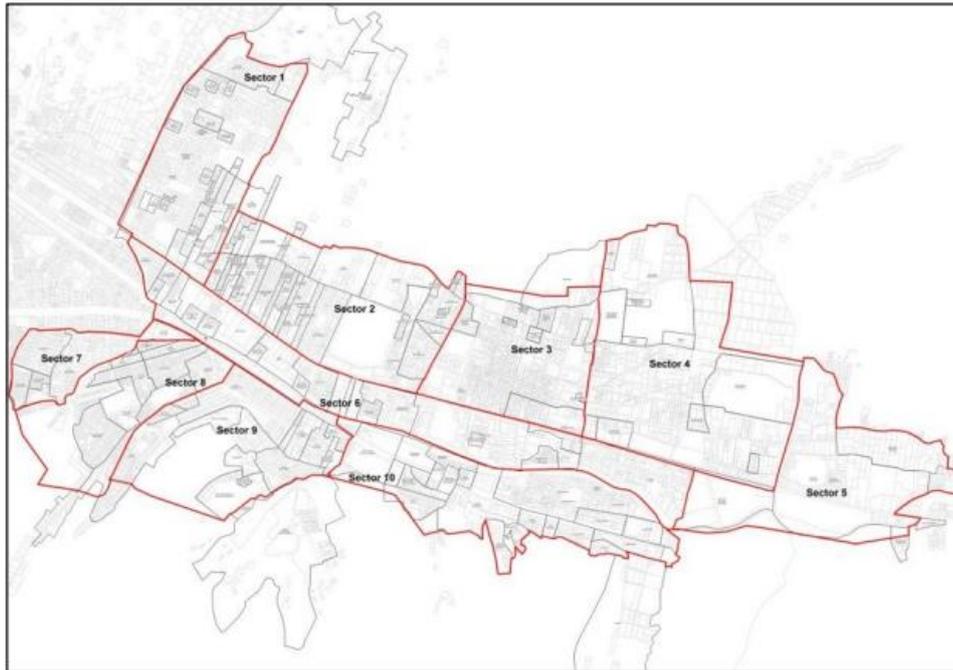
*Mapa de la Región de cusco*



*Mapa provincial de cusco*

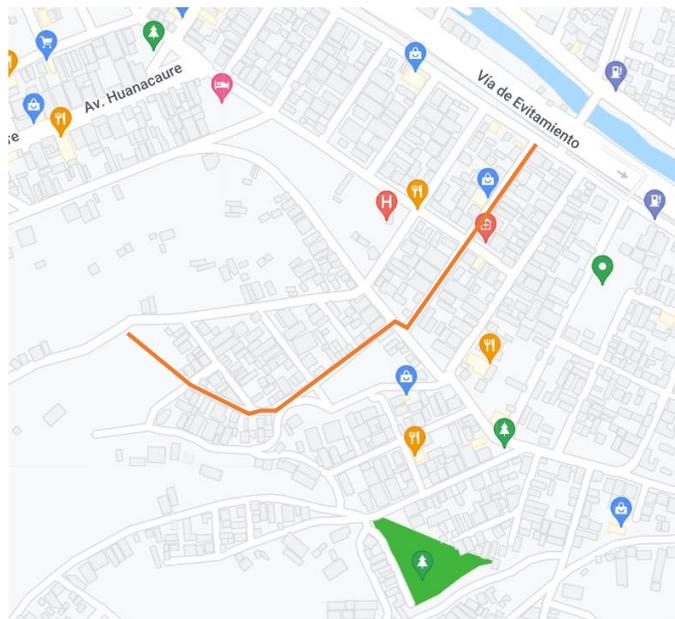


*Mapa Distrital de San Jerónimo*



*Área urbana actual del distrito de San Jerónimo.*

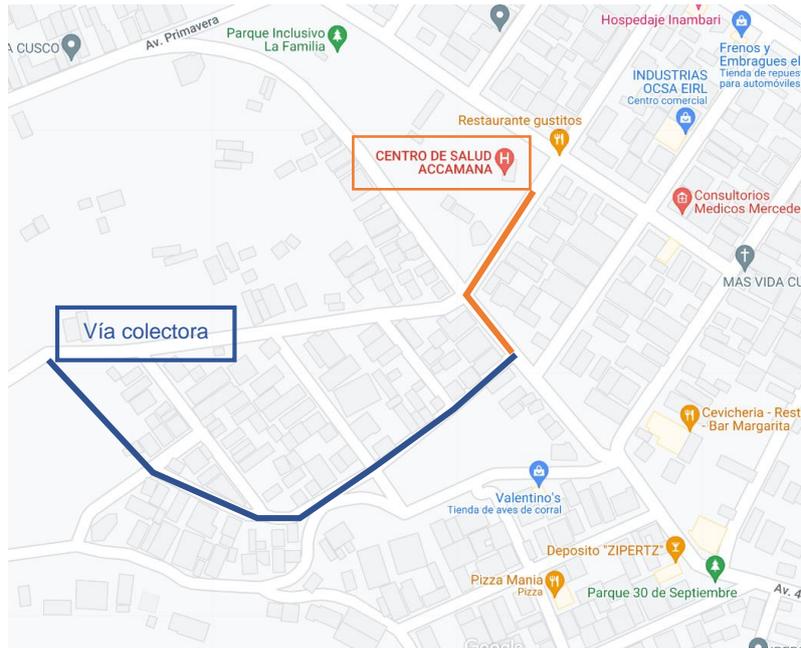
**Acceso a la zona de trabajo:**



*Ruta de acceso*

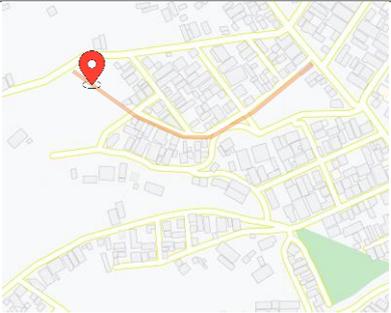
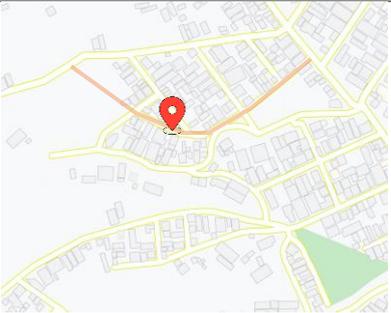
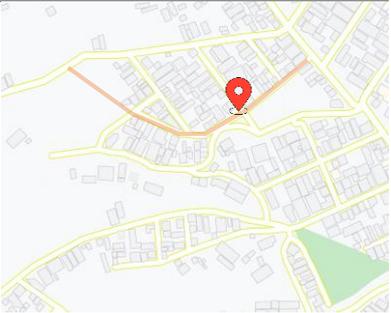
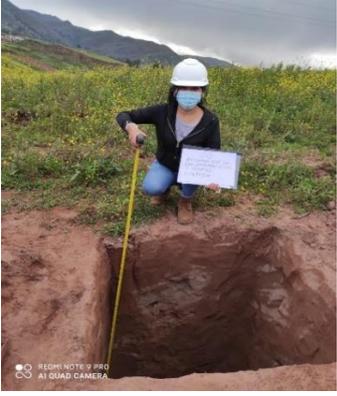
**Localización:**

El trabajo de investigación se ubica en la APV Huarancalle, con una distancia de 302 metros con referencia Centro de Salud Accamana, la vía colectora tiene el valor de 700 m en materia de su longitud cuyo ancho de calzada es de 6.60 m, con un área total de 4,620 metros cuadrados



### *Localización del trabajo*

Los ciudadanos y los transportistas son los beneficiados prioritarios en la mejora de sus condiciones de desplazamiento ya que ellos transitan cada día por la vía colectora del A.P.V Huarancalle. Este estudio surge por la necesidad de mejorar la vía colectora del A.P.V Huarancalle, para dar solución a la problemática que inhibe el desarrollo social, económico y urbano de la zona. Respecto al trabajo realizado en campo, puesto que la vía del A.P.V Huarancalle a estudiar pertenece a una vía colectora según la Norma Técnica CE. 010 - Pavimentos Urbano, la vía colectora de la APV Huarancalle, tiene una longitud de 700 m, por lo que se realizaron tres pozos de prueba de 1,50 m de profundidad.

<b>Calicata -1</b>	<b>Calicata -2</b>	<b>Calicata -3</b>
		
<i>Localizacion GPS</i>	<i>Localizacion GPS</i>	<i>Localizacion GPS</i>
<b>Descripcion</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Descripcion</b>
Profundidad:1.50m	Profundidad:1.50m	Profundidad:1.50m
Dimensiones:1.00m x 1.40m	Dimensiones:1.00m x 1.40m	Dimensiones:1.00m x 1.40m
Orientación: Noroeste - Sureste	Orientación: Noroeste - Sureste	Orientación: Noroeste - Sureste
Lado de vía: Izquierda	Lado de vía: Derecha	Lado de vía: Derecha
		
<i>Calicata 1.</i>	<i>Calicata 2</i>	<i>Calicata 3</i>

## Anexo 5: Panel fotográfico



Muestras de la calicata 01, calicata 02, calicata 03



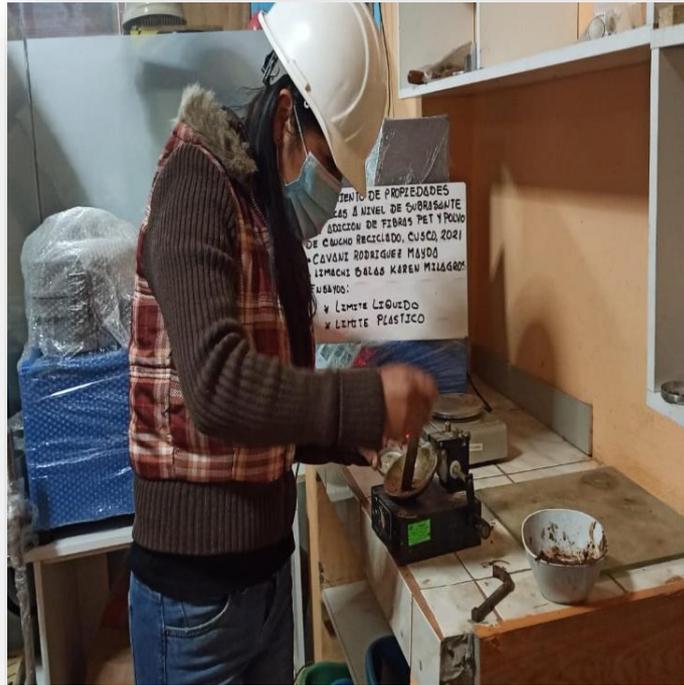
Ensayo: cuarteo de la muestra natural



Ensayo: contenido de humedad natural de las muestras



Ensayo: Análisis granulométrico



Ensayo: prueba de limite líquido y limite plástico



Ensayo: prueba de california bearing ratio (CBR)



Ensayo: California Bearing Ratio (CBR) con la adición de fibra PET



Ensayo: Equipos y materiales ensayo CBR con adición de polvo de caucho reciclado



Ensayo: Ensayo de los Límite de Atterberg incorporando la fibra PET

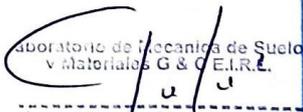


Ensayo: Ensayo con la incorporación de polvo de caucho reciclado



Ensayo: Ensayo de toma de lectura de expansión

## Anexo 6: Ensayo de laboratorio

 <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&amp;C E.I.R.L.</b> 																													
<b>SOLICITANTE</b>	: BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS																												
<b>PROYECTO</b>	: MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.																												
<b>UBICACIÓN</b>	: APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco																												
<b>FECHA</b>	: Febrero del 2022																												
<b>CALICATA</b>	: CAL 01																												
<b>PROF.</b>	: 1.5m																												
<div style="border: 2px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <h1 style="margin: 0;">CALICATA</h1> <h1 style="margin: 0;">C-1</h1> </div> <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="2" style="width: 30%;"><b>COORDENADAS</b></td> <td style="width: 20%;"><b>ESTE</b></td> <td style="width: 50%;">13.548803</td> </tr> <tr> <td><b>NORTE</b></td> <td>71.900674</td> </tr> </table>		<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	13.548803	<b>NORTE</b>	71.900674																							
<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>		13.548803																										
	<b>NORTE</b>	71.900674																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">RESUMEN DE RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 25%;">Humedad Natural</td> <td style="width: 50%;">Contenido de Humedad</td> <td style="width: 25%;">7.26%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Límites de consistencia</td> <td>Límite Líquido</td> <td>21.58%</td> </tr> <tr> <td>Límite Plástico</td> <td>15.73%</td> </tr> <tr> <td>Índice de Plasticidad</td> <td>5.85%</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Clasificación</td> <td>SUGS</td> <td>CL-ML</td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td>A-4 (4)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Parámetros Suelo</td> <td>MDS</td> <td>2.13 g/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Humedad Óptima</td> <td>7.47 %</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CBR</td> <td>AI 95%</td> <td>5.22%</td> </tr> <tr> <td>AI 100 %</td> <td>5.92%</td> </tr> </tbody> </table>		RESUMEN DE RESULTADOS			Humedad Natural	Contenido de Humedad	7.26%	Límites de consistencia	Límite Líquido	21.58%	Límite Plástico	15.73%	Índice de Plasticidad	5.85%	Clasificación	SUGS	CL-ML	AASHTO	A-4 (4)	Parámetros Suelo	MDS	2.13 g/cm <sup>3</sup>	Humedad Óptima	7.47 %	CBR	AI 95%	5.22%	AI 100 %	5.92%
RESUMEN DE RESULTADOS																													
Humedad Natural	Contenido de Humedad	7.26%																											
Límites de consistencia	Límite Líquido	21.58%																											
	Límite Plástico	15.73%																											
	Índice de Plasticidad	5.85%																											
Clasificación	SUGS	CL-ML																											
	AASHTO	A-4 (4)																											
Parámetros Suelo	MDS	2.13 g/cm <sup>3</sup>																											
	Humedad Óptima	7.47 %																											
CBR	AI 95%	5.22%																											
	AI 100 %	5.92%																											
<b>Observaciones</b>	Muestras tipo Mab NTP 339.151																												
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>Ing. Cesar Tito Becerra ESPECIALISTA EN GEOTENIA CIP. 127725</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G &amp; C E.I.R.L. Ing. Altico Gaspar Apaza CIP 128571 RFSP LABORATORIO</p> </div> </div>																													



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L.**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**GRANULOMETRÍA / LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Febrero del 2022  
**CALICATA** : CAL 01

**Granulometría (NTP 339,127)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 3387.0  
 Peso de muestra lavada: 249.6  
 Perdida por lavada: 3137.4

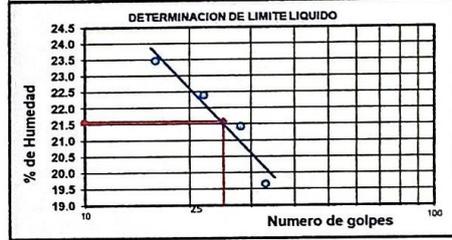
Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.00	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.00	
2"	50.600	0.0	0.0	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.00	
1"	25.400	0.0	0.0	100.00	
3/4"	19.050	0.0	0.0	100.00	
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.0	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.0	100.00	
No4	4.760	0.0	0.0	100.00	
10	2.000	12.0	1.90	98.10	
40	0.420	66.3	10.70	87.40	
100	0.149	56.9	9.20	78.20	
200	0.074	114.4	18.40	59.80	
< 200		372.0	59.80	0.00	
<b>Total</b>	<b>621.6</b>	<b>100.00</b>			

**Límite Líquido NTP 339.128**

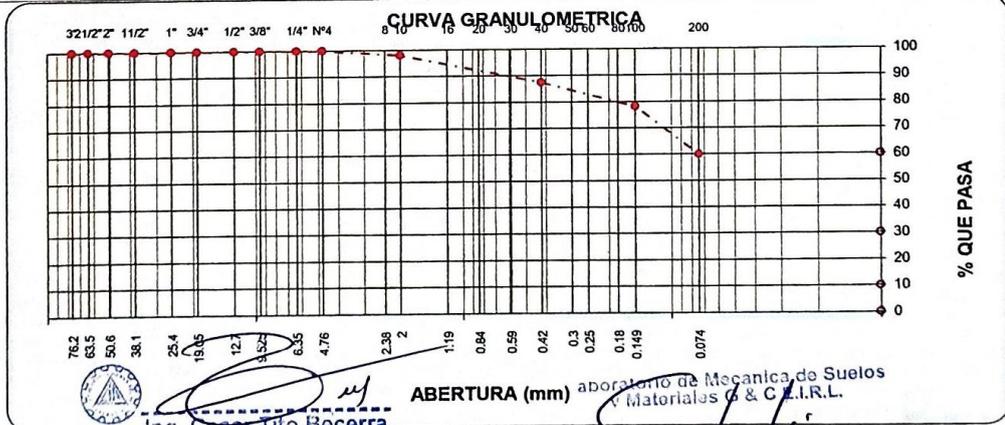
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	33	28	22	16
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	29.41	28.62	29.21	30.23
R + Suelo Seco	26.90	26.09	26.47	27.17
Peso Recip.	14.12	14.28	14.23	14.12
Peso Agua	2.51	2.53	2.74	3.06
Peso S. Seco	12.78	11.81	12.24	13.05
% de Humedad	19.64	21.42	22.39	23.45

**Límite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	14.12	13.96	14.11
R + Suelo Seco	13.17	12.99	13.14
Peso Recip.	6.94	6.98	7.00
Peso Agua	0.95	0.97	0.97
Peso S. Seco	6.23	6.01	6.14
% de Humedad	15.25	16.14	15.80



Clasificación SUCS : **CL-ML** L.L. : **21.58** Máx. Dens. Seca : **2.14** CBR AL 95% MDS : **5.2%**  
 Clasificación AASHTO: **A-4 (4)** I.P. : **5.85** Humedad Optima: **7.47** CBR AL 100% MDS : **5.9%**



**Ing. Cesar Tito Bocerra**  
 ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
 CIP. 127725

**Ing. Alfredo Gaspar Apaza**  
 CIP. 128571  
 RFP LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y  
MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
: MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE  
**PROYECTO** CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO,  
2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Febrero del 2022  
**CALICATA** : CAL 01

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

N° de muestra		1	2	3
Cápsula	g	19.78	19.97	19.45
Cápsula + suelo húmedo	g	179.38	198.05	180.23
Cápsula + suelo seco	g	168.98	186.04	168.9
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>6.97</b>	<b>7.23</b>	<b>7.58</b>
<b>Promedio</b>	<b>%</b>	<b>7.26</b>		



Ing. Cesar Tito Escerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

laboratorio de Mecánica de Suelos  
y Materiales G & C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 128571  
RESP. LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR ESTANDAR MTC E 115**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.

**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco

**MATERIAL** : CAL 01

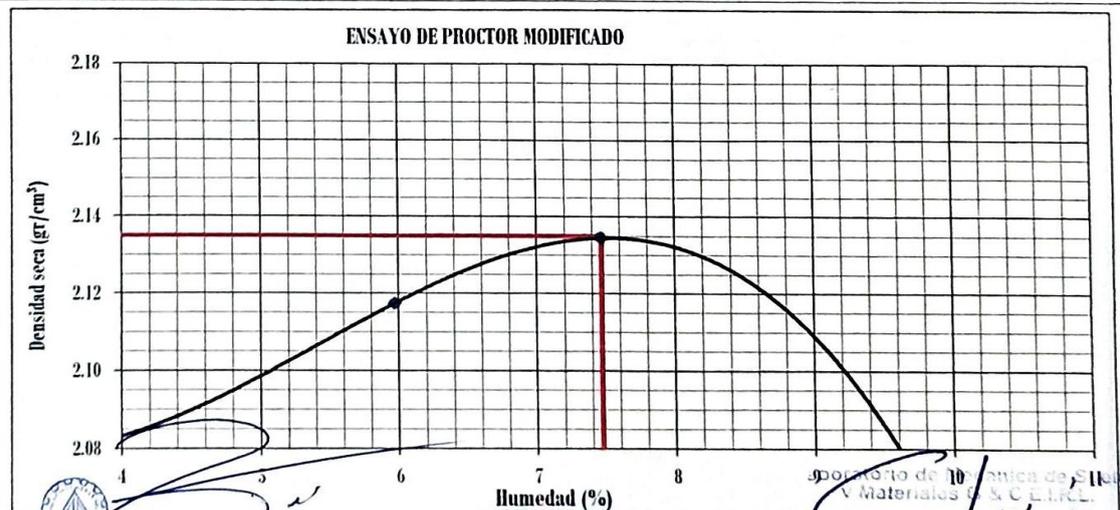
**FECHA** : Febrero del 2022

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6609	6751	6822	6798
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	3042	3184	3255	3231
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	1419	1419	1419	1419
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.144</b>	<b>2.244</b>	<b>2.294</b>	<b>2.277</b>

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	20.44	20.31	20.40	20.32	20.33	20.46	20.47	20.50
Tara + suelo húmedo (gr.)	135.76	122.59	161.35	157.61	138.06	143.86	144.66	126.67
Tara + suelo seco (gr.)	132.33	119.58	153.44	149.84	129.91	135.25	133.83	117.21
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	115.32	102.28	140.95	137.29	117.73	123.40	124.19	106.17
Peso del Suelo Seco (gr.)	111.89	99.27	133.04	129.52	109.58	114.79	113.36	96.71
Peso de agua (gr.)	3.43	3.01	7.91	7.77	8.15	8.61	10.83	9.46
Humedad (%)	3.07	3.03	5.95	6.00	7.44	7.50	9.55	9.78
Promedio	<b>3.05</b>		<b>5.97</b>		<b>7.47</b>		<b>9.67</b>	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.080</b>		<b>2.117</b>		<b>2.134</b>		<b>2.076</b>	

x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.14</b>	Contenido Humedad Optima (%)	<b>7.47</b>
--	-------------	------------------------------	-------------



Ing. Cosar Tito Becerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
GIP-127726

aportado de 10  
y Materiales G & C E.I.R.L.

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
GIP-128521  
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECLICADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : CAL 01  
**FECHA** : Febrero del 2022

DATOS GENERALES												
Maxima Densidad Seca (Kg/ m <sup>3</sup> )	2.135			Peso del martillo	10 lbs			Clas. Suelos:				
Humedad Optima	7.5%			Altura del martillo	18 pulg			AASHTO: A-4 (4)				
Humedad Natural				Número de Capas	5 capas			SUCS : CL-ML				
DATOS DEL MOLDE (cm.)												
	1			2			3					
Nro. De Golpes	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES					
Altura	12.90			12.90			12.90					
Diámetro	15.24			15.23			15.23					
Volumen	2353.2			2350.1			2350.1					
DATOS DE COMPACTACION												
	MOLDE N° 20			MOLDE N° 21			MOLDE N° 22					
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,548			9,396			9,055					
Peso del Molde (gr)	4,234			4,215			4,231					
Peso de la Muestra Compacta (gr)	5,314			5,181			4,824					
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.26			2.20			2.05					
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.09			2.05			1.93					
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD												
	1	2	3	4	5	6						
Peso del Tarro (gr)	20.49	20.33	20.52	20.30	20.44	20.46						
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	123.73	132.90	149.60	147.81	132.46	123.24						
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	116.10	124.85	141.65	138.14	124.37	117.98						
Peso del Agua (gr)	7.63	8.05	7.95	9.67	8.09	5.26						
Peso del Suelo Seco (gr)	95.61	104.52	121.13	117.84	103.93	97.52						
Contenido de Humedad	7.98%	7.70%	6.56%	8.21%	7.78%	5.39%						
Contenido de Humedad Promedio	7.84%		7.38%		6.59%							
DATOS DE ABSORCION												
	1			2			3					
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,795			9,695			9,515					
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,548			9,396			9,055					
Porcentaje de Absorción	4.65%			5.77%			9.54%					
ENSAYO DE EXPANSION												
	1			2			3					
CTE. DIAL EXPANSION 0.001												
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	
24/02/2022	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	
25/02/2022	13.00	24 horas	11	0.011	0.22%	21	0.021	0.41%	21	0.021	0.41%	
26/02/2022	13.00	48 horas	11	0.011	0.22%	33	0.033	0.65%	36	0.036	0.71%	
27/02/2022	13.00	72 horas	15	0.015	0.30%	33	0.033	0.65%	36	0.036	0.71%	
28/02/2022	13.00	96 horas	15	0.015	0.30%	33	0.033	0.65%	36	0.036	0.71%	
ENSAYO DE PENETRACION												
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048												
AREA PISTON	3.0 Pulg. Cuadradas		56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES			
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI	Lb	PSI	Lb	Lb	PSI	Lb	
0.5 min	0.64	0.025	8	82	27	4	42	14	3	33	11	
1.0 min	1.27	0.050	13	131	44	8	82	27	5	52	17	
1.5 min	1.91	0.075	22	220	73	13	131	44	8	82	27	
2.0 min	2.54	0.100	28	279	93	17	170	57	11	111	37	
4.0 min	5.08	0.200	56	554	185	34	338	113	22	220	73	
6.0 min	7.62	0.300	84	830	277	51	505	168	33	328	109	
8.0 min	10.16	0.400	112	1105	368	68	672	224	44	436	145	
10.0 min	12.70	0.500	140	1381	460	85	840	284	56	544	180	

Ing. Cesar Tito Inocente  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA  
CIP. 127725

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
RESP. CIP. 127725

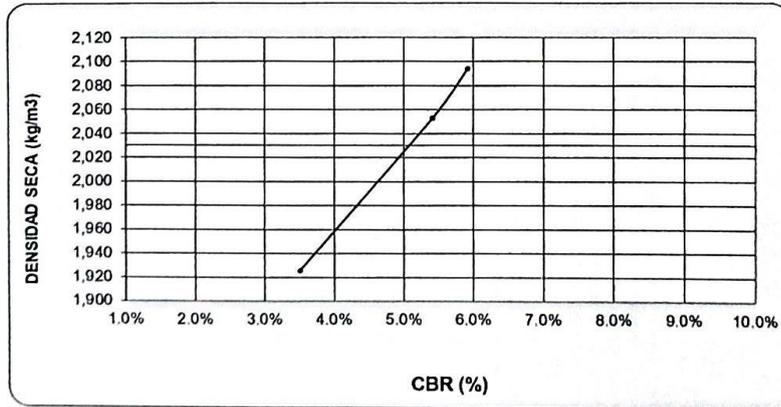
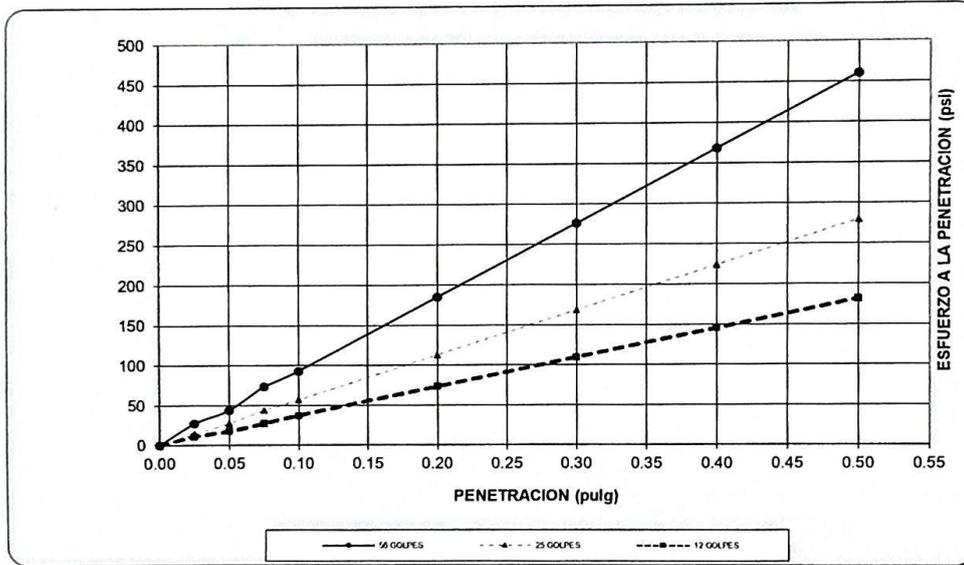


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : CAL 01  
**FECHA** : Febrero del 2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	2.14	CBR AL 95% DE MDS =	5.22%
HUMEDAD OPTIMA (%)	7.47	CBR AL 100% DE MDS :	5.92%
Nro. DE GOLFES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.76
56 GOLFES	0.30%	4.65%	
25 GOLFES	0.65%	5.77%	
12 GOLFES	0.71%	9.54%	OBSERVACION

Ing. Cesar Tito Becerra  
INGENIERO EN GEOTENIA  
CIP. 127725

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 134571  
RFS LABORATORIO  
LABORATORIO



**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Febrero del 2022  
**CALICATA** : CAL 02  
**PROF,** : 1.5m

# CALICATA C-2

<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	13.549211
	<b>NORTE</b>	71.899957

RESUMEN DE RESULTADOS		
Humedad Natural	Contenido de Humedad	5.75%
Límites de consistencia	Límite Líquido	21.21%
	Límite Plástico	15.60%
	Índice de Plasticidad	5.61%
Clasificación	SUCS	CL-ML
	AASHTO	A-2-4(0)
Parámetros Suelo	MDS	2.14 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad Óptima	6.83 %
CBR	AI 95%	4.37%
	AI 100 %	5.70%

Observaciones | Muestras tipo Mab NTP 339.151

Ing. Cesar Tito Becerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

Laboratorio de Mecánica de Suelos  
y Materiales G&C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 128571  
RFSPLABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Febrero del 2022  
**CALICATA** : CAL 02

**Granulometría (NTP 339,127)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 1069.6  
 Peso de muestra lavada: 491.8  
 Perdida por lavada: 577.8

Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz 3"	76.200	0.00	0.0	100.00	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.00	
2"	50.600	0.0	0.0	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.00	
1"	25.400	0.0	0.0	100.00	
3/4"	19.050	0.0	0.0	100.00	
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.0	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.0	100.00	
No4	4.760	0.0	0.0	100.00	
10	2.000	67.2	6.3	93.70	
40	0.420	98.3	15.5	84.50	
100	0.149	111.3	25.9	74.10	
200	0.074	215.0	46.0	54.00	
< 200		577.8	100.0	0.00	
<b>Total</b>	<b>1069.6</b>	<b>100.00</b>			

**Límite Líquido NTP 339.128**

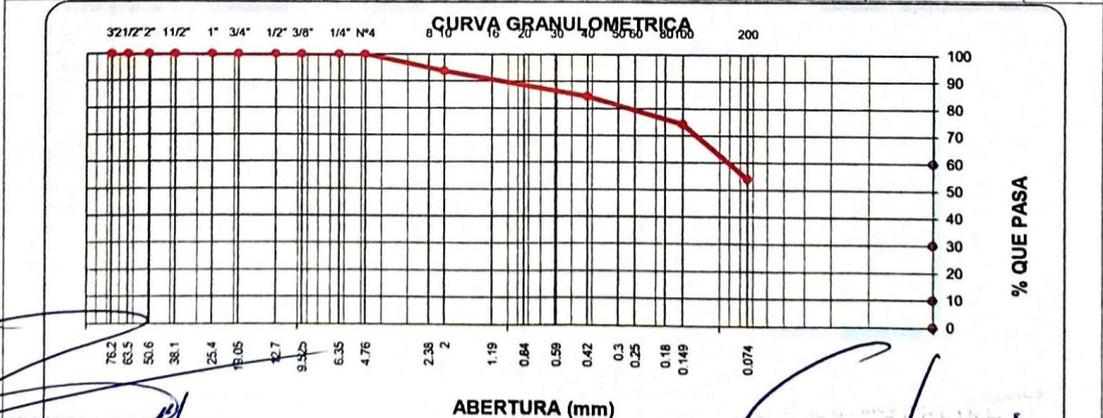
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	34	28	23	18
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	28.28	26.90	30.48	26.80
R + Suelo Seco	25.94	24.68	27.56	24.41
Peso Recip.	14.02	14.01	13.96	14.00
Peso Agua	2.34	2.22	2.92	2.39
Peso S. Seco	11.92	10.67	13.60	10.41
% de Humedad	19.63	20.81	21.47	22.96

**Límite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	14.74	13.46	14.07
R + Suelo Seco	13.66	12.63	13.10
Peso Recip.	6.99	7.00	6.99
Peso Agua	1.08	0.83	0.97
Peso S. Seco	6.67	5.63	6.11
% de Humedad	16.19	14.74	15.88



Clasificación SUCS : **CL-ML** L.L : **21.21** Máx. Dens. Seca : **2.14** CBR AL 95% MDS : **4.4%**  
 Clasificación AASHTO: **A-2-4(0)** I.P : **5.61** Humedad Optima: **6.83** CBR AL 100% MDS : **5.7%**



*Alfredo Gaspar Apaza*  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA  
 CIP. 127725

*Alfredo Gaspar Apaza*  
 CIP. 28571  
 RFSF LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y  
MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE  
CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.

**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco

**FECHA** : Febrero del 2022

**CALICATA** : CAL 02

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

N° de muestra		1	2	3
Cápsula	g	20.12	20.16	20.19
Cápsula + suelo húmedo	g	122.43	137.32	121.65
Cápsula + suelo seco	g	116.45	131.12	116.39
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>6.21</b>	<b>5.59</b>	<b>5.47</b>
<b>Promedio</b>	<b>%</b>	<b>5.75</b>		

Ing. Cesar Tito Lucgita  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

Laboratorio de Mecánica de Suelos  
y Materiales G & C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 128571  
R.F.S.P. LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR ESTANDAR MTC E 115**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.

**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco

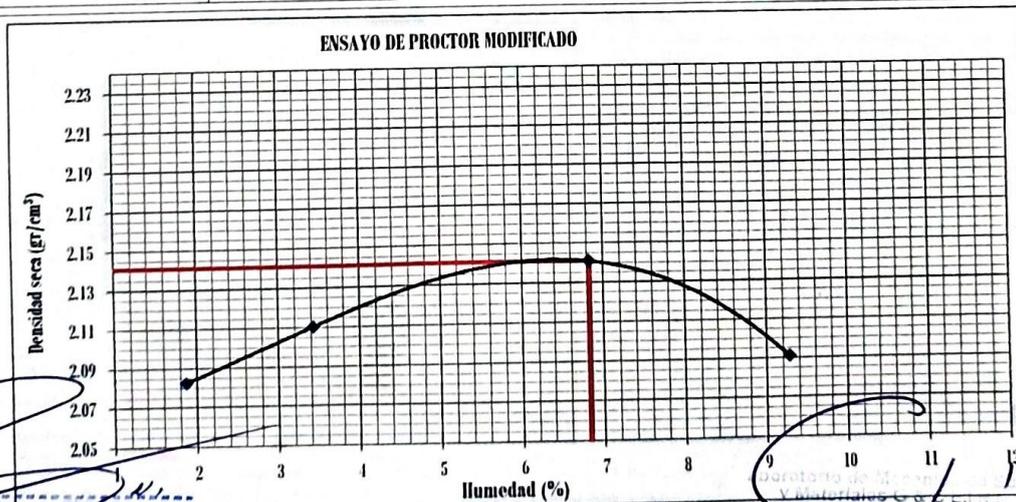
**MATERIAL** : CAL 02

**FECHA** : Febrero del 2022

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6577	6664	6812	6809
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	3010	3097	3245	3242
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.121	2.183	2.287	2.285

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	20.49	20.73	20.34	20.95	21.06	20.10	20.51	20.19
Tara + suelo húmedo (gr.)	110.29	107.75	111.48	117.86	123.24	123.28	116.49	125.24
Tara + suelo seco (gr.)	108.55	106.24	108.52	114.58	117.13	116.26	109.11	115.49
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	89.80	87.02	91.14	96.91	102.18	103.18	95.98	105.05
Peso del Suelo Seco (gr.)	88.06	85.51	88.18	93.63	96.07	96.16	88.60	95.30
Peso de agua (gr.)	1.74	1.51	2.96	3.28	6.11	7.02	7.38	9.75
Humedad (%)	1.98	1.77	3.36	3.50	6.36	7.30	8.33	10.23
Promedio	1.87		3.43		6.83		9.28	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.082		2.110		2.141		2.091	

x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.14	Contenido Humedad Optima (%)	6.83
--	------	------------------------------	------



Ing. César Tito Becerra  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA  
CIP. 127723

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 18571  
RFSP LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO REICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : CAL 02  
**FECHA** : Febrero del 2022

DATOS GENERALES			
Maxima Densidad Seca (Kg/ m <sup>3</sup> )	2.141	Peso del martillo	10 lbs
Humedad Optima	6.8%	Altura del martillo	18 pulg
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas

DATOS DEL MOLDE (cm.)			
	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.90	12.90	12.90
Diámetro	15.25	15.25	15.25
Volumen	2356.2	2356.2	2356.2

	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22
<b>DATOS DE COMPACTACION</b>	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,569	9,230	9,050
Peso del Molde (gr)	4,120	4,200	4,212
Peso de la Muestra Compacta (gr)	5,449	5,030	4,838
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.31	2.13	2.05
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.17	2.01	1.92

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD						
	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	20.61	20.75	20.63	21.20	20.90	20.75
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	130.57	120.42	132.42	127.79	132.17	137.84
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	123.96	114.06	126.04	121.54	124.33	130.45
Peso del Agua (gr)	6.61	6.36	6.38	6.25	7.84	7.39
Peso del Suelo Seco (gr)	103.35	93.31	105.41	100.34	103.43	109.70
Contenido de Humedad	6.40%	6.82%	6.05%	6.23%	7.58%	6.74%
Contenido de Humedad Promedio	6.61%		6.14%		7.16%	

DATOS DE ABSORCION			
	1	2	3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,801	9,607	9,507
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,569	9,230	9,050
Porcentaje de Absorción	4.26%	7.50%	9.45%

ENSAYO DE EXPANSION											
CTE. DIAL EXPANSION			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO TRANS	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
24/02/2022	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
25/02/2022	13.00	24 horas	10	0.011	0.24%	21	0.015	0.33%	37	0.020	0.43%
26/02/2022	13.00	48 horas	11	0.019	0.41%	30	0.028	0.61%	43	0.045	0.98%
27/02/2022	13.00	72 horas	11	0.020	0.43%	34	0.033	0.72%	43	0.056	1.21%
28/02/2022	13.00	96 horas	12	0.022	0.48%	34	0.033	0.72%	43	0.066	1.43%

ENSAYO DE PENETRACION											
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048			1			2			3		
AREA PISTON	3.0 Pulg. Cuadradas		56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI	mm	Lb	PSI	mm	Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	5	52	17	3	33	11	3	33	11
1.0 min	1.27	0.050	9	92	31	5	52	17	4	42	14
1.5 min	1.91	0.075	13	131	44	7	72	24	6	62	21
2.0 min	2.54	0.100	17	170	57	10	102	34	9	92	31
4.0 min	5.08	0.200	34	338	113	20	200	67	18	180	60
6.0 min	7.62	0.300	51	505	168	30	298	99	27	269	96
8.0 min	10.16	0.400	68	672	224	40	397	132	36	357	119
10.0 min	12.70	0.500	85	840	280	50	495	165	45	446	149

Ing. Aníbal Gaspar Apaza  
CIP 127725  
RESP LABORATORIO

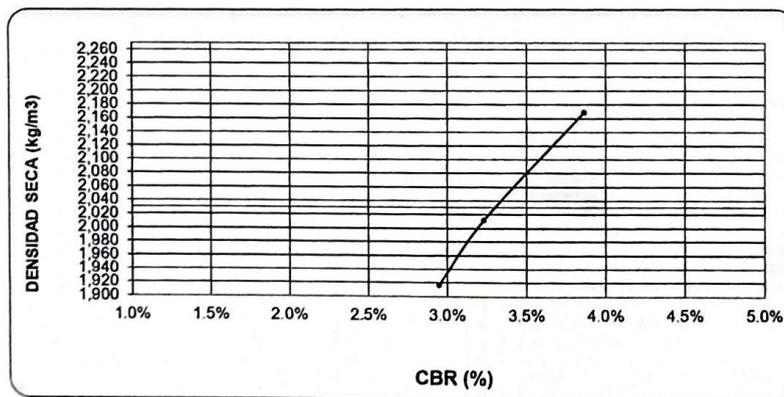
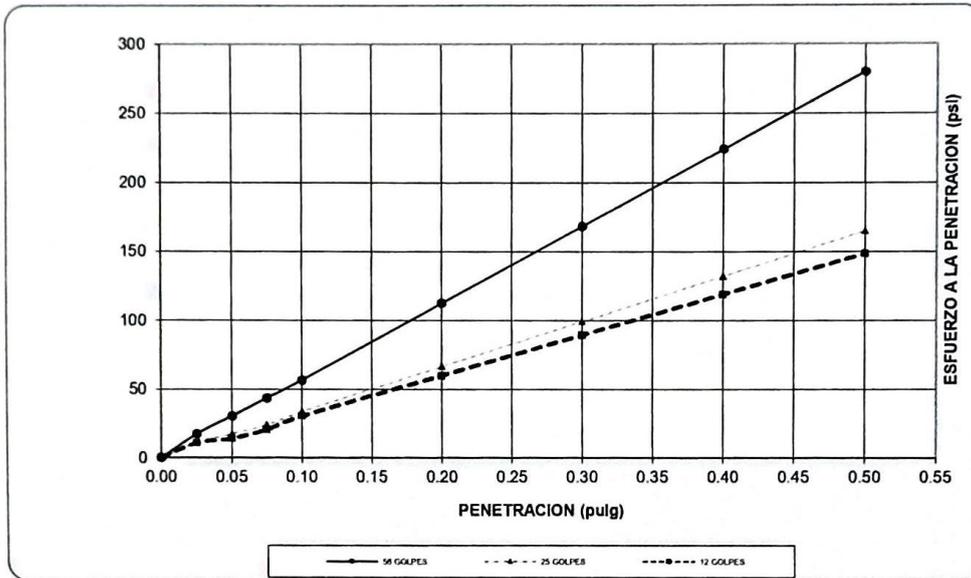


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : CAL 02  
**FECHA** : Febrero del 2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m <sup>3</sup> )	2.14	CBR AL 95% DE MDS =	4.37%
HUMEDAD OPTIMA (%)	6.83	CBR AL 100% DE MDS :	5.70%
Nro. DE GOLFES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.76
56 GOLFES	0.48%	4.26%	
25 GOLFES	0.72%	7.50%	
12 GOLFES	1.43%	9.45%	OBSERVACION

Ing. Cesar Tito Lucerna  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 128571  
RFSF LABORATORIO



**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON  
ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Febrero del 2022  
**CALICATA** : CAL 03  
**PROF.** : 1.5m

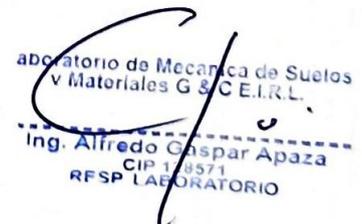
# CALICATA C-3

<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	13.549061
	<b>NORTE</b>	71.899144

RESUMEN DE RESULTADOS		
Humedad Natural	Contenido de Humedad	3.52%
Límites de consistencia	Límite Líquido	21.43%
	Límite Plástico	15.35%
	Índice de Plasticidad	6.08%
Clasificación	SUCS	CL-ML
	AASHTO	A-4 (3)
Parámetros Suelo	MDS	2.15 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad Óptima	7.36 %
CBR	Al 95%	5.05%
	Al 100 %	6.02%

Observaciones | Muestras tipo Mab NTP 339.151

  
Ing. Cesar Tito Becerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127/25

  
Laboratorio de Mecánica de Suelos  
y Materiales G & C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 128571  
R.F.S.P. LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**GRANULOMETRÍA / LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127 / NTP 339.128**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Febrero del 2022  
**CALICATA** : CAL 03

**Granulometría (NTP 339,127)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 789.4  
 Peso de muestra lavada: 360.4  
 Perdida por lavada: 429.0

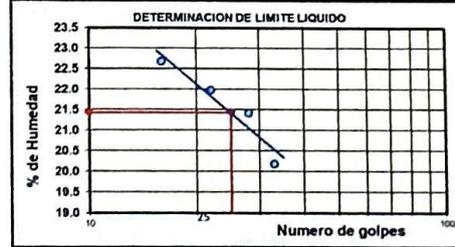
Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-	
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Ret Acum.	Pasa	caciones
3"	76.200			100.00		
2 1/2"	63.500		0.00	0.0	100.00	
2"	50.600	0.0	0.00	0.0	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.0	100.00	
1"	25.400	0.0	0.00	0.0	100.00	
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.0	100.00	
1/2"	12.700	0.0	0.00	0.0	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	0.0	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	0.0	100.00	
No4	4.760	0.0	0.00	0.0	100.00	
10	2.000	56.3	7.10	7.1	92.90	
40	0.420	66.9	8.50	15.6	84.40	
100	0.149	120.9	15.30	30.9	69.10	
200	0.074	116.3	14.70	45.6	54.40	
< 200		145.2	18.40	64.0	36.00	
Total		<b>789.4</b>	100.00			

**Límite Líquido NTP 339.128**

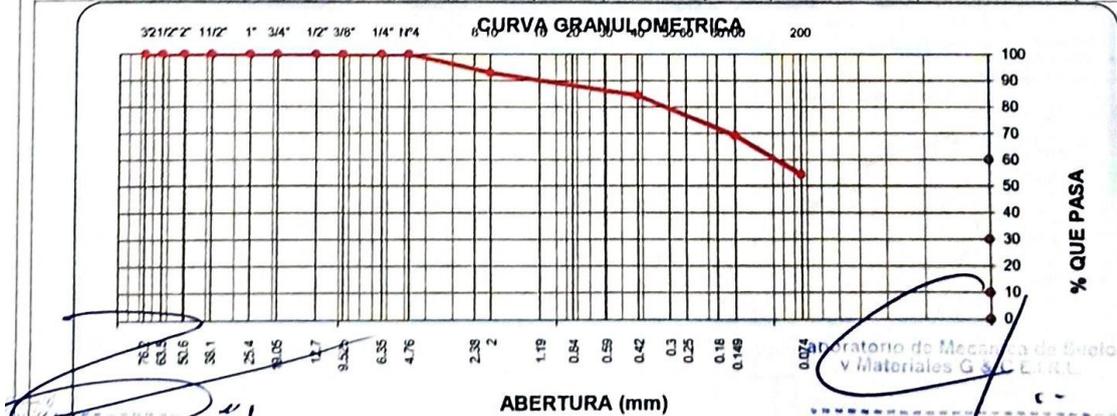
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	33	28	22	16
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	27.14	27.51	27.50	31.73
R + Suelo Seco	24.92	25.17	25.29	28.45
Peso Recip.	13.92	14.24	15.23	13.98
Peso Agua	2.22	2.34	2.21	3.28
Peso S. Seco	11.00	10.93	10.06	14.47
% de Humedad	20.18	21.41	21.97	22.67

**Límite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	11.99	13.28	12.97
R + Suelo Seco	11.34	12.43	12.20
Peso Recip.	7.09	7.01	7.09
Peso Agua	0.65	0.85	0.77
Peso S. Seco	4.25	5.42	5.11
% de Humedad	15.29	15.68	15.07



Clasificación SUCS : **CL-ML** L.L : **21.43** Máx.Dens.Seca : **2.15** CBR AL 95% MDS : **5.1%**  
 Clasificación AASHTO: **A-4 (3)** I.P : **6.08** Humedad Optima: **7.36** CBR AL 100% MDS : **6.0%**



**ESPECIALISTA EN GEOTERIA**  
CIP. 127725

**Ing. Alfredo Caspar Apaza**  
CIP. 14571  
RFSP LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y  
MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

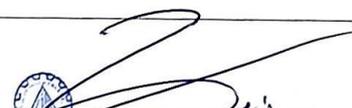
**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE  
CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO,  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Febrero del 2022  
**CALICATA** : CAL 03

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

N° de muestra		1	2	3
Cápsula	g	19.89	20.11	20.13
Cápsula + suelo húmedo	g	134.93	126.04	121.62
Cápsula + suelo seco	g	130.11	122.93	118.5
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>4.37</b>	<b>3.02</b>	<b>3.17</b>
<b>Promedio</b>	<b>%</b>	<b>3.52</b>		

  
Ing. Cesar Tito Becerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 121725

  
Laboratorio de Mecánica de Suelos  
y Materiales G & C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 128171  
REFSP LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR ESTANDAR MTC E 115**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.

**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco

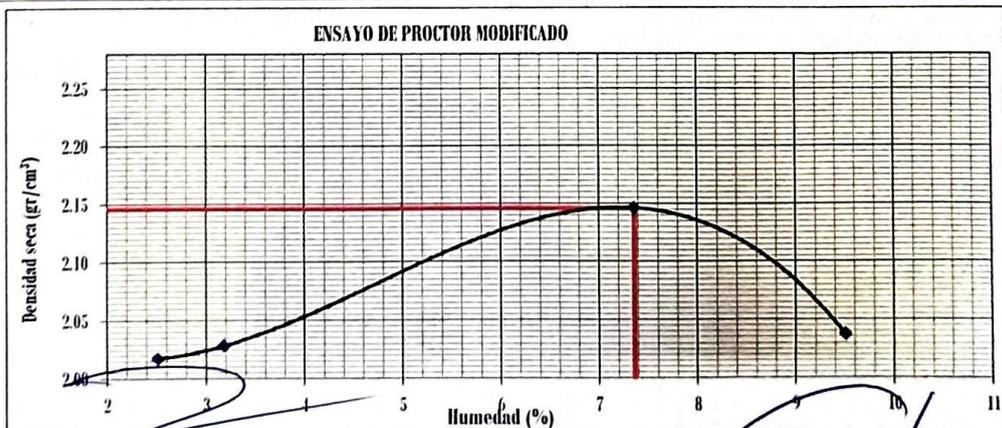
**MATERIAL** : CAL 03

**FECHA** : Febrero del 2022

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6501	6536	6836	6732
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	2934	2969	3269	3165
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.068</b>	<b>2.092</b>	<b>2.304</b>	<b>2.231</b>

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	13.86	14.02	14.34	13.93	14.03	14.26	14.15	13.96
Tara + suelo húmedo (gr.)	85.96	79.22	64.62	80.76	76.03	80.74	73.76	79.67
Tara + suelo seco (gr.)	84.28	77.54	63.29	78.41	72.42	75.51	68.43	74.14
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	72.10	65.20	50.28	66.83	62.00	66.48	59.61	65.71
Peso del Suelo Seco (gr.)	70.42	63.52	48.95	64.48	58.39	61.25	54.28	60.18
Peso de agua (gr.)	1.68	1.68	1.33	2.35	3.61	5.23	5.33	5.53
Humedad (%)	2.39	2.64	2.72	3.64	6.18	8.54	9.82	9.19
Promedio	<b>2.52</b>		<b>3.18</b>		<b>7.36</b>		<b>9.50</b>	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.017</b>		<b>2.028</b>		<b>2.146</b>		<b>2.037</b>	

x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.15</b>	Contenido Humedad Optima (%)	<b>7.36</b>
--	-------------	------------------------------	-------------



Ing. César Tito Becerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 126871  
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : CAL 03  
**FECHA** : Febrero del 2022

DATOS GENERALES			
Maxima Densidad Seca (Kg/ m <sup>3</sup> )	2.146	Peso del martillo	10 lbs
Humedad Optima	7.4%	Altura del martillo	18 pulg
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas
		Clas. Suelos:	AASHTO: A-4 (3)
		SUCS	: CL-ML

DATOS DEL MOLDE (cm.)	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.90	12.90	12.90
Diámetro	15.24	15.23	15.23
Volumen	2353.2	2350.1	2350.1

	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22
<b>DATOS DE COMPACTACION</b>	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,589	9,447	9,345
Peso del Molde (gr)	4,138	4,212	4,221
Peso de la Muestra Compacta (gr)	5,451	5,235	5,124
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.32	2.23	2.18
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.16	2.09	2.04

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	41.06	40.68	41.48	40.42	42.80	41.49
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	134.69	152.10	141.53	143.44	139.90	157.55
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	128.50	144.37	135.85	136.95	133.80	149.80
Peso del Agua (gr)	6.19	7.73	5.68	6.49	6.10	7.75
Peso del Suelo Seco (gr)	87.44	103.69	94.37	96.53	91.00	108.31
Contenido de Humedad	7.08%	7.45%	6.02%	6.72%	6.70%	7.16%
Contenido de Humedad Promedio	7.27%		6.37%		6.93%	

DATOS DE ABSORCION	1	2	3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,878	9,766	9,782
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,589	9,447	9,345
Porcentaje de Absorción	5.30%	6.09%	8.53%

ENSAYO DE EXPANSION				1			2			3		
CTE DIAL EXPANSION				0.001								
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC		Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
24/02/2022	13.00	00 horas		0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
25/02/2022	13.00	24 horas		8	0.008	0.16%	21	0.021	0.41%	21	0.021	0.41%
26/02/2022	13.00	48 horas		9	0.009	0.18%	34	0.034	0.67%	27	0.027	0.53%
27/02/2022	13.00	72 horas		9	0.009	0.18%	34	0.034	0.67%	45	0.045	0.89%
28/02/2022	13.00	96 horas		11	0.011	0.22%	34	0.034	0.67%	45	0.045	0.89%

ENSAYO DE PENETRACION											
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048											
AREA PISTON			1			2			3		
3.0 Pulg. Cuadradas			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI	Lb	PSI	Lb	PSI	Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	8	82	27	5	52	17	4	42	14
1.0 min	1.27	0.050	13	131	44	10	102	34	7	72	24
1.5 min	1.91	0.075	20	200	67	16	161	54	11	111	37
2.0 min	2.54	0.100	25	249	83	17	170	57	15	151	50
4.0 min	5.08	0.200	50	495	165	34	338	113	30	298	99
6.0 min	7.62	0.300	75	741	247	51	505	168	45	446	149
10.0 min	10.16	0.400	100	987	329	68	672	224	60	594	198
10.0 min	12.70	0.500	125	1233	411	85	840	280	75	741	247

Ing. Cesar Tito Becerra  
ESPECIALISTA EN GEOTERIA  
CIP: 427725

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP: 12851  
RPS LABORATORIO

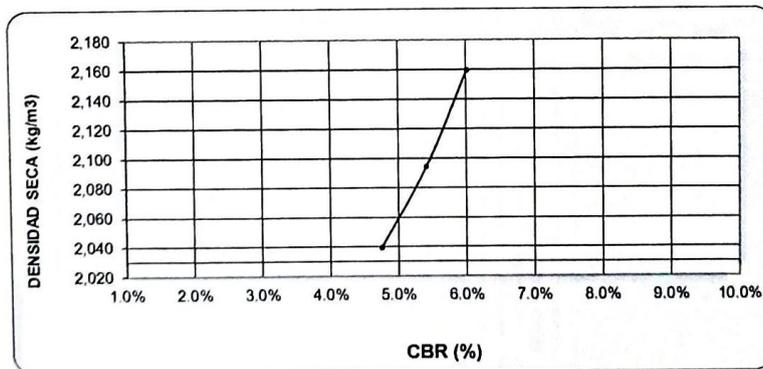
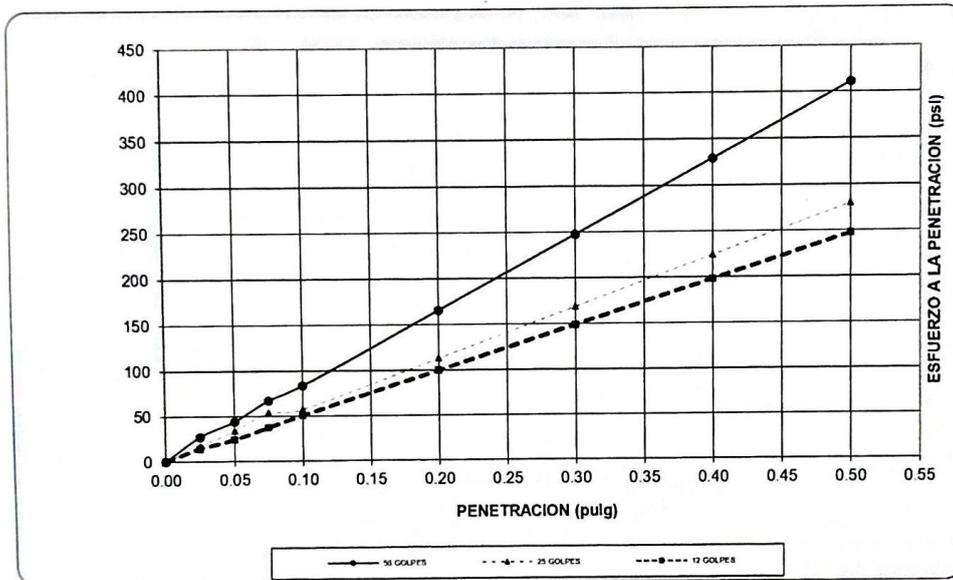


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
 UBICACIÓN : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
 MATERIAL : CAL 03  
 FECHA : Febrero del 2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	2.15	CBR AL 95% DE MDS =	5.05%
HUMEDAD OPTIMA (%)	7.36	CBR AL 100% DE MDS :	6.02%
Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75
56 GOLPES	0.22%	5.30%	
25 GOLPES	0.67%	6.09%	
12 GOLPES	0.89%	8.53%	OBSERVACION

Ing. Cesar Tito Becerra  
 ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
 CIP. 127125

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP 12571  
 RESP LABORATORIO



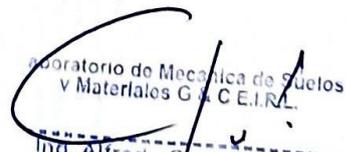
**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON  
ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion al 0.5% Fibras PET

**DOSIFICACION**  
: Dosificacion al 0.5%  
Fibras PET

RESUMEN DE RESULTADOS		
Limites de consistencia	Limite Liquido	21.88%
	Limite Plastico	15.89%
	Indice de Plasticidad	6.00%
Parametros Suelo	MDS	2.13 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad Optima	6.60 %
CBR	Al 95%	4.55%
	Al 100 %	6.62%

Observaciones | Muestras tipo Mab NTP 339.151

  
Ing. Cesar Tito Bocorra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

  
Laboratorio de Mecánica de Suelos  
y Materiales G & C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 178571  
RESP. LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion al 0.5% Fibras PET

**Granulometría (NTP 339,127)**

**Datos de ensayo**

Peso Total :  
 Peso de muestra lavada:  
 Perdida por lavada:

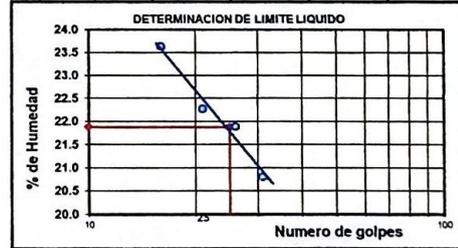
Malla		Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz	mm.					
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
No4	4.760					
10	2.000					
40	0.420					
100	0.149					
200	0.074					
< 200						
Total						

**Límite Líquido NTP 339.128**

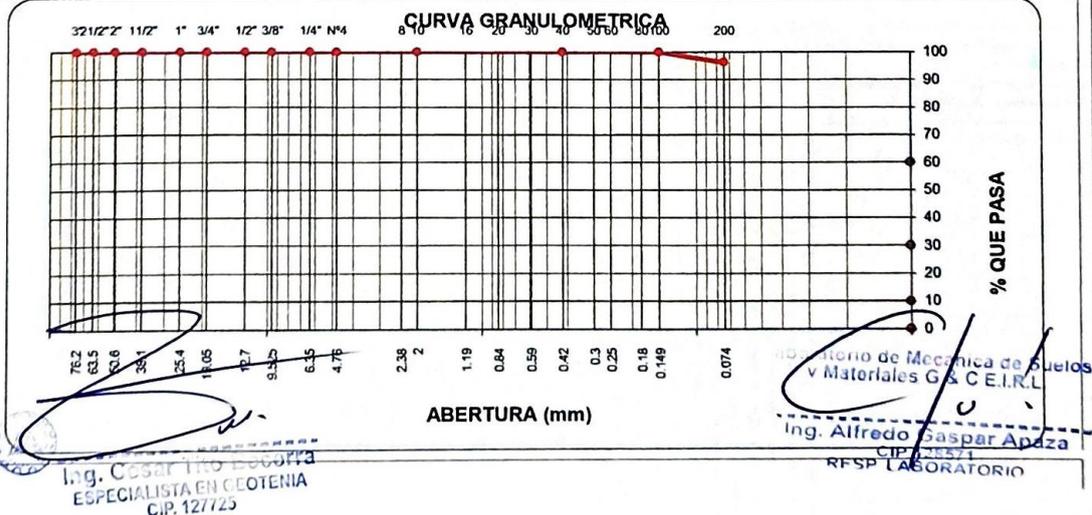
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	31	26	21	16
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	28.42	28.30	28.03	29.92
R + Suelo Seco	25.92	25.68	25.48	26.87
Peso Recip.	13.90	13.71	14.03	13.96
Peso Agua	2.50	2.62	2.55	3.05
Peso S. Seco	12.02	11.97	11.45	12.91
% de Humedad	20.80	21.89	22.27	23.63

**Límite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	13.98	13.03	14.58
R + Suelo Seco	13.04	12.19	13.55
Peso Recip.	7.03	6.98	7.07
Peso Agua	0.94	0.84	1.03
Peso S. Seco	6.01	5.21	6.48
% de Humedad	15.64	16.12	15.90



Clasificación SUCS : L.L. : **21.88** Máx. Dens. Seca : **2.14** CBR AL 95% MDS : **4.6%**  
 Clasificación AASHTO : LP : **6.00** Humedad Optima : **6.60** CBR AL 100% MDS : **6.6%**





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

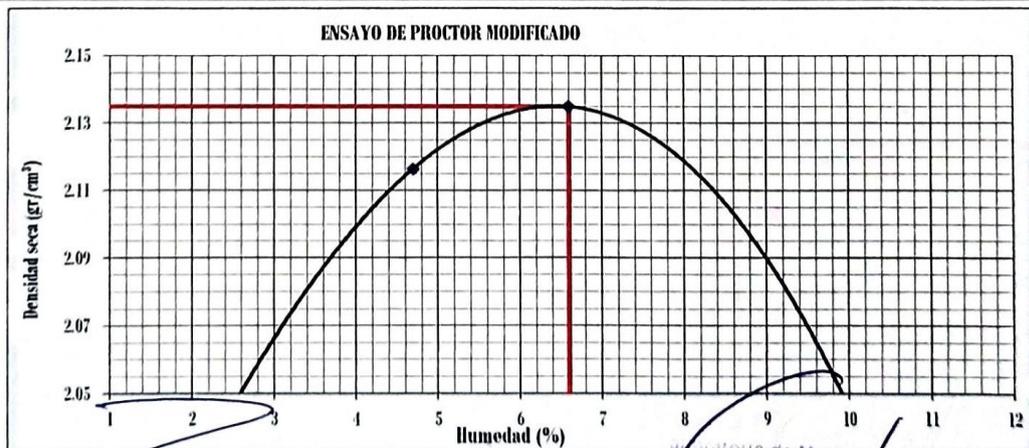
**PROCTOR ESTANDAR MTC E 115**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificacion al 0.5% Fibras PET  
**FECHA** : Marzo del 2022

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas C-24	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6528	6711	6796	6716
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	2961	3144	3229	3149
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.087</b>	<b>2.216</b>	<b>2.276</b>	<b>2.219</b>

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	14.02	14.01	15.20	13.70	14.27	14.13	13.65	14.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	98.62	89.09	91.52	90.67	88.37	79.01	84.98	85.51
Tara + suelo seco (gr.)	97.07	87.04	88.33	86.98	83.87	74.92	78.09	78.61
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	84.60	75.08	76.32	76.97	74.10	64.88	71.33	71.51
Peso del Suelo Seco (gr.)	83.05	73.03	73.13	73.28	69.60	60.79	64.44	64.61
Peso de agua (gr.)	1.55	2.05	3.19	3.69	4.50	4.09	6.89	6.90
Humedad (%)	1.87	2.81	4.36	5.04	6.47	6.73	10.69	10.68
Promedio	<b>2.34</b>		<b>4.70</b>		<b>6.60</b>		<b>10.69</b>	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.039</b>		<b>2.116</b>		<b>2.135</b>		<b>2.005</b>	
x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.14</b>					Contenido Humedad Optima (%)		<b>6.60</b>



Ing. **ROBERTO TILO DECORRA**  
**ESPECIALISTA EN GEOTENIA**  
 CIP: 121725

Ing. **Alfredo Gaspar Apaza**  
 CIP: 123671  
 RESEP LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECÁNICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificación al 0.5% Fibras PET  
**FECHA** : Marzo del 2022

DATOS GENERALES												
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	2.135		Peso del martillo	10 lbs		Clas. Suelos:						
C-24	6.6%		Altura del martillo	18 pulg		AASHTO: (9)						
Humedad Natural			Número de Capas	5 capas		SUCS : CL-ML						
DATOS DEL MOLDE (cm.)												
Nro. De Golpes	1			2			3					
Altura	12.90			12.90			12.90					
Diámetro	15.24			15.23			15.23					
Volumen	2353.2			2350.1			2350.1					
	MOLDE N° 20			MOLDE N° 21			MOLDE N° 22					
DATOS DE COMPACTACION												
	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES					
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,456			9,485			9,380					
Peso del Molde (gr)	4,034			4,125			4,205					
Peso de la Muestra Compacta (gr)	5,422			5,360			5,175					
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.30			2.28			2.20					
Densidad Seca (gr/cm3)	2.16			2.12			2.06					
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD												
	1	2	3	4	5	6						
Peso del Tarro (gr)	13.96	14.12	13.90	14.58	13.99	13.97						
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	75.94	73.25	75.49	79.78	78.04	75.27						
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	72.13	69.59	71.26	75.15	73.96	71.01						
Peso del Agua (gr)	3.81	3.66	4.23	4.63	4.08	4.26						
Peso del Suelo Seco (gr)	58.17	55.47	57.36	60.57	59.97	57.04						
Contenido de Humedad	6.55%	6.60%	7.37%	7.64%	6.80%	7.47%						
Contenido de Humedad Promedio	6.57%		7.51%			7.14%						
DATOS DE ABSORCION												
	1			2			3					
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,704			9,896			9,876					
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,456			9,485			9,380					
Porcentaje de Absorción	4.57%			7.67%			9.58%					
ENSAYO DE EXPANSION												
CTE. DIAL EXPANSION			1			2			3			
0.001												
FECHA	HORA	TIEMPO TRANS	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	
4/03/2022	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	
5/03/2022	13.00	24 horas	11	0.011	0.24%	15	0.015	0.33%	23	0.020	0.43%	
6/03/2022	13.00	48 horas	11	0.019	0.41%	28	0.028	0.61%	39	0.045	0.98%	
7/03/2022	13.00	72 horas	11	0.020	0.43%	34	0.033	0.72%	39	0.056	1.21%	
8/03/2022	13.00	96 horas	11	0.022	0.48%	34	0.033	0.72%	40	0.066	1.43%	
ENSAYO DE PENETRACION												
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048			1			2			3			
AREA PISTON 3.0 Pulg. Cuadradas			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES			
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI							
0.5 min	0.64	0.025	7	72	24	4	42	14	3	33	11	
1.0 min	1.27	0.050	15	151	50	9	92	31	7	72	24	
1.5 min	1.91	0.075	22	220	73	13	131	44	10	102	34	
2.0 min	2.54	0.100	29	289	96	19	190	63	15	141	50	
4.0 min	5.08	0.200	58	574	191	38	377	126	30	298	99	
6.0 min	7.62	0.300	87	859	286	57	564	188	45	446	149	
8.0 min	10.16	0.400	116	1145	382	76	751	250	60	594	198	
10.0 min	12.70	0.500	145	1430	477	95	938	313	75	741	244	

Ing. Oscar Tito Escobar  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP 127722

laboratorio de Mecánica de Suelos  
v. Arellano 446, C. 149  
Ing. Fredy Caspe  
CIP 18571  
RESP LABORATORIO

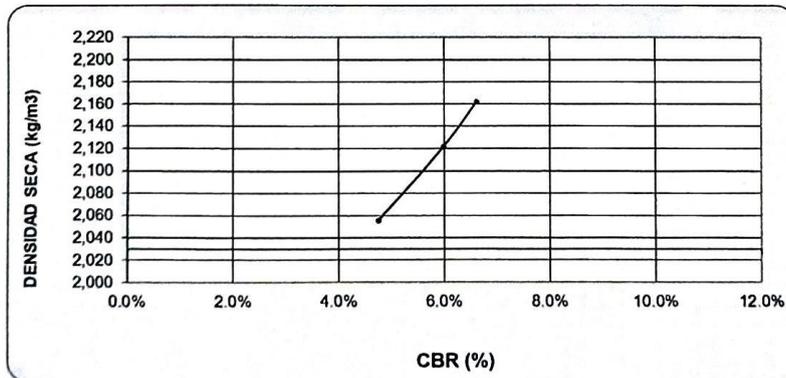
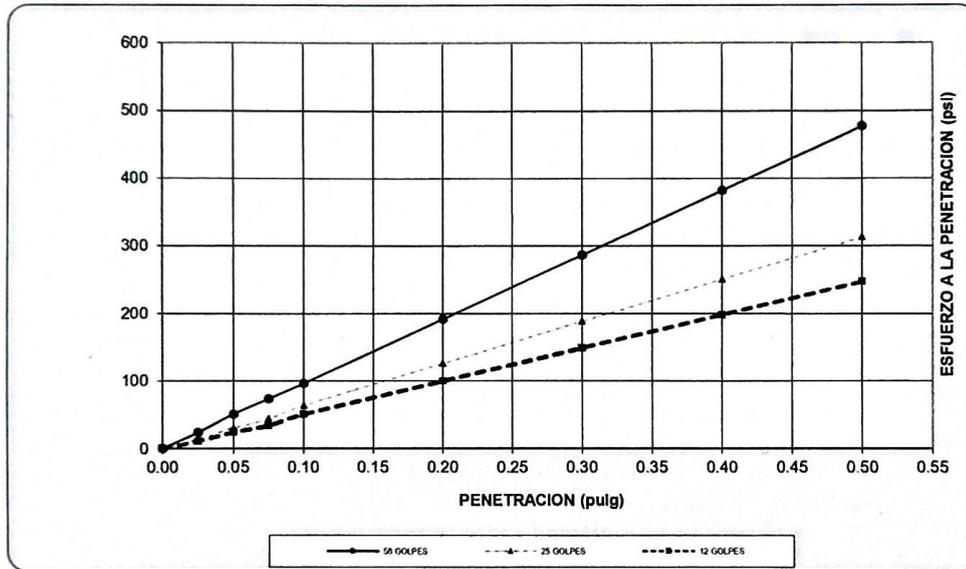


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
 UBICACIÓN : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
 MATERIAL : Dosificación al 0.5% Fibras PET  
 FECHA : Marzo del 2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	2.14	CBR AL 95% DE MDS =	4.55%
HUMEDAD OPTIMA (%)	6.60	CBR AL 100% DE MDS =	6.62%
Nro. DE GOLFES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75
56 GOLFES	0.48%	4.57%	
25 GOLFES	0.72%	7.67%	
12 GOLFES	1.43%	9.58%	OBSERVACION

Ing. Cesar Tito Becerra  
 ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
 CIP. 127725

Ing. Alfredo Gaypar Apaza  
 CIP 128771  
 RESP. LABORATORIO



**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON  
ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion 1.0 % con Fibras PET

**DOSIFICACION**  
: Dosificacion 1.0 % con  
Fibras PET

RESUMEN DE RESULTADOS		
Límites de consistencia	Límite Líquido	22.09%
	Límite Plástico	16.20%
	Índice de Plasticidad	5.88%
Parámetros Suelo	MDS	2.14 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad Óptima	6.37 %
CBR	AI 95%	7.06%
	AI 100 %	8.52%

Observaciones | Muestras tipo Mab NTP 339.151



Ing. Cesar Tito Bocerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

Laboratorio de Mecánica de Suelos  
y Materiales G & C E.I.R.L.

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 127571  
RFSP LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L.**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**GRANULOMETRÍA / LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificación 1.0 % con Fibras PET

**Granulometría (NTP 339,127)**

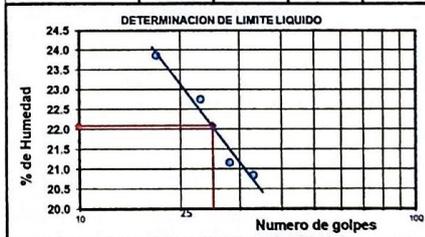
Malla		Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz	mm.					
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
No4	4.760					
10	2.000					
40	0.420					
100	0.149					
200	0.074					
< 200						
Total						

**Límite Líquido NTP 339.128**

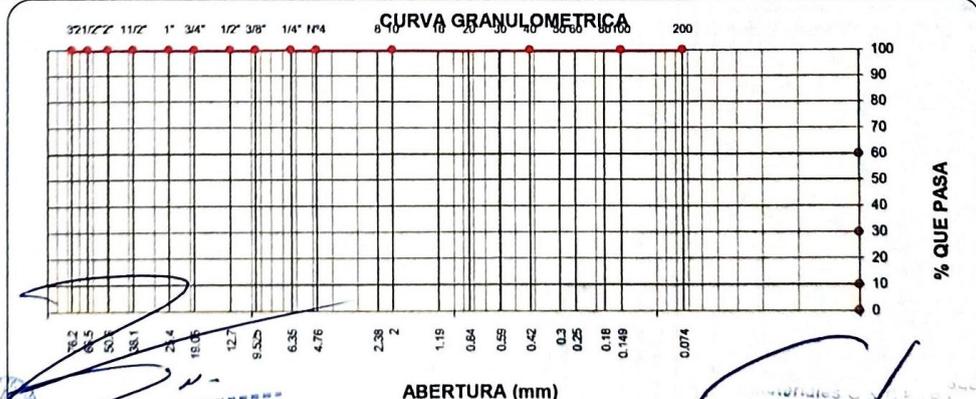
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	33	28	23	17
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	28.04	27.35	31.17	28.79
R + Suelo Seco	25.66	24.96	27.96	25.93
Peso Recip.	14.24	13.66	13.85	13.94
Peso Agua	2.38	2.39	3.21	2.86
Peso S. Seco	11.42	11.30	14.11	11.99
% de Humedad	20.84	21.15	22.75	23.85

**Límite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	13.92	14.42	14.44
R + Suelo Seco	12.98	13.38	13.41
Peso Recip.	7.10	6.99	7.11
Peso Agua	0.94	1.04	1.03
Peso S. Seco	5.88	6.39	6.30
% de Humedad	15.99	16.28	16.35



Clasificación SUCS : L.L. : **22.09** Máx. Dens. Seca : **2.14** CBR AL 95% MDS : **7.1%**  
 Clasificación AASHTO : I.P. : **5.88** Humedad Óptima : **6.37** CBR AL 100% MDS : **8.5%**



**Ing. César Tito Becerra**  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA  
CIP. 127725

**Ing. Alfredo Gaspar Apaza**  
CIP. 28571  
RESP. LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR ESTANDAR MTC E 115**

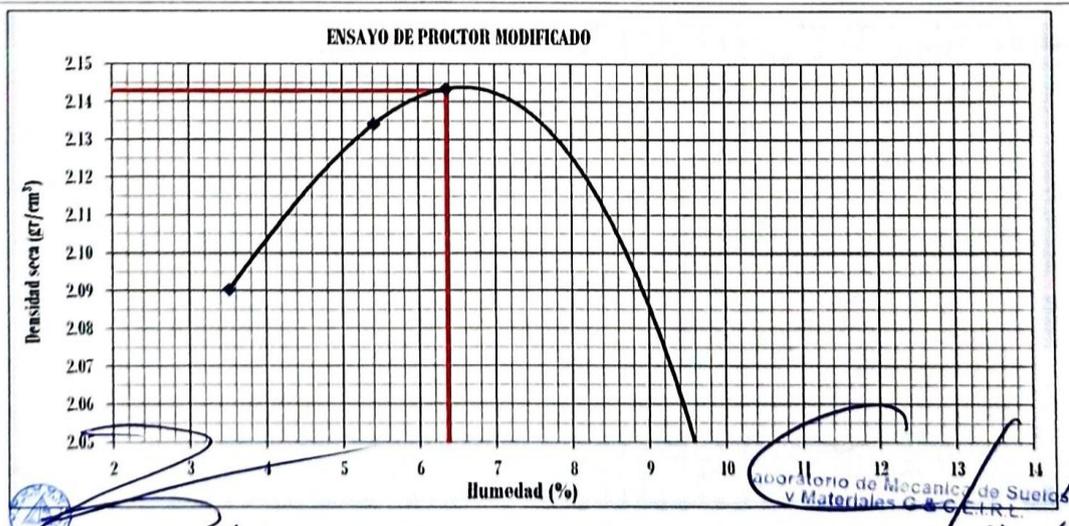
**DATOS DE LA MUESTRA**

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificacion 1.0 % con Fibras PET  
**FECHA** : Marzo del 2022

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6637	6759	6802	6748
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	3070	3192	3235	3181
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.164</b>	<b>2.250</b>	<b>2.280</b>	<b>2.242</b>

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	14.00	14.02	14.13	13.65	14.04	14.03	13.71	15.22
Tara + suelo húmedo (gr.)	112.28	90.64	104.49	104.87	96.13	94.44	96.41	98.50
Tara + suelo seco (gr.)	109.33	87.74	99.78	100.25	91.09	89.75	89.28	91.00
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	98.28	76.62	90.36	91.22	82.09	80.41	82.70	83.28
Peso del Suelo Seco (gr.)	95.33	73.72	85.65	86.60	77.05	75.72	75.57	75.78
Peso de agua (gr.)	2.95	2.90	4.71	4.62	5.04	4.69	7.13	7.50
Humedad (%)	3.09	3.93	5.50	5.33	6.54	6.19	9.43	9.90
Promedio	<b>3.51</b>		<b>5.42</b>		<b>6.37</b>		<b>9.67</b>	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.090</b>		<b>2.134</b>		<b>2.143</b>		<b>2.044</b>	

x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.14</b>	Contenido Humedad Optima (%)	<b>6.37</b>
--	-------------	------------------------------	-------------



Ing. Cesar Tito Becerra  
 ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
 CIP. 12/125

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP 12871  
 QESP LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificacion 1.0 % con Fibras PET  
**FECHA** : Marzo del 2022

DATOS GENERALES												
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	2.143		Peso del martillo	10 lbs		Clas. Suelos:						
Humedad Optima	6.4%		Altura del martillo	18 pulg		AASHTO: (9)						
Humedad Natural			Número de Capas	5 capas		SUCS : CL-ML						
DATOS DEL MOLDE (cm.)												
	1			2			3					
Nro. De Golpes	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES					
Altura	12.90			12.90			12.90					
Diámetro	15.24			15.23			15.23					
Volumen	2353.2			2350.1			2350.1					
DATOS DE COMPACTACION												
	MOLDE N° 20			MOLDE N° 21			MOLDE N° 22					
	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES					
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,533			9,538			9,260					
Peso del Molde (gr)	4088			4211			4056					
Peso de la Muestra Compacta (gr)	5,445			5,327			5,204					
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.31			2.27			2.21					
Densidad Seca (gr/cm3)	2.17			2.13			2.09					
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD												
	1	2	3	4	5	6						
Peso del Tarro (gr)	14.09	14.25	14.12	14.23	15.20	13.97						
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	87.02	85.96	82.83	74.99	81.58	77.25						
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	82.25	81.57	78.32	71.72	77.81	73.50						
Peso del Agua (gr)	4.77	4.39	4.51	3.27	3.77	3.75						
Peso del Suelo Seco (gr)	68.16	67.32	64.20	57.49	62.61	59.53						
Contenido de Humedad	7.00%	6.52%	7.02%	5.69%	6.02%	6.30%						
Contenido de Humedad Promedio	6.76%		6.36%			6.16%						
DATOS DE ABSORCION												
	1			2			3					
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,804			9,911			9,745					
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,533			9,538			9,260					
Porcentaje de Absorción	4.98%			7.00%			9.32%					
ENSAYO DE EXPANSION												
CTE. DIAL EXPANSION			1			2			3			
0.001												
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	
4/03/2022	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	
5/03/2022	13.00	24 horas	8	0.012	0.26%	25	0.018	0.39%	27	0.026	0.56%	
6/03/2022	13.00	48 horas	8	0.015	0.33%	25	0.024	0.52%	29	0.026	0.56%	
7/03/2022	13.00	72 horas	8	0.016	0.35%	25	0.035	0.76%	33	0.034	0.74%	
8/03/2022	13.00	96 horas	9	0.016	0.35%	27	0.036	0.78%	34	0.045	0.98%	
ENSAYO DE PENETRACION												
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048												
AREA PISTON		3.0 Pulg. Cuadradas		1			2			3		
				56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI		Lb	PSI		Lb	PSI	
0.5 min	0.64	0.025	8	82	27	7	72	24	7	72	24	
1.0 min	1.27	0.050	16	161	54	13	131	44	12	121	40	
1.5 min	1.91	0.075	24	239	80	20	200	67	18	180	60	
2.0 min	2.54	0.100	31	308	103	26	259	86	24	239	80	
4.0 min	5.08	0.200	62	613	204	52	515	172	48	476	159	
6.0 min	7.62	0.300	93	918	306	78	771	257	72	712	237	
8.0 min	10.16	0.400	124	1224	408	104	1027	342	96	948	316	
10.0 min	12.70	0.500	155	1529	510	130	1283	428	120	1188	395	



Ing. Cesar Tito Bocerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 121725

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 128671  
REFSP LABORATORIO

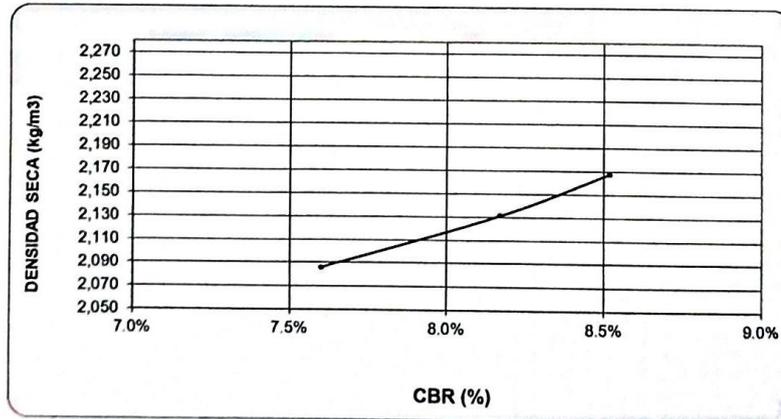
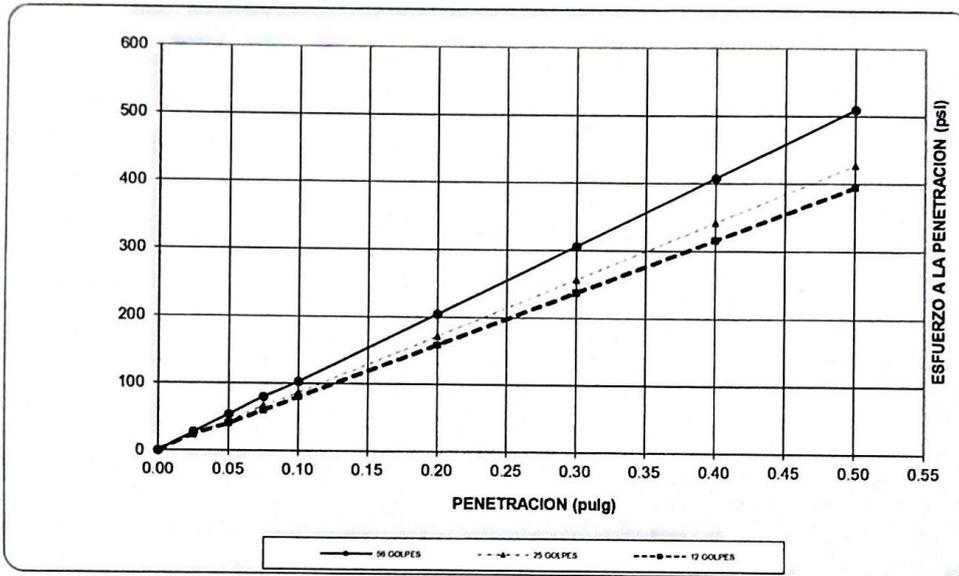


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Iluarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificación 1.0 % con Fibras PET  
**FECHA** : Marzo del 2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m <sup>3</sup> )	2.14	CBR AL 95% DE MDS =	7.1%
HUMEDAD OPTIMA (%)	6.37	CBR AL 100% DE MDS =	8.5%
Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:
56 GOLPES	0.35%	4.98%	CBR (0.1") / CBR (0.2") =
25 GOLPES	0.78%	7.00%	0.76
12 GOLPES	0.98%	9.32%	OBSERVACION

Ing. Cesar Tito Lozano  
 ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
 CIP. 127725

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP. 28571  
 R.F.S.P. LABORATORIO



**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON  
ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion 1.5% fibras PET

## DOSIFICACION

: Dosificacion 1.5%  
fibras PET

### RESUMEN DE RESULTADOS

Limites de consistencia	Limite Liquido	20.81%
	Limite Plastico	16.22%
	Indice de Plasticidad	4.59%
Parametros Suelo	MDS	2.11 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad Optima	6.43 %
CBR	AI 95%	6.97%
	AI 100 %	7.38%

Observaciones

Muestras tipo Mab NTP 339.151



Ing. Cesar Tito Becerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Materiales G & C E.I.R.L.

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 125671  
RFSP LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**GRANULOMETRÍA / LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127 / NTP 339.128**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion 1.5% fibras PET

**Granulometría (NTP 339,127)**

Malla		Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz	mm.					
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
No4	4.760					
10	2.000					
40	0.420					
100	0.149					
200	0.074					
< 200						
Total						

**Limite Líquido NTP 339.128**

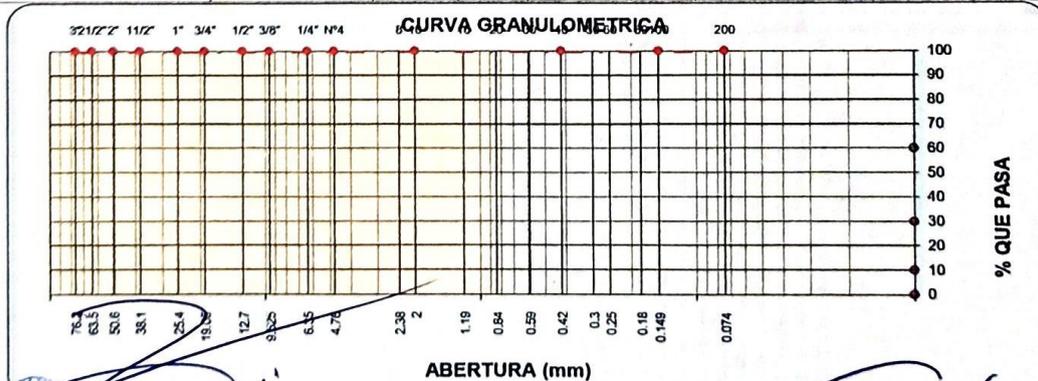
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	35	31	27	19
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	29.52	28.80	29.87	29.83
R + Suelo Seco	27.02	26.37	27.11	27.02
Peso Recip.	14.28	14.23	14.02	13.97
Peso Agua	2.50	2.43	2.76	2.81
Peso S. Seco	12.74	12.14	13.09	13.05
% de Humedad	19.62	20.02	21.08	21.53

**Limite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3	
Recipiente Nº	a	b	c	
R + Suelo Hum.	13.21	13.27	13.14	
R + Suelo Seco	12.38	12.42	12.23	
Peso Recip.	6.99	7.05	7.01	
Peso Agua	0.83	0.85	0.91	
Peso S. Seco	5.39	5.37	5.22	
% de Humedad	15.40	15.83	17.43	16.22



Clasificación SUCS :	LL :	20.81	Máx.Dens.Seca :	2.11	CBR AL 95% MDS	7.0%
Clasificación AASHTO:	I.P :	4.59	Humedad Optima:	6.43	CBR AL 100% MDS	7.4%



Ing. Gaspar Tito Bacerra  
**ESPECIALISTA EN GEOTENIA**  
 CIP. 127725

laboratorio de Mecánica de Suelos  
 y Materiales G & C E.I.R.L.  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP 128571  
 R.F.S.P LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR ESTANDAR MTC E 115**

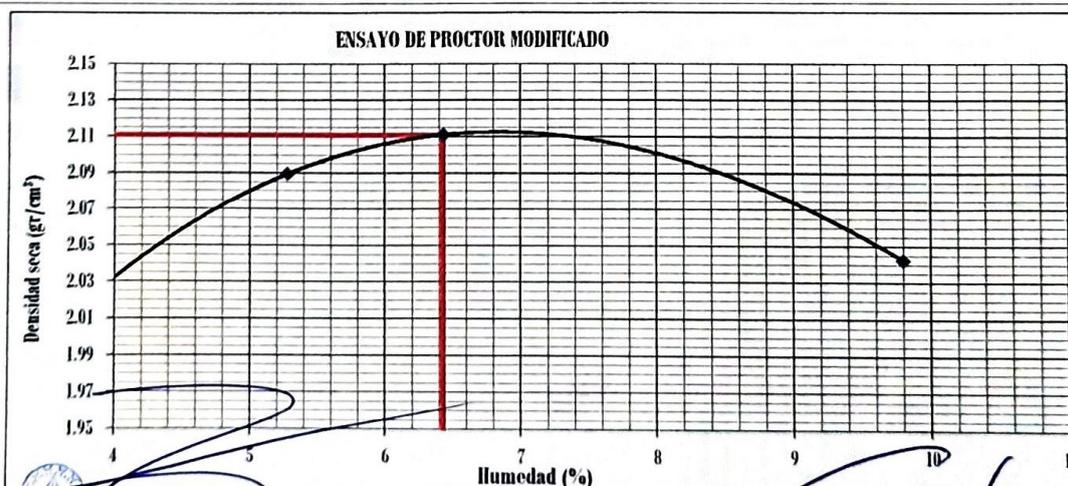
**DATOS DE LA MUESTRA**

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificacion 1.5% fibras PET  
**FECHA** : Marzo del 2022

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6534	6688	6755	6749
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	2967	3121	3188	3182
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.091	2.200	2.247	2.243

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	20.68	20.42	20.62	21.04	20.51	20.45	20.11	21.05
Tara + suelo húmedo (gr.)	120.03	109.17	124.03	122.17	108.49	129.16	129.48	128.27
Tara + suelo seco (gr.)	116.38	106.03	118.82	117.12	103.49	122.20	119.36	119.05
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	99.35	88.75	103.41	101.13	87.98	108.71	109.37	107.22
Peso del Suelo Seco (gr.)	95.70	85.61	98.20	96.08	82.98	101.75	99.25	98.00
Peso de agua (gr.)	3.65	3.14	5.21	5.05	5.00	6.96	10.12	9.22
Humedad (%)	3.81	3.67	5.31	5.26	6.03	6.84	10.20	9.41
Promedio	3.74		5.28		6.43		9.80	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.016		2.089		2.111		2.042	

x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.11	Contenido Humedad Optima (%)	6.43
--	------	------------------------------	------



Ing. Cesar Tito Bocerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP 12772

Laboratorio de Mecánica de Suelos  
y Materiales G & C E.I.R.L.

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 12571  
RESP LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECÁNICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jerónimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificación 1.5% fibras PET  
**FECHA** : Marzo del 2022

DATOS GENERALES			
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	2.111	Peso del martillo	10 lbs
Humedad Optima	6.4%	Altura del martillo	18 pulg
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas
		Clas. Suelos:	AASHTO: A-2-4(0)
		SUCS	: CL-ML

DATOS DEL MOLDE (cm.)			
	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.90	12.90	12.90
Diámetro	15.25	15.25	15.25
Volumen	2356.2	2356.2	2356.2

DATOS DE COMPACTACION			
	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,521	9,245	9,115
Peso del Molde (gr)	4,209	4,112	4,085
Peso de la Muestra Compacta (gr)	5,312	5,133	5,030
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.25	2.18	2.13
Densidad Seca (gr/cm3)	2.12	2.05	2.01

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD						
	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	20.31	20.73	20.59	21.14	20.60	20.71
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	131.64	128.86	134.21	127.57	132.36	138.43
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	124.69	122.63	126.65	121.66	125.26	131.66
Peso del Agua (gr)	6.95	6.23	7.56	5.91	7.10	6.77
Peso del Suelo Seco (gr)	104.38	101.90	106.06	100.52	104.66	110.95
Contenido de Humedad	6.66%	6.11%	7.13%	5.88%	6.78%	6.10%
Contenido de Humedad Promedio	6.39%		6.50%		6.44%	

DATOS DE ABSORCION			
	1	2	3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,798	9,598	9,577
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,521	9,245	9,115
Porcentaje de Absorción	5.21%	6.88%	9.18%

ENSAYO DE EXPANSION											
			1			2			3		
CTE. DIAL EXPANSION			0.001								
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
4/03/2022	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
5/03/2022	13.00	24 horas	7	0.017	0.33%	20	0.020	0.39%	24	0.029	0.57%
6/03/2022	13.00	48 horas	7	0.018	0.35%	21	0.025	0.49%	24	0.030	0.59%
7/03/2022	13.00	72 horas	7	0.019	0.37%	21	0.028	0.55%	24	0.033	0.65%
8/03/2022	13.00	96 horas	7	0.021	0.41%	22	0.030	0.59%	28	0.036	0.71%

ENSAYO DE PENETRACION											
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048											
AREA PISTON			1			2			3		
3.0 Pulg. Cuadradas			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI		Lb	PSI		Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	8	82	27	5	52	17	5	52	17
1.0 min	1.27	0.050	14	141	47	11	111	37	9	92	31
1.5 min	1.91	0.075	22	220	73	16	161	54	13	131	44
2.0 min	2.54	0.100	27	269	90	22	220	73	21	210	70
4.0 min	5.08	0.200	54	535	178	44	436	145	42	416	139
6.0 min	7.62	0.300	81	800	267	66	653	218	63	623	208
8.0 min	10.16	0.400	108	1066	355	88	869	290	84	840	277
10.0 min	12.70	0.500	135	1332	444	110	1086	362	105	1037	346

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127723

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 127723  
RESP. LABORATORIO

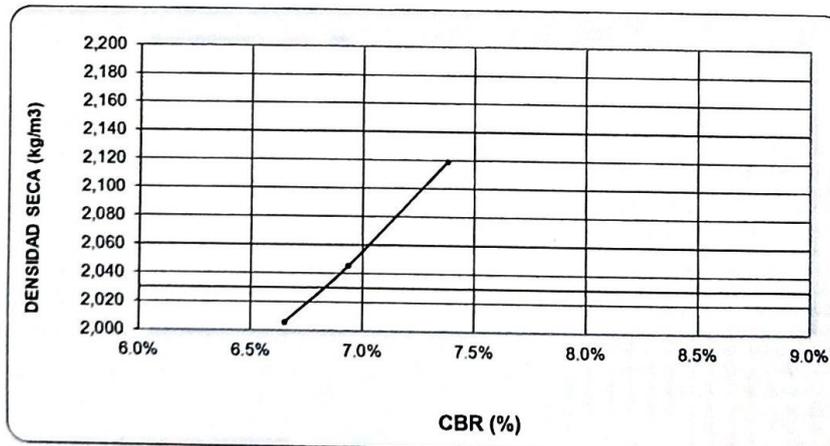
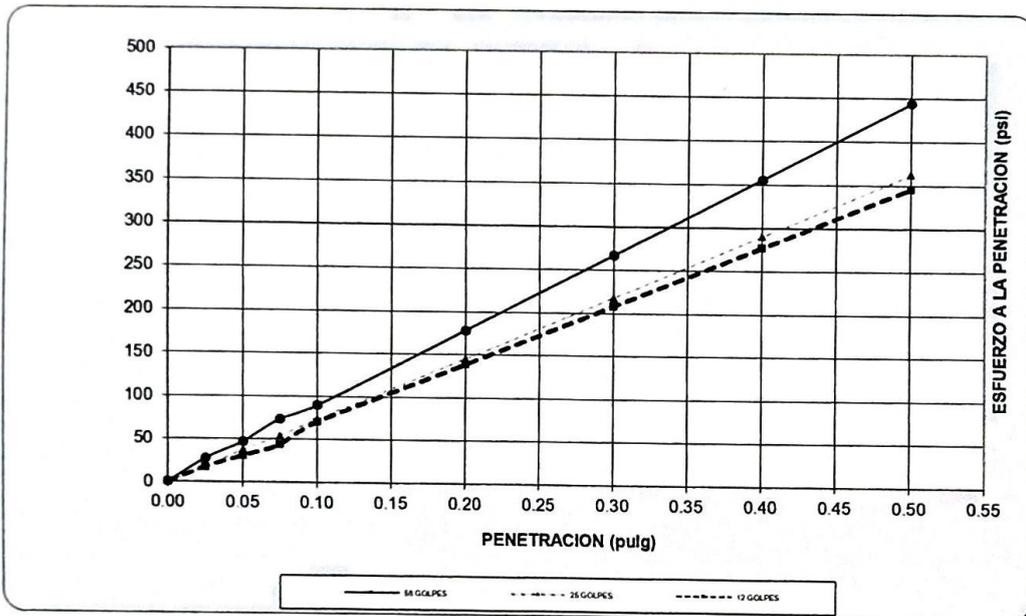


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificación 1.5% fibras PET  
**FECHA** : Marzo del 2022



RESULTADOS			
MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	2.11	CBR AL 95% DE MDS =	6.97%
HUMEDAD OPTIMA (%)	6.43	CBR AL 100% DE MDS =	7.38%
Nro. DE GOLFES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.76
56 GOLFES	0.41%	5.21%	
25 GOLFES	0.59%	6.88%	
12 GOLFES	0.71%	9.18%	OBSERVACION

Ing. Cesar Tito Becerra  
 ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
 CIP. 127725

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP 178571  
 QESP LABORATORIO



**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON  
ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion al 0.5% Fibras PET

**DOSIFICACION**  
: Dosificacion al 0.5%  
Fibras PET

RESUMEN DE RESULTADOS		
Limites de consistencia	Limite Liquido	21.88%
	Limite Plastico	15.89%
	Indice de Plasticidad	6.00%
Parametros Suelo	MDS	2.13 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad Optima	6.60 %
CBR	AI 95%	4.55%
	AI 100 %	6.62%

Observaciones | Muestras tipo Mab NTP 339.151

  
Ing. Cesar Tito Bocerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

  
Laboratorio de Mecanica de Suelos  
y Materiales G & C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 118571  
RESP. LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificación al 0.5% Fibras PET

**Granulometría (NTP 339,127)**

**Datos de ensayo**

Peso Total :  
 Peso de muestra lavada:  
 Perdida por lavada:

Malla		Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz	mm.					
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
No4	4.760					
10	2.000					
40	0.420					
100	0.149					
200	0.074					
< 200						
Total						

**Límite Líquido NTP 339.128**

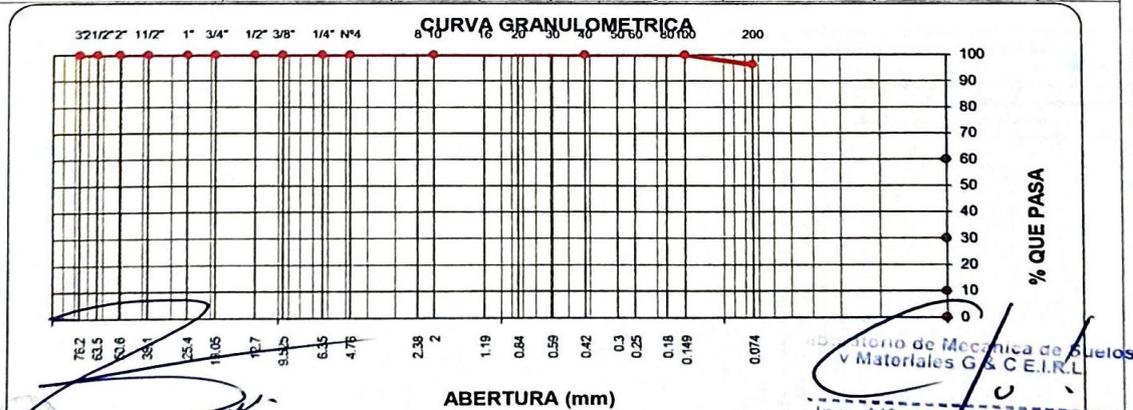
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	31	26	21	16
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	28.42	28.30	28.03	29.92
R + Suelo Seco	25.92	25.68	25.48	26.87
Peso Recip.	13.90	13.71	14.03	13.96
Peso Agua	2.50	2.62	2.55	3.05
Peso S. Seco	12.02	11.97	11.45	12.91
% de Humedad	20.80	21.89	22.27	23.63

**Límite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	13.98	13.03	14.58
R + Suelo Seco	13.04	12.19	13.55
Peso Recip.	7.03	6.98	7.07
Peso Agua	0.94	0.84	1.03
Peso S. Seco	6.01	5.21	6.48
% de Humedad	15.64	16.12	15.90
			<b>15.89</b>



Clasificación SUCS : L.L : **21.88** Máx.Dens.Seca : **2.14** CBR AL 95% MDS : **4.6%**  
 Clasificación AASHTO: LP : **6.00** Humedad Optima: **6.60** CBR AL 100% MDS : **6.6%**



Ing. Cesar Tito Escobar  
 ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
 CIP. 127725

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP. 13374  
 RESP LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR ESTANDAR MTC E 115**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.

**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco

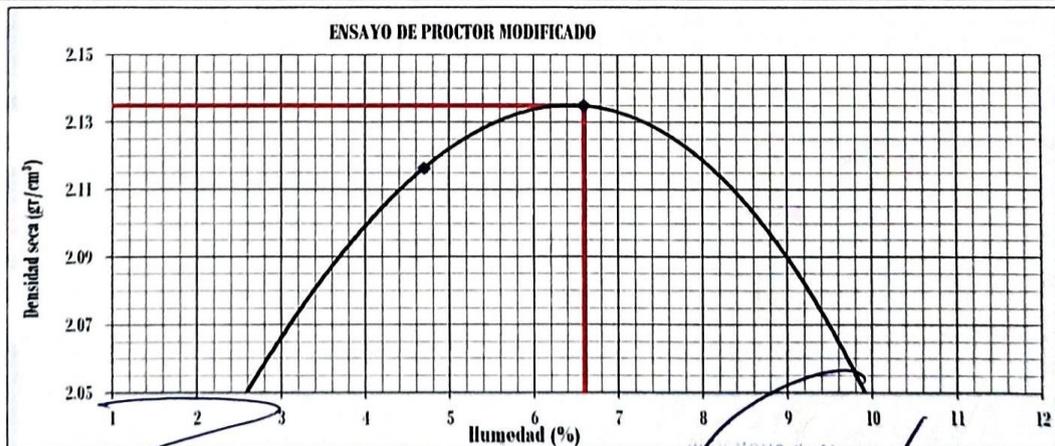
**MATERIAL** : Dosificacion al 0.5% Fibras PET

**FECHA** : Marzo del 2022

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas C-24	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6528	6711	6796	6716
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	2961	3144	3229	3149
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.087</b>	<b>2.216</b>	<b>2.276</b>	<b>2.219</b>

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	14.02	14.01	15.20	13.70	14.27	14.13	13.65	14.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	98.62	89.09	91.52	90.67	88.37	79.01	84.98	85.51
Tara + suelo seco (gr.)	97.07	87.04	88.33	86.98	83.87	74.92	78.09	78.61
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	84.60	75.08	76.32	76.97	74.10	64.88	71.33	71.51
Peso del Suelo Seco (gr.)	83.05	73.03	73.13	73.28	69.60	60.79	64.44	64.61
Peso de agua (gr.)	1.55	2.05	3.19	3.69	4.50	4.09	6.89	6.90
Humedad (%)	1.87	2.81	4.36	5.04	6.47	6.73	10.69	10.68
Promedio	<b>2.34</b>		<b>4.70</b>		<b>6.60</b>		<b>10.69</b>	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.039</b>		<b>2.116</b>		<b>2.135</b>		<b>2.005</b>	

x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.14</b>	Contenido Humedad Optima (%)	<b>6.60</b>
--	-------------	------------------------------	-------------



Ing. Oscar Tito Bocorra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127723

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 128221  
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificación al 0.5% Fibras PET  
**FECHA** : Marzo del 2022

DATOS GENERALES					
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	2.135	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:	
C-24	6.6%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO: (9)	
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS : CL-ML	

DATOS DEL MOLDE (cm.)	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.90	12.90	12.90
Diámetro	15.24	15.23	15.23
Volumen	2353.2	2350.1	2350.1

DATOS DE COMPACTACION	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,456	9,485	9,380
Peso del Molde (gr)	4,034	4,125	4,205
Peso de la Muestra Compacta (gr)	5,422	5,360	5,175
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.30	2.28	2.20
Densidad Seca (gr/cm3)	2.16	2.12	2.06

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	13.96	14.12	13.90	14.58	13.99	13.97
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	75.94	73.25	75.49	79.78	78.04	75.27
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	72.13	69.59	71.26	75.15	73.96	71.01
Peso del Agua (gr)	3.81	3.66	4.23	4.63	4.08	4.26
Peso del Suelo Seco (gr)	58.17	55.47	57.36	60.57	59.97	57.04
Contenido de Humedad	6.55%	6.60%	7.37%	7.64%	6.80%	7.47%
Contenido de Humedad Promedio	6.57%		7.51%		7.14%	

DATOS DE ABSORCION	1	2	3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,704	9,896	9,876
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,456	9,485	9,380
Porcentaje de Absorción	4.57%	7.67%	9.58%

ENSAYO DE EXPANSION			1			2			3		
CTE. DIAL EXPANSION			0.001								
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
4/03/2022	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
5/03/2022	13.00	24 horas	11	0.011	0.24%	15	0.015	0.33%	23	0.020	0.43%
6/03/2022	13.00	48 horas	11	0.019	0.41%	28	0.028	0.61%	39	0.045	0.98%
7/03/2022	13.00	72 horas	11	0.020	0.43%	34	0.033	0.72%	39	0.056	1.21%
8/03/2022	13.00	96 horas	11	0.022	0.48%	34	0.033	0.72%	40	0.066	1.43%

ENSAYO DE PENETRACION											
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048											
AREA PISTON			1			2			3		
3.0 Pulg. Cuadradas			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI		Lb	PSI		Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	7	72	24	4	42	14	3	33	11
1.0 min	1.27	0.050	15	151	50	9	92	31	7	72	24
1.5 min	1.91	0.075	22	220	73	13	131	44	10	102	34
2.0 min	2.54	0.100	29	289	96	19	190	63	15	161	50
4.0 min	5.08	0.200	58	574	191	38	377	126	30	298	99
6.0 min	7.62	0.300	87	859	286	57	564	188	46	446	149
8.0 min	10.16	0.400	116	1145	382	76	751	250	60	594	198
10.0 min	12.70	0.500	145	1430	477	95	938	313	75	741	244

Ing. Oscar Tito Escobar  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP: 127723

laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G&C U.T.R.U.  
Ing. Wilfredo Castro Tapata  
CIP: 16571  
RFSF LABORATORIO

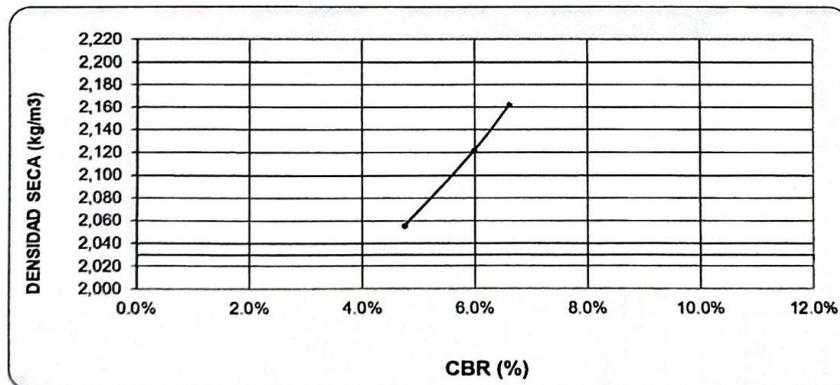
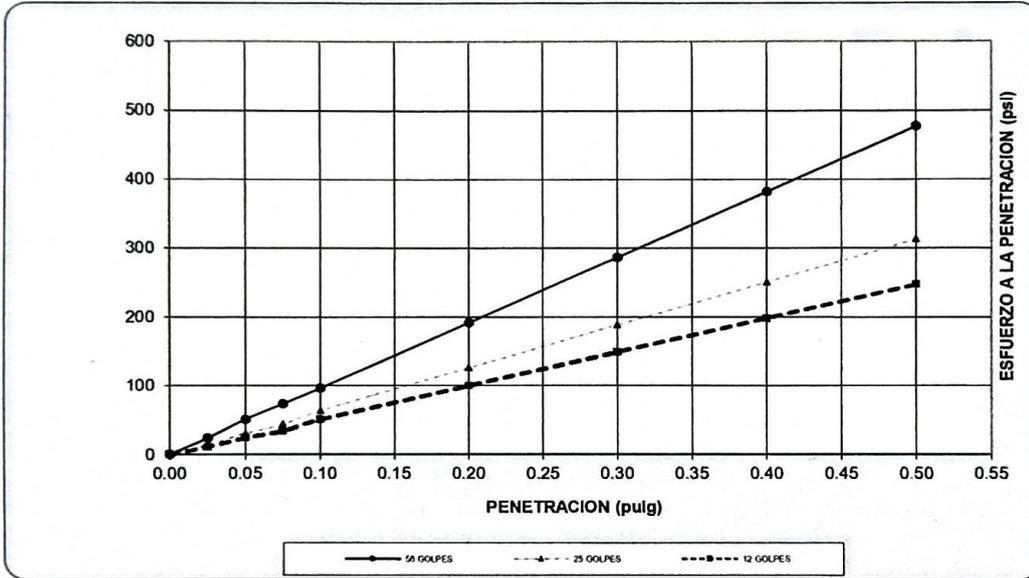


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificación al 0.5% Fibras PET  
**FECHA** : Marzo del 2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	2.14	CBR AL 95% DE MDS =	4.55%
HUMEDAD OPTIMA (%)	6.60	CBR AL 100% DE MDS =	6.62%
Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75
56 GOLPES	0.48%	4.57%	
25 GOLPES	0.72%	7.67%	
12 GOLPES	1.43%	9.58%	OBSERVACION

Ing. Cesar Tito Becerra  
 ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
 CIP. 127725

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP. 128771  
 R.F.S.P. LABORATORIO



**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON  
ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion 1.0 % con Fibras PET

**DOSIFICACION**  
: Dosificacion 1.0 % con  
Fibras PET

RESUMEN DE RESULTADOS		
Limites de consistencia	Limite Liquido	22.09%
	Limite Plastico	16.20%
	Indice de Plasticidad	5.88%
Parametros Suelo	MDS	2.14 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad Optima	6.37 %
CBR	AI 95%	7.06%
	AI 100 %	8.52%

Observaciones | Muestras tipo Mab NTP 339.151



Cesar Tito Becerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

Laboratorio de Mecánica de Suelos  
y Materiales G & C E.I.R.L. /

Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 127571  
RFSP LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion 1.0 % con Fibras PET

**Granulometría (NTP 339,127)**

Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz mm.					
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No4	4.760				
10	2.000				
40	0.420				
100	0.149				
200	0.074				
< 200					
Total					

**Límite Líquido NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	33	28	23	17
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	28.04	27.35	31.17	28.79
R + Suelo Seco	25.66	24.96	27.96	25.93
Peso Recip.	14.24	13.66	13.85	13.94
Peso Agua	2.38	2.39	3.21	2.86
Peso S. Seco	11.42	11.30	14.11	11.99
% de Humedad	20.84	21.15	22.75	23.85

**Límite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	13.92	14.42	14.44
R + Suelo Seco	12.98	13.38	13.41
Peso Recip.	7.10	6.99	7.11
Peso Agua	0.94	1.04	1.03
Peso S. Seco	5.88	6.39	6.30
% de Humedad	15.99	16.28	16.35



Clasificación SUCS : L.L : **22.09** Máx.Dens.Seca : **2.14** CBR AL 95% MDS : **7.1%**  
 Clasificación AASHTO : I.P : **5.88** Humedad Optima : **6.37** CBR AL 100% MDS : **8.5%**



Ing. Cesar Tito Becerra  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA  
CIP. 127725

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 18571  
RESP. LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR ESTANDAR MTC E 115**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.

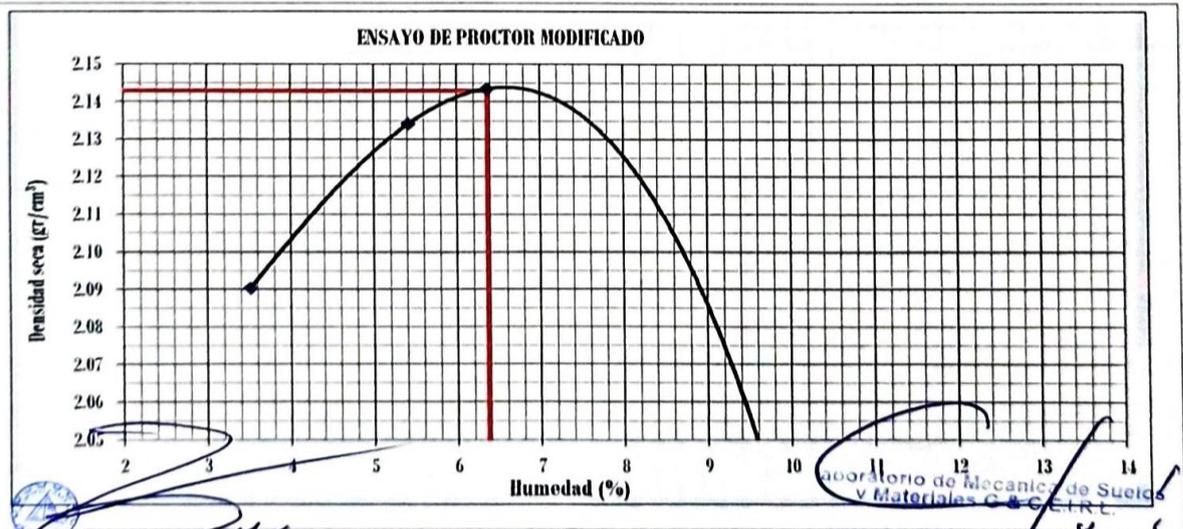
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco

**MATERIAL** : Dosificacion 1.0 % con Fibras PET

**FECHA** : Marzo del 2022

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6637	6759	6802	6748
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	3070	3192	3235	3181
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.164</b>	<b>2.250</b>	<b>2.280</b>	<b>2.242</b>

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	14.00	14.02	14.13	13.65	14.04	14.03	13.71	15.22
Tara + suelo húmedo (gr.)	112.28	90.64	104.49	104.87	96.13	94.44	96.41	98.50
Tara + suelo seco (gr.)	109.33	87.74	99.78	100.25	91.09	89.75	89.28	91.00
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	98.28	76.62	90.36	91.22	82.09	80.41	82.70	83.28
Peso del Suelo Seco (gr.)	95.33	73.72	85.65	86.60	77.05	75.72	75.57	75.78
Peso de agua (gr.)	2.95	2.90	4.71	4.62	5.04	4.69	7.13	7.50
Humedad (%)	3.09	3.93	5.50	5.33	6.54	6.19	9.43	9.90
Promedio	<b>3.51</b>		<b>5.42</b>		<b>6.37</b>		<b>9.67</b>	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.090</b>		<b>2.134</b>		<b>2.143</b>		<b>2.044</b>	
x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.14</b>		Contenido Humedad Optima (%)			<b>6.37</b>		



Ing. Cesar Tito Becerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 12/725

Ing. Alfredo Garbar Apaza  
CIP. 12811  
RESF LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificación 1.0 % con Fibras PET  
**FECHA** : Marzo del 2022

DATOS GENERALES												
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	2.143			Peso del martillo	10 lbs			Clas. Suelos:				
Humedad Optima	6.4%			Altura del martillo	18 pulg			AASHTO: (9)				
Humedad Natural				Número de Capas	5 capas			SUCS : CL-ML				
DATOS DEL MOLDE (cm.)												
	1			2			3					
Nro. De Golpes	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES					
Altura	12.90			12.90			12.90					
Diámetro	15.24			15.23			15.23					
Volumen	2353.2			2350.1			2350.1					
DATOS DE COMPACTACION												
	MOLDE N° 20			MOLDE N° 21			MOLDE N° 22					
	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES					
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,533			9,538			9,260					
Peso del Molde (gr)	4088			4211			4056					
Peso de la Muestra Compacta (gr)	5,445			5,327			5,204					
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.31			2.27			2.21					
Densidad Seca (gr/cm3)	2.17			2.13			2.09					
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD												
	1	2	3	4	5	6						
Peso del Tarro (gr)	14.09	14.25	14.12	14.23	15.20	13.97						
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	87.02	85.96	82.83	74.99	81.58	77.25						
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	82.25	81.57	78.32	71.72	77.81	73.50						
Peso del Agua (gr)	4.77	4.39	4.51	3.27	3.77	3.75						
Peso del Suelo Seco (gr)	68.16	67.32	64.20	57.49	62.61	59.53						
Contenido de Humedad	7.00%	6.52%	7.02%	5.69%	6.02%	6.30%						
Contenido de Humedad Promedio	6.76%		6.36%		6.16%							
DATOS DE ABSORCION												
	1			2			3					
Peso M+M.C. despues de Inmersión (gr)	9,804			9,911			9,745					
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,533			9,538			9,260					
Porcentaje de Absorción	4.98%			7.00%			9.32%					
ENSAYO DE EXPANSION												
	1			2			3					
CTE. DIAL EXPANSION	0.001											
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	
4/03/2022	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	
5/03/2022	13.00	24 horas	8	0.012	0.26%	25	0.018	0.39%	27	0.026	0.56%	
6/03/2022	13.00	48 horas	8	0.015	0.33%	25	0.024	0.52%	29	0.026	0.56%	
7/03/2022	13.00	72 horas	8	0.016	0.35%	25	0.035	0.76%	33	0.034	0.74%	
8/03/2022	13.00	96 horas	9	0.016	0.35%	27	0.036	0.78%	34	0.045	0.98%	
ENSAYO DE PENETRACION												
CTE. ANILLO= 9.8423°DIAL + 3.1048				1			2			3		
AREA PISTON	3.0 Pulg. Cuadradas		56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES			
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI		Lb	PSI		Lb	PSI	
0.5 min	0.64	0.025	8	82	27	7	72	24	7	72	24	
1.0 min	1.27	0.050	16	161	54	13	131	44	12	121	40	
1.5 min	1.91	0.075	24	239	80	20	200	67	18	180	60	
2.0 min	2.54	0.100	31	308	103	26	259	86	24	239	80	
4.0 min	5.08	0.200	62	613	204	52	515	172	48	476	159	
6.0 min	7.62	0.300	93	918	306	78	771	267	72	712	237	
8.0 min	10.16	0.400	124	1224	408	104	1027	342	96	948	316	
10.0 min	12.70	0.500	155	1529	510	130	1283	428	120	1184	395	



Ing. Cesar Tito Bocerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 128671  
RFSP LABORATORIO

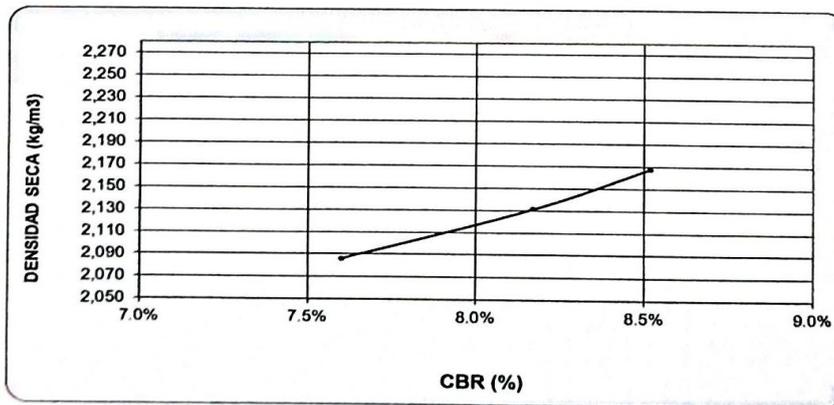
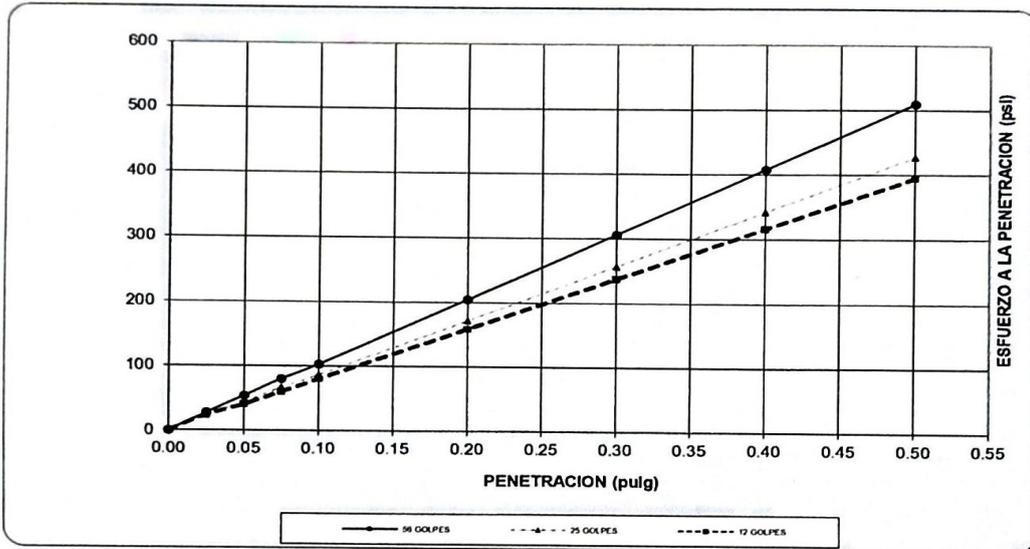


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
 UBICACIÓN : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
 MATERIAL : Dosificación 1.0 % con Fibras PET  
 FECHA : Marzo del 2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m <sup>3</sup> )	2.14	CBR AL 95% DE MDS =	7.1%
HUMEDAD OPTIMA (%)	6.37	CBR AL 100% DE MDS =	8.5%
Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.76
56 GOLPES	0.35%	4.98%	OBSERVACION
25 GOLPES	0.78%	7.00%	
12 GOLPES	0.98%	9.32%	

Ing. Cesar PRO BOCOTTA  
 ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
 CIP. 127725

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP. 28571  
 R.F.S.P. LABORATORIO



**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON  
ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion 1.5% fibras PET

**DOSIFICACION**  
: Dosificacion 1.5%  
fibras PET

RESUMEN DE RESULTADOS		
Limites de consistencia	Limite Liquido	20.81%
	Limite Plastico	16.22%
	Indice de Plasticidad	4.59%
Parametros Suelo	MDS	2.11 g/cm3
	Humedad Optima	6.43 %
CBR	AI 95%	6.97%
	AI 100 %	7.38%

Observaciones | Muestras tipo Mab NTP 339.151



Ing. Cesar Tito Becerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Materiales G & C E.I.R.L.

Ing. Aliredo Gaspar Apaza  
CIP 125571  
RESP LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L.**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion 1.5% fibras PET

**Granulometría (NTP 339,127)**

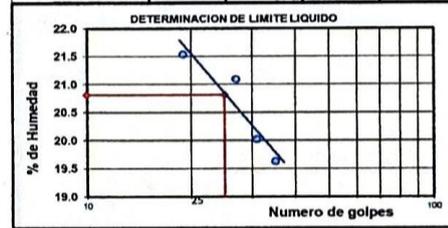
Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz mm.					
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No4	4.760				
10	2.000				
40	0.420				
100	0.149				
200	0.074				
< 200					
Total					

**Límite Líquido NTP 339.128**

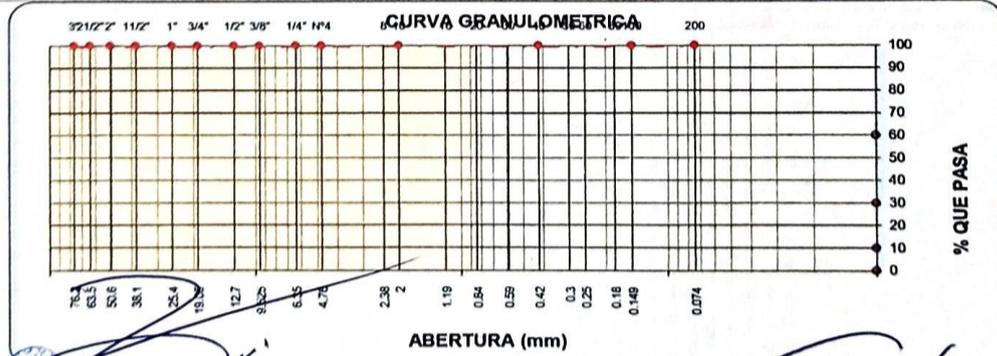
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	35	31	27	19
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	29.52	28.80	29.87	29.83
R + Suelo Seco	27.02	26.37	27.11	27.02
Peso Recip.	14.28	14.23	14.02	13.97
Peso Agua	2.50	2.43	2.76	2.81
Peso S. Seco	12.74	12.14	13.09	13.05
% de Humedad	19.62	20.02	21.08	21.53

**Límite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3	
Recipiente Nº	a	b	c	
R + Suelo Hum.	13.21	13.27	13.14	
R + Suelo Seco	12.38	12.42	12.23	
Peso Recip.	6.99	7.05	7.01	
Peso Agua	0.83	0.85	0.91	
Peso S. Seco	5.39	5.37	5.22	
% de Humedad	15.40	15.83	17.43	16.22



Clasificación SUCS : L.L : **20.81** Máx. Dens. Seca : **2.11** CBR AL 95% MDS : **7.0%**  
 Clasificación AASHTO: I.P : **4.59** Humedad Optima: **6.43** CBR AL 100% MDS : **7.4%**



Ing. Oscar Tito Bocerra  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA  
 CIP. 127729

Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 y Materiales G & C E.I.R.L.  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP 12851  
 RFSF LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR ESTANDAR MTC E 115**

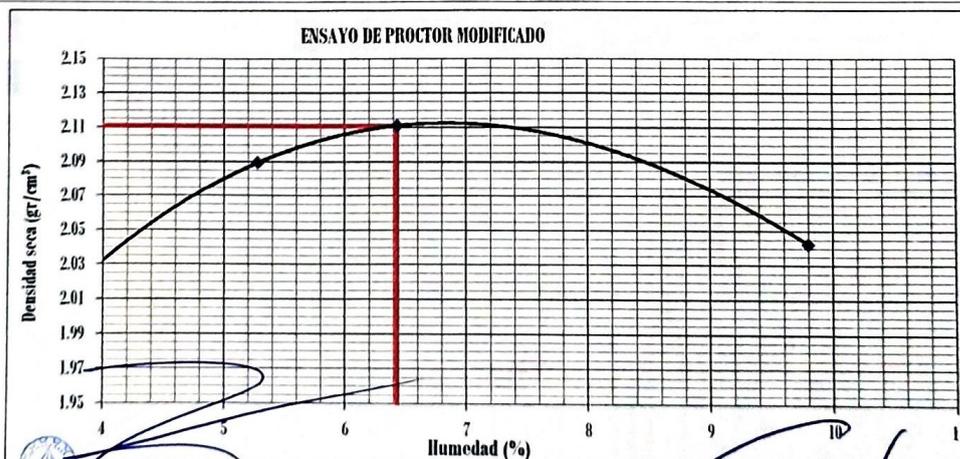
**DATOS DE LA MUESTRA**

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificacion 1.5% fibras PET  
**FECHA** : Marzo del 2022

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6534	6688	6755	6749
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	2967	3121	3188	3182
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.091	2.200	2.247	2.243

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	20.68	20.42	20.62	21.04	20.51	20.45	20.11	21.05
Tara + suelo húmedo (gr.)	120.03	109.17	124.03	122.17	108.49	129.16	129.48	128.27
Tara + suelo seco (gr.)	116.38	106.03	118.82	117.12	103.49	122.20	119.36	119.05
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	99.35	88.75	103.41	101.13	87.98	108.71	109.37	107.22
Peso del Suelo Seco (gr.)	95.70	85.61	98.20	96.08	82.98	101.75	99.25	98.00
Peso de agua (gr.)	3.65	3.14	5.21	5.05	5.00	6.96	10.12	9.22
Humedad (%)	3.81	3.67	5.31	5.26	6.03	6.84	10.20	9.41
Promedio	3.74		5.28		6.43		9.80	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.016		2.089		2.111		2.042	

x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.11	Contenido Humedad Optima (%)	6.43
--	------	------------------------------	------



*Ing. Cesar Tito Bocorra*  
 ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
 CIP 12772

*Ing. Alfredo Gaspar Apaza*  
 CIP 12571  
 RFS LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificación 1.5% fibras PET  
**FECHA** : Marzo del 2022

DATOS GENERALES

Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	2.111	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:
Humedad Optima	6.4%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO: A-2-4(0)
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS : CL-ML

DATOS DEL MOLDE (cm.)

	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.90	12.90	12.90
Diámetro	15.25	15.25	15.25
Volumen	2356.2	2356.2	2356.2

	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22
<b>DATOS DE COMPACTACION</b>	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,521	9,245	9,115
Peso del Molde (gr)	4,209	4,112	4,085
Peso de la Muestra Compacta (gr)	5,312	5,133	5,030
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.25	2.18	2.13
Densidad Seca (gr/cm3)	2.12	2.05	2.01

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	20.31	20.73	20.59	21.14	20.60	20.71
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	131.64	128.86	134.21	127.57	132.36	138.43
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	124.69	122.63	126.65	121.66	125.26	131.66
Peso del Agua (gr)	6.95	6.23	7.56	5.91	7.10	6.77
Peso del Suelo Seco (gr)	104.38	101.90	106.06	100.52	104.66	110.95
Contenido de Humedad	6.66%	6.11%	7.13%	5.88%	6.78%	6.10%
Contenido de Humedad Promedio	6.39%		6.50%		6.44%	

DATOS DE ABSORCION

	1	2	3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,798	9,598	9,577
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,521	9,245	9,115
Porcentaje de Absorción	5.21%	6.88%	9.18%

ENSAYO DE EXPANSION

CTE DIAL EXPANSION			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
4/03/2022	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
5/03/2022	13.00	24 horas	7	0.017	0.33%	20	0.020	0.39%	24	0.029	0.57%
6/03/2022	13.00	48 horas	7	0.018	0.35%	21	0.025	0.49%	24	0.030	0.59%
7/03/2022	13.00	72 horas	7	0.019	0.37%	21	0.028	0.55%	24	0.033	0.65%
8/03/2022	13.00	96 horas	7	0.021	0.41%	22	0.030	0.59%	28	0.036	0.71%

ENSAYO DE PENETRACION

CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048			1			2			3		
AREA PISTON	TIEMPO	PENETRACION	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
3.0 Pulg. Cuadradas	(mm)	(pulg)	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
	0.5 min	0.64	8	82	27	5	52	17	5	52	17
	1.0 min	1.27	14	141	47	11	111	37	9	92	31
	1.5 min	1.91	22	220	73	16	161	54	13	131	44
	2.0 min	2.54	27	269	90	22	220	73	21	210	70
	4.0 min	5.08	54	535	178	44	436	145	42	416	139
	6.0 min	7.62	81	800	267	66	653	218	63	623	208
	8.0 min	10.16	108	1066	355	88	869	290	84	840	277
	10.0 min	12.70	135	1332	444	110	1086	362	105	1037	346

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127125

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 128571  
RESP. LABORATORIO

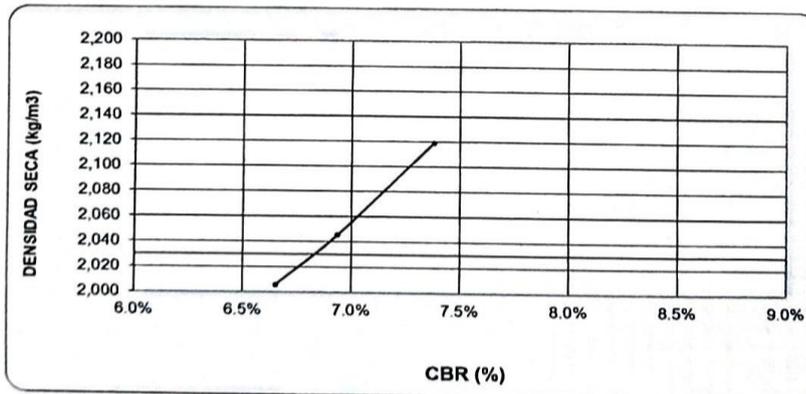
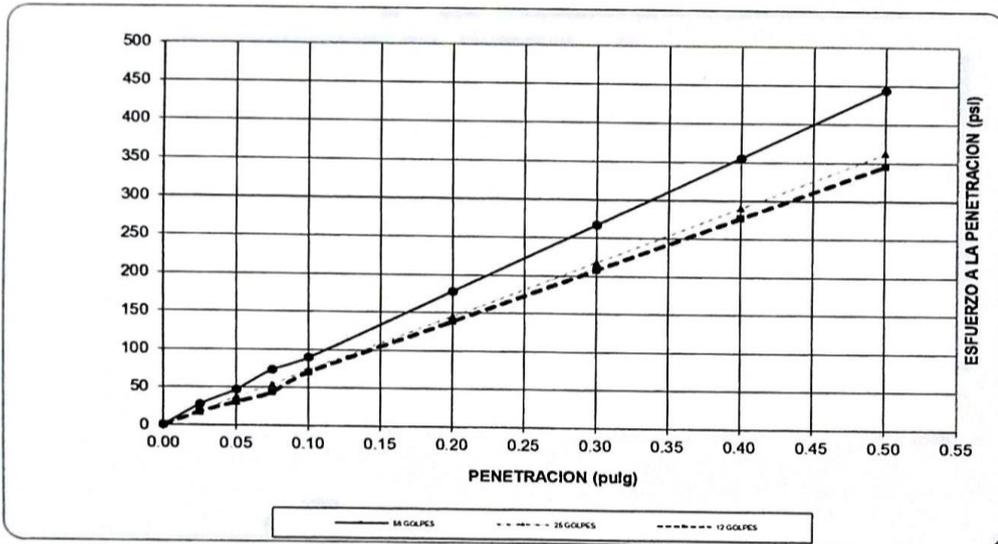


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
 UBICACIÓN : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
 MATERIAL : Dosificación 1.5% fibras PET  
 FECHA : Marzo del 2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m <sup>3</sup> )	2.11	CBR AL 95% DE MDS =	6.97%
HUMEDAD OPTIMA (%)	6.43	CBR AL 100% DE MDS =	7.38%
Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:
56 GOLPES	0.41%	5.21%	CBR (0.1") / CBR (0.2") =
25 GOLPES	0.59%	6.88%	0.76
12 GOLPES	0.71%	9.18%	OBSERVACION

Ing. Cesar Tito Bocorra  
 ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
 CIP. 127725

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP 128571  
 R.F.S.P. LABORATORIO



**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON  
ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion al 5% de Polvo de Caucho

**Muestra**  
  
**: Dosificacion al 5% de  
Polvo de Caucho**

RESUMEN DE RESULTADOS		
Limites de consistencia	Limite Liquido	20.82%
	Limite Plastico	15.96%
	Indice de Plasticidad	4.85%
Parametros Suelo	MDS	2.15 g/cm3
	Humedad Optima	6.39 %
CBR	AI 95%	4.75%
	AI 100 %	6.75%

**Observaciones** : Muestras tipo Mab NTP 339.151

  
Ing. Cesar Tito Becerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

  
Laboratorio de Mecanica de Suelos  
y Materiales G & C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 128571  
RFSP LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y  
MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**GRANULOMETRÍA / LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion al 5% de Polvo de Caucho

**Granulometría (NTP 339,127)**

**Datos de ensayo**

Peso Total :  
 Peso de muestra lavada:  
 Perdida por lavada:

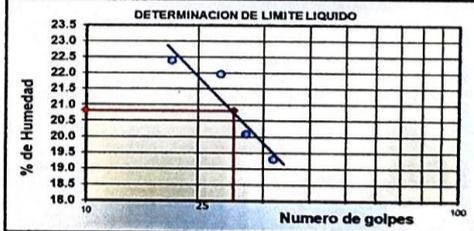
Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz	mm.			100.00	
3"	76.200				
2 1/2"	63.500	0.0			
2"	50.600	0.0			
1 1/2"	38.100	0.0			
1"	25.400	0.0			
3/4"	19.050	0.0			
1/2"	12.700	0.0			
3/8"	9.525	0.0			
1/4"	6.350	0.0			
No4	4.760	0.0			
10	2.000	0.0			
40	0.420	0.0			
100	0.149	0.0			
200	0.074	0.0			
< 200		0.0			
<b>Total</b>		<b>0.0</b>			

**Límite Líquido NTP 339.128**

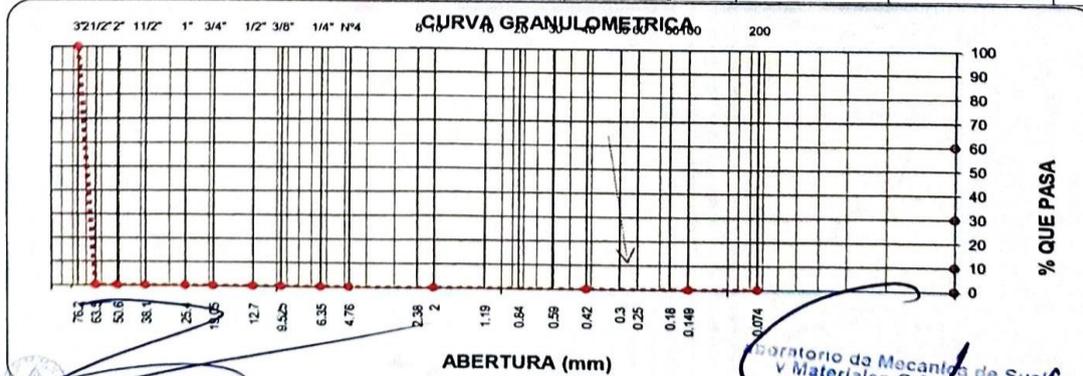
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	32	27	23	17
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	31.65	27.14	29.43	36.89
R + Suelo Seco	29.22	24.94	26.66	33.99
Peso Recip.	16.63	13.98	14.04	21.03
Peso Agua	2.43	2.20	2.77	2.90
Peso S. Seco	12.59	10.96	12.62	12.96
% de Humedad	19.30	20.07	21.95	22.38

**Límite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	14.29	14.29	14.37
R + Suelo Seco	13.31	13.31	13.33
Peso Recip.	6.99	7.01	7.15
Peso Agua	0.98	0.98	1.04
Peso S. Seco	6.32	6.30	6.18
% de Humedad	15.51	15.56	16.83
			<b>15.96</b>



Clasificación SUCS : L.L : **20.82** Máx. Dens. Seca : **2.15** CBR AL 95% MDS : **4.7%**  
 Clasificación AASHTO : I.P : **4.85** Humedad Óptima : **6.39** CBR AL 100% MDS : **6.7%**



Ing. Cooper Tito Becerra  
 ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
 CIP. 127725

Ing. Alfredo G. Espinoza Apaza  
 CIP. 128374  
 RESPONSABLE LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.

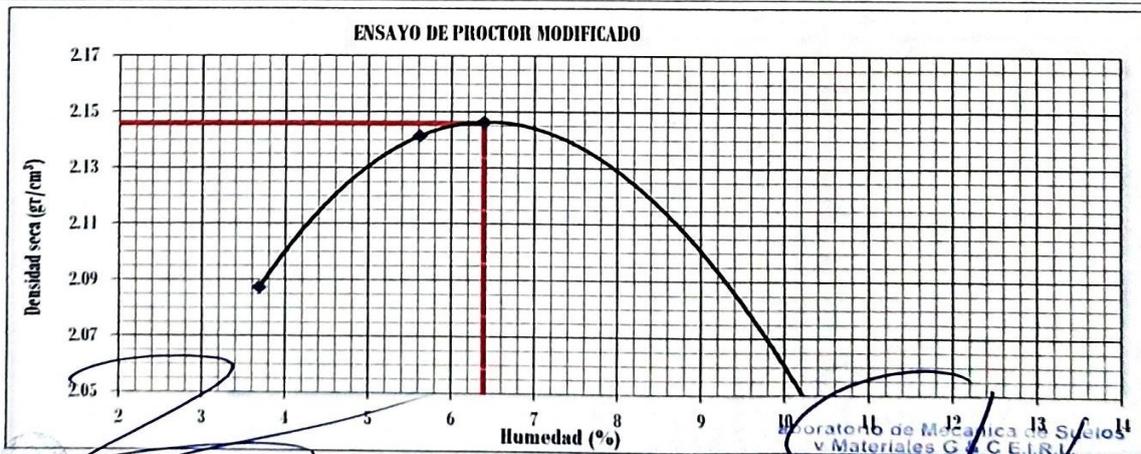
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco

**MATERIAL** : Dosificacion al 5% de Polvo de Caucho

**FECHA** : Marzo del 2022

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6638	6776	6807	6763
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	3071	3209	3240	3196
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.164	2.262	2.283	2.252

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	20.72	20.38	20.18	20.49	20.06	20.52	20.56	20.73
Tara + suelo húmedo (gr.)	123.57	126.10	115.46	140.66	120.38	117.11	109.92	133.98
Tara + suelo seco (gr.)	119.43	122.83	110.33	134.34	114.33	111.33	101.70	123.02
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	102.85	105.72	95.28	120.17	100.32	96.59	89.36	113.25
Peso del Suelo Seco (gr.)	98.71	102.45	90.15	113.85	94.27	90.81	81.14	102.29
Peso de agua (gr.)	4.14	3.27	5.13	6.32	6.05	5.78	8.22	10.96
Humedad (%)	4.19	3.19	5.69	5.55	6.42	6.36	10.13	10.71
Promedio	3.69		5.62		6.39		10.42	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.087		2.141		2.146		2.040	
x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.15				Contenido Humedad Optima (%)		6.39	



Ing. Cesar Torres  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP: 127/25

Ing. Alfredo Caspar Apaza  
CIP: 127/25  
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO REICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificación al 5% de Polvo de Caucho  
**FECHA** : Marzo del 2022

DATOS GENERALES			
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	2.146	Peso del martillo	10 lbs
Humedad Optima	6.4%	Altura del martillo	18 pulg
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas
		Clas. Suelos:	AASHTO: #JDIV/0!
		SUCS	: #JDIV/0!

DATOS DEL MOLDE (cm.)			
	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.90	12.90	12.90
Diámetro	15.24	15.23	15.23
Volumen	2353.2	2350.1	2350.1

DATOS DE COMPACTACION			
	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,510	9,417	9,292
Peso del Molde (gr)	4,031	4,055	4,056
Peso de la Muestra Compacta (gr)	5,479	5,362	5,236
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.33	2.28	2.23
Densidad Seca (gr/cm3)	2.15	2.11	2.06

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD						
	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	14.27	13.89	14.00	15.16	14.01	14.23
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	72.60	79.47	78.02	80.44	76.46	76.88
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	68.00	74.66	73.08	75.47	71.70	72.09
Peso del Agua (gr)	4.60	4.81	4.94	4.97	4.76	4.79
Peso del Suelo Seco (gr)	53.73	60.77	59.08	60.31	57.69	57.86
Contenido de Humedad	8.56%	7.92%	8.36%	8.24%	8.25%	8.28%
Contenido de Humedad Promedio	8.24%		8.30%		8.26%	

DATOS DE ABSORCION			
	1	2	3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,757	9,842	9,821
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,510	9,417	9,292
Porcentaje de Absorción	4.51%	7.93%	10.10%

ENSAYO DE EXPANSION											
CTE. DIAL EXPANSION			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
4/03/2022	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
5/03/2022	13.00	24 horas	8	0.011	0.24%	15	0.015	0.33%	21	0.020	0.43%
6/03/2022	13.00	48 horas	9	0.019	0.41%	15	0.028	0.61%	23	0.045	0.98%
7/03/2022	13.00	72 horas	9	0.020	0.43%	16	0.033	0.72%	23	0.056	1.21%
8/03/2022	13.00	96 horas	9	0.022	0.48%	16	0.033	0.72%	26	0.066	1.43%

ENSAYO DE PENETRACION											
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048			1			2			3		
AREA PISTON		3.0 Pulg. Cuadradas	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI	mm	Lb	PSI	mm	Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	8	82	27	5	52	17	4	42	14
1.0 min	1.27	0.050	14	141	47	10	102	34	9	92	31
1.5 min	1.91	0.075	22	220	73	14	141	47	13	131	44
2.0 min	2.54	0.100	28	279	93	19	190	63	17	170	57
3.0 min	5.08	0.200	56	554	185	38	377	126	34	338	118
6.0 min	7.62	0.300	84	830	277	57	564	188	51	505	168
8.0 min	10.16	0.400	112	1105	368	76	751	250	68	673	224
10.0 min	12.70	0.500	140	1381	460	95	938	313	85	840	280

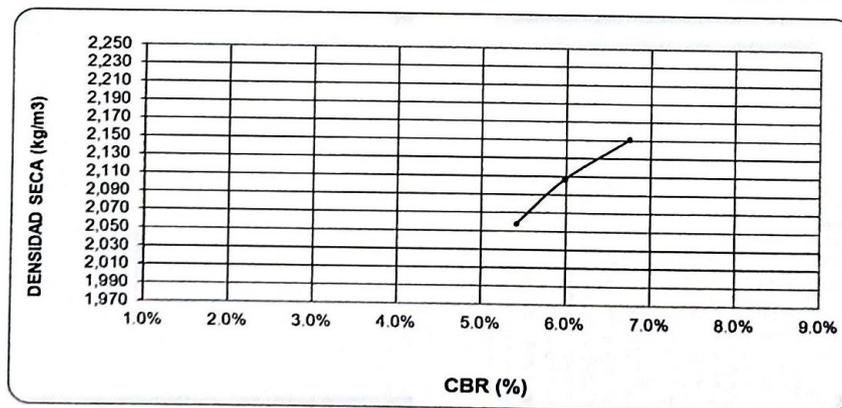
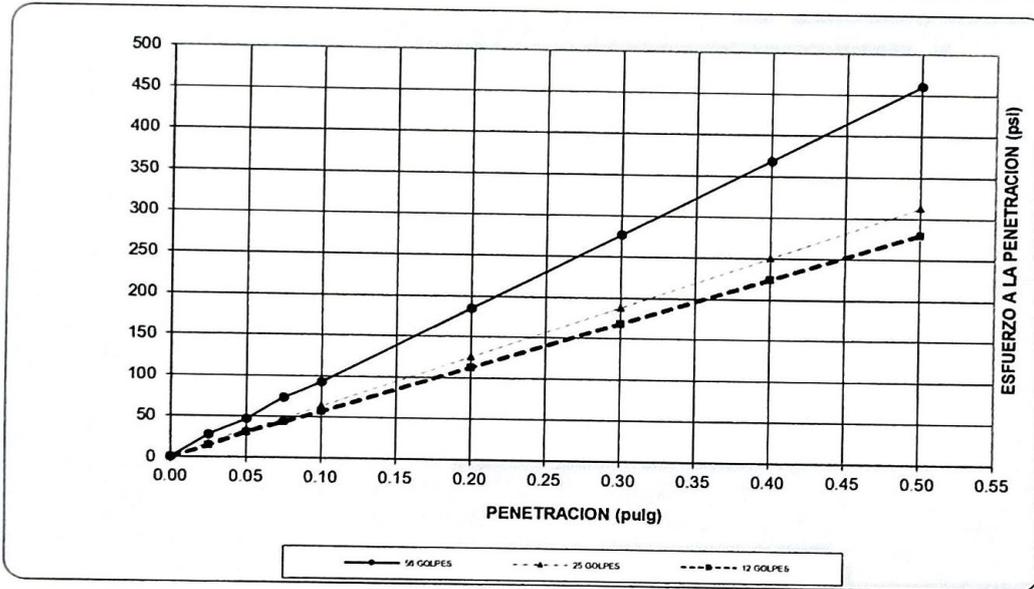


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
 UBICACIÓN : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
 MATERIAL : Dosificación al 5% de Polvo de Caucho  
 FECHA : Marzo del 2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	2.15	CBR AL 95% DE MDS =	4.75%
HUMEDAD OPTIMA (%)	6.39	CBR AL 100% DE MDS =	6.7%
Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.76
56 GOLPES	0.48%	4.51%	
25 GOLPES	0.72%	7.93%	
12 GOLPES	1.43%	10.10%	OBSERVACION

Ing. Cesar Tito Decorra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 12857  
RESP LABORATORIO



**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON  
ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion 10% Polvo de Caucho

## DOSIFICACION

: Dosificacion 10%  
Polvo de Caucho

### RESUMEN DE RESULTADOS

Límites de consistencia	Límite Líquido	20.68%
	Límite Plástico	16.57%
	Índice de Plasticidad	4.11%
Parámetros Suelo	MDS	2.17 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad Óptima	6.03 %
CBR	AI 95%	6.59%
	AI 100 %	8.58%

Observaciones | Muestras tipo Mab NTP 339.151

  
Ing. Cesar Tito Becorra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127723

  
Laboratorio de Mecánica de Suelos  
y Materiales G & C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 18571  
RFSP LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y  
MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion 10% Polvo de Caucho

**Granulometría (NTP 339,127)**

**Datos de ensayo**

Peso Total :  
 Peso de muestra lavada:  
 Perdida por lavada:

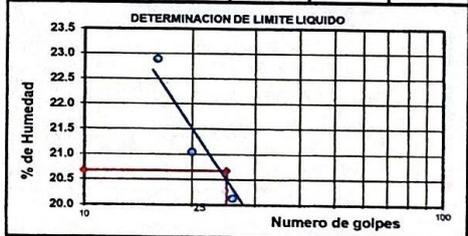
Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz mm.					
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No4	4.760				
10	2.000				
40	0.420				
100	0.149				
200	0.074				
< 200					
Total					

**Límite Líquido NTP 339.128**

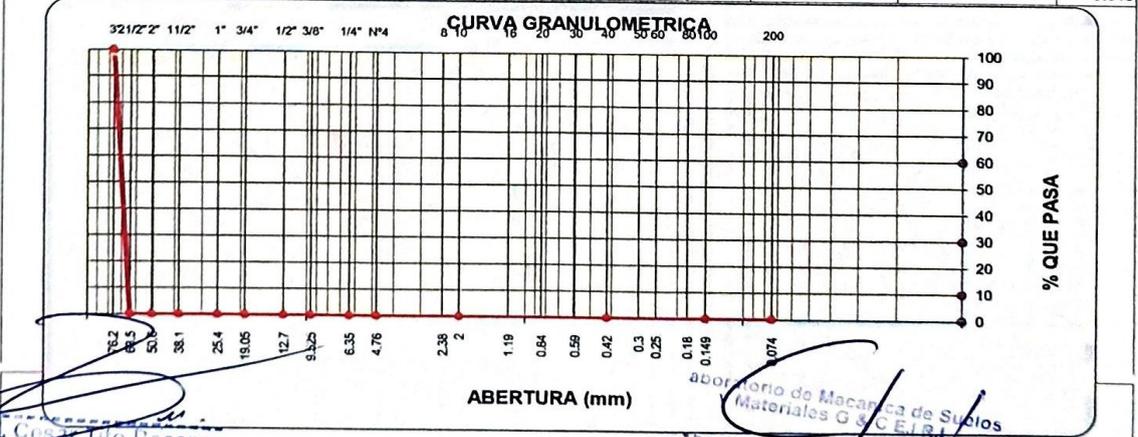
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	31	26	20	16
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	35.36	30.54	27.21	36.13
R + Suelo Seco	32.97	28.21	24.91	33.23
Peso Recip.	20.90	16.63	13.98	20.56
Peso Agua	2.39	2.33	2.30	2.90
Peso S. Seco	12.07	11.58	10.93	12.67
% de Humedad	19.80	20.12	21.04	22.89

**Límite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	14.81	15.10	14.46
R + Suelo Seco	13.76	13.93	13.43
Peso Recip.	7.50	6.98	7.03
Peso Agua	1.05	1.17	1.03
Peso S. Seco	6.26	6.95	6.40
% de Humedad	16.77	16.83	16.09
			16.57



Clasificación SUCS : L.L. : **20.68** Máx. Dens. Seca : **2.17** CBR AL 95% MDS : **6.6%**  
 Clasificación AASHTO : I.P. : **4.11** Humedad Óptima : **6.03** CBR AL 100% MDS : **8.6%**



Ing. Caspar Tito Becerra  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA  
 CIP. 127725

laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Materiales G & C E.I.R.L.

Ing. Alfredo Caspar Apaza  
 CIP. 126571  
 RESP. LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G&C E.I.R.L.**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR ESTANDAR MITC E 115**

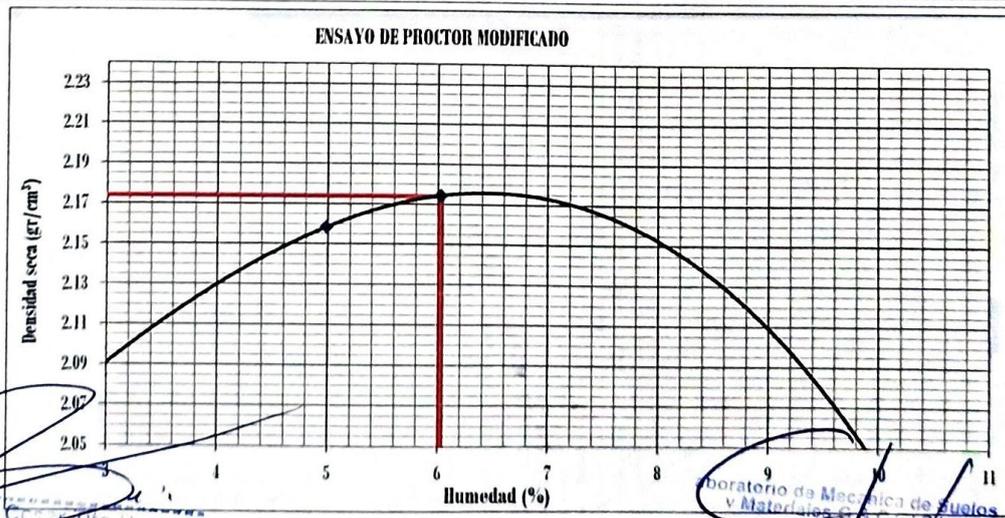
**DATOS DE LA MUESTRA**

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificacion 10% Polvo de Caucho  
**FECHA** : Marzo del 2022

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6566	6782	6838	6738
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	2999	3215	3271	3171
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.114	2.266	2.305	2.235

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	19.78	19.81	19.94	20.03	19.88	20.02	19.93	19.87
Tara + suelo húmedo (gr.)	104.80	98.91	114.67	116.84	118.42	113.76	129.10	146.11
Tara + suelo seco (gr.)	103.27	96.62	110.58	111.83	112.82	108.43	119.21	134.32
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	85.02	79.10	94.73	96.81	98.54	93.74	109.17	126.24
Peso del Suelo Seco (gr.)	83.49	76.81	90.64	91.80	92.94	88.41	99.28	114.45
Peso de agua (gr.)	1.53	2.29	4.09	5.01	5.60	5.33	9.89	11.79
Humedad (%)	1.83	2.98	4.51	5.46	6.03	6.03	9.96	10.30
Promedio	2.41		4.98		6.03		10.13	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.064		2.158		2.174		2.029	

x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.17	Contenido Humedad Optima (%)	6.03
--	------	------------------------------	------



Ing. Cesar Tito Becerra  
**ESPECIALISTA EN GEOTENIA**  
 CIP. 127725

laboratorio de Mecánica de Suelos  
 y Materiales G&C E.I.R.L.  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP. 18571  
 RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificación 10% Polvo de Caucho  
**FECHA** : Marzo del 2022

DATOS GENERALES												
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	2.174	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:								
Humedad Optima	6.0%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO: #jDIV/0!								
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS : #jDIV/0!								
DATOS DEL MOLDE (cm.)		1	2	3								
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES									
Altura	12.90	12.90	12.90									
Diámetro	15.24	15.23	15.23									
Volumen	2353.2	2350.1	2350.1									
DATOS DE COMPACTACION		MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22								
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES									
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,504	9,622	9,426									
Peso del Molde (gr)	4,064	4,227	4,162									
Peso de la Muestra Compacta (gr)	5,440	5,395	5,264									
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.31	2.30	2.24									
Densidad Seca (gr/cm3)	2.17	2.15	2.08									
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2	3	4	5	6					
Peso del Tarro (gr)	20.30	20.48	20.11	20.88	20.56	20.30						
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	126.70	131.14	162.00	142.36	132.83	135.87						
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	119.72	124.72	153.60	134.05	125.35	127.51						
Peso del Agua (gr)	6.98	6.42	8.40	8.31	7.48	8.36						
Peso del Suelo Seco (gr)	99.42	104.24	133.49	113.17	104.79	107.21						
Contenido de Humedad	7.02%	6.16%	6.29%	7.34%	7.14%	7.80%						
Contenido de Humedad Promedio	6.59%		6.82%		7.47%							
DATOS DE ABSORCION		1	2	3								
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,762	10,081	10,121									
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,504	9,622	9,426									
Porcentaje de Absorción	4.74%	8.51%	13.20%									
ENSAYO DE EXPANSION		1			2			3				
CTE. DIAL EXPANSION		0.001										
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	
4/03/2022	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	
5/03/2022	13.00	24 horas	11	0.011	0.24%	14	0.015	0.33%	20	0.020	0.43%	
6/03/2022	13.00	48 horas	11	0.019	0.41%	14	0.028	0.61%	21	0.045	0.98%	
7/03/2022	13.00	72 horas	11	0.020	0.43%	17	0.033	0.72%	21	0.056	1.21%	
8/03/2022	13.00	96 horas	11	0.022	0.48%	18	0.033	0.72%	31	0.066	1.43%	
ENSAYO DE PENETRACION		1			2			3				
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048												
AREA PISTON		3.0 Pulg. Cuadradas		56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI	Lb	PSI	Lb	PSI	Lb	PSI	
0.5 min	0.64	0.025	9	92	31	7	72	24	5	52	17	
1.0 min	1.27	0.050	17	170	57	13	131	44	12	121	40	
1.5 min	1.91	0.075	25	249	83	20	200	67	16	161	54	
2.0 min	2.54	0.100	33	328	109	26	259	86	23	229	76	
4.0 min	5.08	0.200	66	653	218	52	515	172	46	456	152	
6.0 min	7.62	0.300	99	977	326	78	771	257	69	678	220	
8.0 min	10.16	0.400	132	1302	434	104	1027	342	92	909	303	
10.0 min	12.70	0.500	165	1627	542	130	1283	428	115	1135	378	

Ing. Oscar Tito 12707070  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

RFSP LABORATORIO

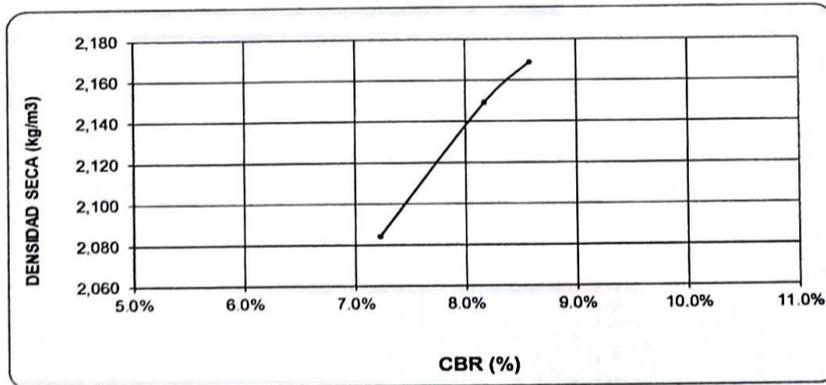
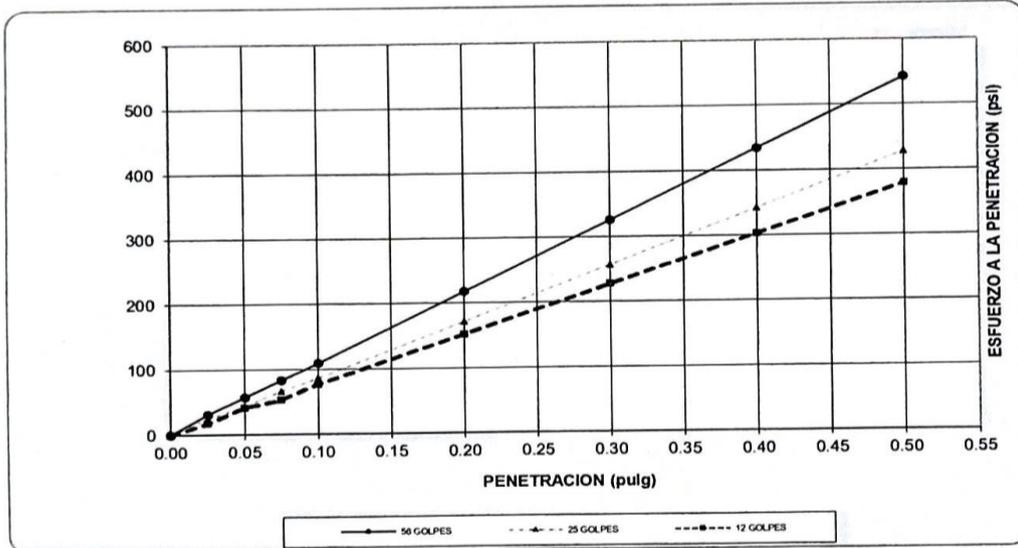


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificacion 10% Polvo de Caucho  
**FECHA** : Marzo del 2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	2.17	CBR AL 95% DE MDS = 6.6%
HUMEDAD OPTIMA (%)	6.03	CBR AL 100% DE MDS = 8.6%
Nro. DE GOLFES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.
56 GOLFES	0.48%	4.74%
25 GOLFES	0.72%	8.51%
12 GOLFES	1.23%	13.20%
VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75		OBSERVACION

Ing. Cesar Tito Bocorga  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 128371  
RESP LABORATORIO



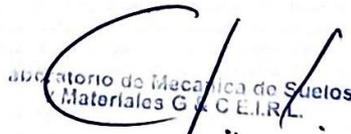
**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON  
ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion al 15% Polvo de Caucho

**DOSIFICACION**  
: Dosificacion al 15%  
Polvo de Caucho

RESUMEN DE RESULTADOS		
Limites de consistencia	Limite Liquido	19.84%
	Limite Plastico	16.81%
	Indice de Plasticidad	3.03%
Parametros Suelo	MDS	2.13 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad Optima	6.83 %
CBR	AI 95%	4.28%
	AI 100 %	6.21%

Observaciones Muestras tipo Mab NTP 339.151

  
Ing. Cesar Tito Bocerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP. 127725

  
Laboratorio de Mecánica de Suelos  
Materiales G & C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP. 125571  
RFSP LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y  
MATERIALES G&C E.I.R.L**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127 / NTP 339.128**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : BACH. CAVANI RODRIGUEZ MAYDA Y LIMACHI SALAS KAREN MILAGROS  
**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**FECHA** : Marzo del 2022  
**CALICATA** : Dosificacion al 15% Polvo de Caucho

**Granulometría (NTP 339,127)**

**Datos de ensayo**

Peso Total :  
 Peso de muestra lavada:  
 Perdida por lavada:

Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz mm.					
3"	76.200			100.00	
2 1/2"	63.500				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No4	4.760				
10	2.000				
40	0.420				
100	0.149				
200	0.074				
< 200					
Total					

**Límite Líquido NTP 339.128**

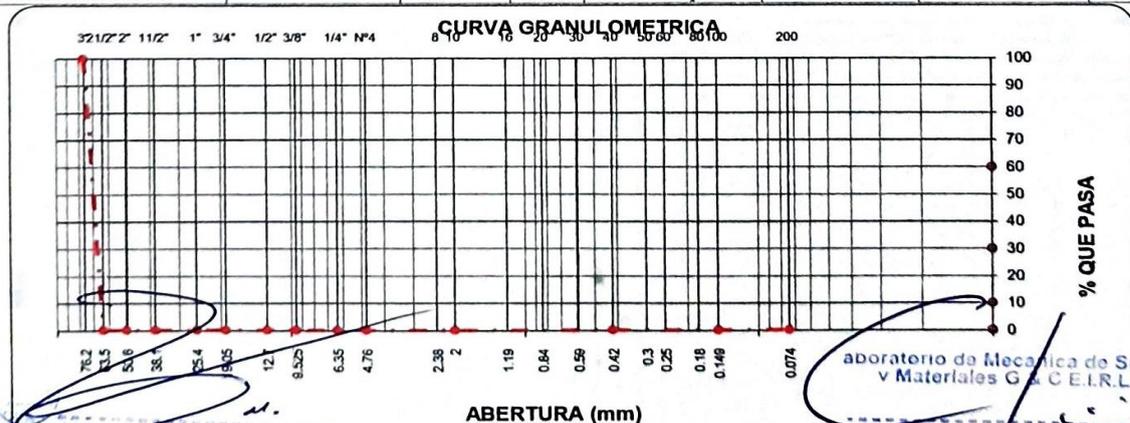
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	34	28	23	17
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	28.50	29.97	31.65	26.89
R + Suelo Seco	26.19	27.82	28.62	24.63
Peso Recip.	13.64	16.63	13.97	13.98
Peso Agua	2.31	2.15	3.03	2.26
Peso S. Seco	12.55	11.19	14.65	10.65
% de Humedad	18.41	19.21	20.68	21.22

**Límite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	14.29	13.48	13.16
R + Suelo Seco	13.23	12.56	12.28
Peso Recip.	7.02	7.06	6.99
Peso Agua	1.06	0.92	0.88
Peso S. Seco	6.21	5.50	5.29
% de Humedad	17.07	16.73	16.64
			<b>16.81</b>



Clasificación SUCS :  
 Clasificación AASHTO :  
 L.L. : **19.84** Máx. Dens. Seca : **2.13** CBR AL 95% MDS : **4.3%**  
 I.P. : **3.03** Humedad Optima : **6.83** CBR AL 100% MDS : **6.2%**



Ing. Cesar Tito Bocorra  
 ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
 CIP. 127725

laboratorio de Mecánica de Suelos  
 y Materiales G & C E.I.R.L.  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 RESP. LABORATORIO



# LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

### PROCTOR ESTANDAR MTC E 115

#### DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.

**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco

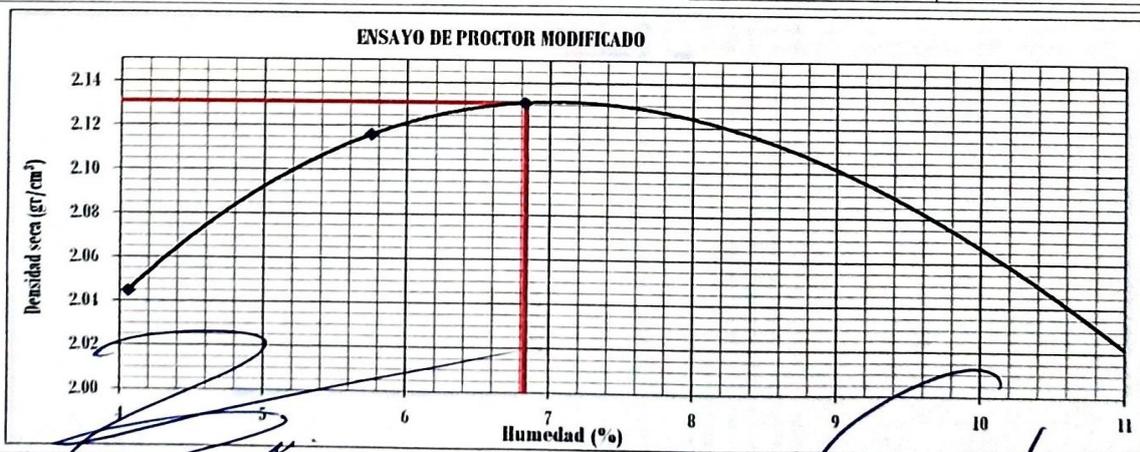
**MATERIAL** : Dosificacion al 15% Polvo de Caucho

**FECHA** : Marzo del 2022

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6586	6742	6797	6733
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	3019	3175	3230	3166
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.128	2.238	2.276	2.231

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	19.12	19.59	19.37	19.13	18.84	18.89	19.13	19.24
Tara + suelo húmedo (gr.)	113.08	123.53	115.38	122.75	121.52	102.35	145.84	119.60
Tara + suelo seco (gr.)	109.40	119.49	109.99	117.30	115.20	96.82	133.02	109.29
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	93.96	103.94	96.01	103.62	102.68	83.46	126.71	100.36
Peso del Suelo Seco (gr.)	90.28	99.90	90.62	98.17	96.36	77.93	113.89	90.05
Peso de agua (gr.)	3.68	4.04	5.39	5.45	6.32	5.53	12.82	10.31
Humedad (%)	4.08	4.04	5.95	5.55	6.56	7.10	11.26	11.45
Promedio	4.06		5.75		6.83		11.35	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.045		2.116		2.131		2.004	

x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.13	Contenido Humedad Optima (%)	6.83
--	------	------------------------------	------



Ing. Cesar Tito Decerra  
ESPECIALISTA EN GEOTENIA  
CIP: 127725

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 115571  
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificación al 15% Polvo de Caucho  
**FECHA** : Marzo del 2022

DATOS GENERALES			
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	2.131	Peso del martillo	10 lbs
Humedad Optima	6.8%	Altura del martillo	18 pulg
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas
		Clas. Suelos:	
		AASHTO : #1DIV/0!	
		SUCS : #1DIV/0!	

DATOS DEL MOLDE (cm.)			
	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.90	12.90	12.90
Diámetro	15.25	15.25	15.25
Volumen	2356.2	2356.2	2356.2

	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22
<b>DATOS DE COMPACTACION</b>	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,623	9,484	9,411
Peso del Molde (gr)	4,202	4,122	4,212
Peso de la Muestra Compacta (gr)	5,421	5,362	5,199
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.30	2.28	2.21
Densidad Seca (gr/cm3)	2.14	2.13	2.06

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD						
	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	20.50	20.16	20.71	20.37	20.50	20.06
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	133.95	125.38	122.50	133.26	123.85	122.10
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	126.42	118.11	115.99	125.77	116.94	114.97
Peso del Agua (gr)	7.53	7.27	6.51	7.49	6.91	7.13
Peso del Suelo Seco (gr)	105.92	97.95	95.28	105.40	96.44	94.91
Contenido de Humedad	7.11%	7.42%	6.83%	7.11%	7.17%	7.51%
Contenido de Humedad Promedio	7.27%		6.97%		7.34%	

DATOS DE ABSORCION			
	1	2	3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,933	9,967	10,528
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	9,623	9,484	9,411
Porcentaje de Absorción	5.72%	9.01%	21.48%

ENSAYO DE EXPANSION											
CTE. DIAL EXPANSION			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
4/03/2022	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
5/03/2022	13.00	24 horas	15	0.010	0.20%	20	0.020	0.39%	29	0.029	0.57%
6/03/2022	13.00	48 horas	15	0.014	0.28%	25	0.025	0.49%	30	0.030	0.59%
7/03/2022	13.00	72 horas	16	0.016	0.32%	28	0.028	0.55%	45	0.033	0.65%
8/03/2022	13.00	96 horas	19	0.019	0.37%	30	0.030	0.59%	45	0.036	0.71%

ENSAYO DE PENETRACION											
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048			1			2			3		
AREA PISTON		Pulg. Cuadradas	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI	Lb	PSI	Lb	PSI	Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	6	62	21	6	62	21	4	42	14
1.0 min	1.27	0.050	13	131	44	10	102	34	8	82	27
1.5 min	1.91	0.075	19	190	63	15	151	50	13	131	44
2.0 min	2.54	0.100	25	249	83	19	190	63	15	151	50
4.0 min	5.08	0.200	50	495	165	38	377	126	30	298	99
6.0 min	7.62	0.300	75	741	247	57	564	188	45	446	149
8.0 min	10.16	0.400	100	987	329	76	751	250	60	594	198
10.0 min	12.70	0.500	125	1233	411	95	938	313	75	741	247

OFICINA GENERAL DE INGENIERIA ESPECIALIZADA EN GEOTECNIA CIB-027775

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS G&C E.I.R.L. C/7-1-2077 Apaza

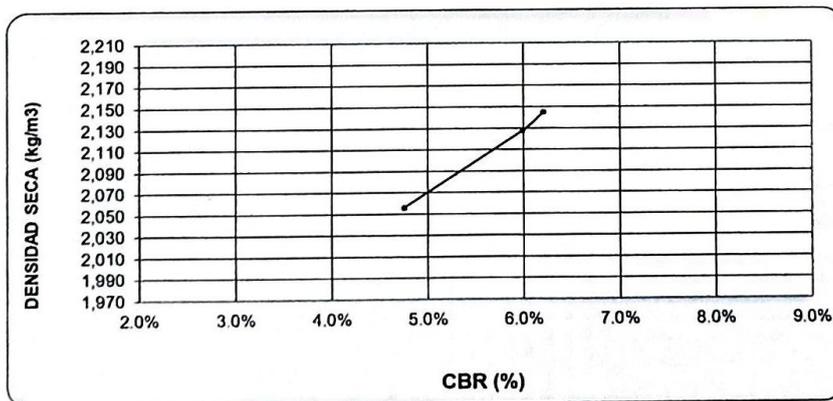
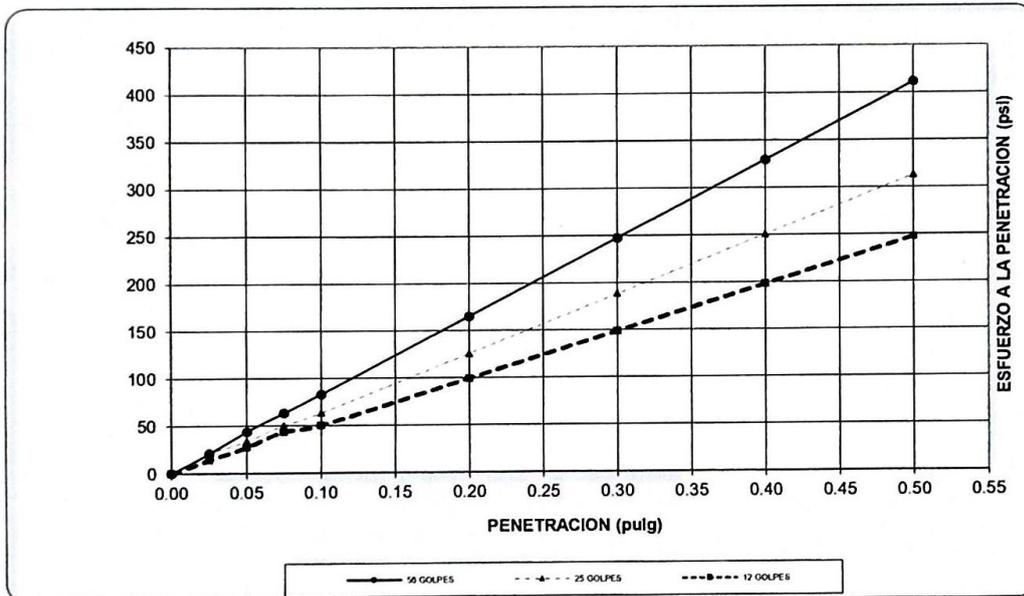


**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**GRAFICO DE CBR**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS A NIVEL DE SUBRASANTE CON ADICION DE FIBRAS PET Y POLVO DE CAUCHO RECICLADO, CUSCO, 2021.  
**UBICACIÓN** : APV. Huarancalle distrito de San Jeronimo - Cusco  
**MATERIAL** : Dosificacion al 15% Polvo de Caucho  
**FECHA** : Marzo del 2022



**RESULTADOS**

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m <sup>3</sup> )	<b>2.13</b>	CBR AL 95% DE MDS =	<b>4.3%</b>
HUMEDAD OPTIMA (%)	<b>6.83</b>	CBR AL 100% DE MDS =	<b>6.2%</b>
Nro. DE GOLFES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75  OBSERVACION
56 GOLFES	0.37%	5.72%	
25 GOLFES	0.59%	9.01%	
12 GOLFES	0.71%	21.48%	

**Ing. Cesar Tito Bocerra**  
 ESPECIALISTA EN GEOTERIA  
 CIP. 127725

**Ing. Alfredo Gaspar Apaza**  
 CIP. 125571  
 RFSF LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECANICA DE  
SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L**



---

# CERTIFICADOS DE CALIBRACION N



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

## LL-197-2020

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 2

<b>Expediente</b>	20125	
<b>Solicitante</b>	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&amp;C E.I.R.L</b>	
<b>Dirección</b>	APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN	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).
<b>Instrumento de medición</b>	<b>CAZUELA CASAGRANDE</b>	
<b>Marca (o Fabricante)</b>	PINZUAR LTDA	
<b>Modelo</b>	PS - 11	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.
<b>Número de Serie</b>	1297	
<b>Procedencia</b>	COLOMBIA	
<b>Código</b>	NO INDICA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.
<b>Ubicación del Equipo</b>	1 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES	
<b>Lugar de Calibración</b>	APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN	Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.
<b>Fecha de Calibración</b>	2020-10-29	

### Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa utilizando como referencia la norma ASTM D4318, MTC E-110.

### 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:** L-0891-2020; T-0292-2020.

### Condiciones Ambientales

Temperatura promedio: 19.2 °C ; Humedad relativa prom. 25.0 HR%

### Observaciones

- 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 %.
- Las dimensiones del aparato de límite líquido son las especificadas en la MTCE-110.

Sello

Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración



1

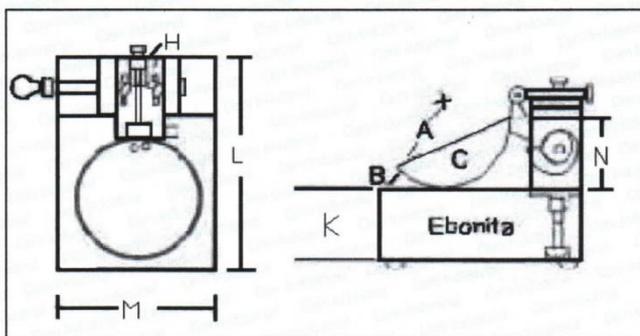
2020-10-31

**CEM INDUSTRIAL**

*Jesús Quinto C.*  
**JESÚS QUINTO C.**  
 JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial  
 Mz. A, Lote 18, Urb. El Pacifico II Etapa, S.M.P. - Lima  
 • Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777

• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com



Dimensiones MTC E -110 Aparato de Límite Líquido

Descripción	Conjunto de la cazuela			Base			
	Radio de la copa	Espesor de la copa	Profundidad de la copa	Copa desde la guía del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho
Dimensiones (mm)	54	2.0	27	47	50	150	125
Tolerancia (mm)	2	0.1	1	1.5	5	5	5

**Resultado de Medición**

Dimensiones medidas en el Aparato de Límite Líquido.

Descripción	Conjunto de la cazuela			Base			
	Radio de la copa	Espesor de la copa	Profundidad de la copa	Copa desde la guía del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho
Dimensiones (mm)	55.8	1.98	27.58	50.14	50.02	150.2	125.08
Incertidumbre (mm)	0.5	0.05	0.5	0.8	0.6	0.6	0.6


**Fin de documento.**

Laboratorio de Masa

Pág. 1 de 3

**Expediente** 20125

**Solicitante** **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L**

**Dirección** APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN

**Instrumento de Medición** **BALANZA NO AUTOMÁTICA**

**Marca (o Fabricante)** HENKEL

**Modelo** ELECTRONIC SCALE

**Número de Serie** KG028582

**Procedencia** CHINA

**Tipo** ELECTRÓNICO

**Identificación** NO INDICA

**Alcance de Indicación** 0 g a 2000 g

**División de escala (d) o resolución** 0,01 g

**Div. verifc. de escala ( e)** 0,2 g

**Capacidad Mínima** 0,1 g

**Clase de exactitud** III

**Ubic. Del Instrumento** LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

**Lugar de Calibración** APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN

**Fecha de Calibración** 1  
2020-10-29

**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. Edición cuarta.

**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:**

LM-C-041-2020; LM-C-064-2020; LM-C-040-2020; T-0292-2020.

Sello

Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración



2020-10-31

**CEM INDUSTRIAL**  
**JESÚS QUINTO C.**  
JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial  
Mz. A, Lote 1B, Urb. El Pacifico II Etapa, S.M.P. - Lima  
• Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777

• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LM-112-2020

Laboratorio de Masa

Pág. 2 de 3

### Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura	Inicial	19,2 °C	Final	19,2 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Medición Nº	Carga L1 = 1000,0 g			Carga L2 = 2000,0 g		
	l ( g )	ΔL ( g )	E ( g )	l ( g )	ΔL ( g )	E ( g )
1	1000,03	0,005	0,125	2000,07	0,007	0,163
2	1000,02	0,005	0,115	2000,07	0,007	0,163
3	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,006	0,154
4	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,007	0,153
5	1000,03	0,005	0,125	2000,07	0,007	0,163
6	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,006	0,154
7	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,007	0,153
8	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,007	0,153
9	1000,03	0,005	0,125	2000,07	0,006	0,164
10	1000,03	0,005	0,125	2000,07	0,007	0,163

Carga ( g )	Emax - Emin ( g )	e.m.p ( g )
1000	0,01	0,6
2000	0,01	0,6

2	5
1	
3	4

Posición  
de las  
Cargas

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura	Inicial	19,3 °C	Final	19,3 °C
-------------	---------	---------	-------	---------



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec					e.m.p ± g
	Carga min. ( g )	l ( g )	ΔL ( g )	E0 ( g )	Carga L ( g )	l ( g )	ΔL ( g )	E ( g )	Ec ( g )	
1	0,10	0,10	0,003	0,097	600	600,07	0,004	0,166	0,069	0,6
2		0,10	0,003	0,097		600,03	0,005	0,125	0,028	0,6
3		0,10	0,003	0,097		600,02	0,004	0,116	0,019	0,6
4		0,10	0,003	0,097		600,05	0,005	0,145	0,048	0,6
5		0,10	0,003	0,097		600,03	0,004	0,126	0,029	0,6

Centro Especializado en Metrología Industrial  
Mz. A, Lote 18, Urb. El Pacifico II Etapa, S.M.P. - Lima

• Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777

• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LM-112-2020**

Laboratorio de Masa

Pág. 3 de 3

**ENSAJO DE PESAJE**

Temperatura	Inicial	19,3 °C	Final	19,3 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ± g
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
Eo 0,1	0,10	0,003	0,097						
0,2	0,50	0,003	0,397	0,300	0,50	0,003	0,397	0,300	0,2
1	1,00	0,003	0,097	0,000	1,00	0,003	0,097	0,000	0,2
10	10,00	0,004	0,096	-0,001	9,99	0,004	0,086	-0,011	0,2
50	50,02	0,004	0,116	0,019	49,97	0,004	0,066	-0,031	0,2
100	100,03	0,004	0,126	0,029	99,98	0,005	0,075	-0,022	0,2
500	500,08	0,005	0,175	0,078	500,06	0,004	0,156	0,059	0,6
1000	1000,09	0,005	0,185	0,088	1000,08	0,004	0,176	0,079	0,6
1500	1500,07	0,005	0,165	0,068	1500,06	0,004	0,156	0,059	0,6
1800	1800,07	0,006	0,164	0,067	1800,07	0,004	0,166	0,069	0,6
2000	2000,06	0,006	0,154	0,057	2000,06	0,004	0,156	0,059	0,6

**Leyenda:**  
*L:* Carga aplicada a la balanza.      *E:* Error encontrado  
*l:* Indicación de la balanza.            *E<sub>0</sub>:* Error en cero.  
*ΔL:* Carga adicional.                      *E<sub>c</sub>:* Error corregido.

**Incertidumbre expandida de medición**       $U = 2 \times \sqrt{0,00754^2 + 0,00000000010608 R^2}$

**Lectura corregida**       $R_{CORREGIDA} = R + -0,0000519217 R$

**Observaciones**

- 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 %.
- Se obtuvo un peso inicial de 2000,15 g para una pesa patrón de 2000 g.



**Fin del documento.**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LT-071-2020**

Laboratorio de Temperatura

Pág. 1 de 4

**Expediente** 20125

**Solicitante** LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L

**Dirección** APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN

**Equipo** HORNO

**Marca (o Fabricante)** PINZUAR LTDA

**Modelo** PG 190

**Número de Serie** 206

**Procedencia** NO INDICA

**Identificación** NO INDICA

**Instrumento de Medición** Termómetro con Indicación Digital

**Marca / Modelo** AUTONICS

**Alcance de Indicación** 50 °C a 300 °C

**Div. de escala (Resoluc.)** 0.1 °C

**Identificación** NO INDICA

**Selector** CONTROLADOR DIGITAL

**Marca / Modelo** AUTONICS

**Alcance de Indicación** 50 °C a 300 °C

**Div. de escala (Resoluc.)** 0.1 °C

**Ubicación** LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

**Lugar de Calibración** APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN

**Fecha de Calibración** 2020-10-29

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.

**Método de Calibración**

La calibración se realizó por comparación directa según el PC-18, 2da. Ed., Junio 2009 "Procedimiento Para la Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con Aire como medio Termostático".

**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: LT-196-2020; LT-197-2020; T-0292-2020.

**Condiciones Ambientales**

Temperatura ambiental : Inicial: 20.4 °C ; Final : 20.4 °C  
 Humedad Relativa ambiental: Inicial: 24.0 HR% ; Final : 24.0 HR%

Sello

Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración



2020-10-31

**CEM INDUSTRIAL**  
  
**JESUS QUINTO C.**  
 JEFE DE LABORATORIO

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LT-071-2020

Laboratorio de Temperatura

Pág. 2 de 4

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C ± 10 °C

Tiempo (min)	T. ind. (°C) (Termómetro del equipo)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T.prom °C	Tmax-Tmin °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110.1	115.3	113.8	114.0	114.3	113.3	116.0	113.0	112.0	111.0	113.0	113.6	5.0
2	109.0	109.8	113.7	108.2	114.4	109.1	112.3	111.3	113.9	113.9	115.1	112.2	6.9
4	111.0	105.3	113.9	108.7	115.7	108.6	112.9	113.0	116.1	116.1	117.1	112.7	11.8
6	110.0	105.7	114.1	108.6	115.2	109.2	112.1	113.5	115.4	115.4	117.3	112.7	11.6
8	108.0	106.7	113.8	107.9	114.5	108.3	111.5	109.8	112.7	112.7	114.3	111.2	7.8
10	109.0	111.2	113.4	113.8	112.0	114.6	115.9	116.8	109.9	109.9	112.3	113.0	6.9
12	111.0	110.1	118.7	113.1	118.5	114.4	116.7	117.1	117.3	117.3	119.1	116.2	9.0
14	109.0	110.6	118.4	112.3	118.5	112.5	115.5	116.3	117.3	117.3	118.1	115.7	7.9
16	108.0	110.2	117.8	111.3	118.0	112.2	115.8	114.8	117.5	117.5	116.8	115.2	7.8
18	109.0	109.3	117.1	111.1	117.6	111.8	114.2	113.1	117.1	117.1	116.6	114.5	8.3
20	108.0	110.0	117.3	110.1	117.3	111.3	114.1	113.3	115.7	115.7	116.8	114.2	7.3
22	111.0	108.3	116.3	109.6	117.2	110.5	114.7	114.5	116.6	116.6	114.7	113.9	8.9
24	110.0	109.4	117.1	109.7	116.6	110.6	114.1	113.1	116.2	116.2	114.7	113.8	7.7
26	108.0	110.0	117.7	110.5	117.6	112.8	115.3	115.2	116.9	116.9	115.3	114.8	7.7
28	108.0	108.5	115.9	109.6	115.6	110.2	113.4	113.6	115.3	115.3	115.6	113.3	7.4
30	109.0	110.0	117.2	110.0	116.6	111.9	114.2	112.9	115.3	115.3	114.3	113.8	7.2
32	108.0	109.6	117.9	111.0	117.7	111.6	114.0	115.1	114.5	114.5	116.7	114.3	8.3
34	110.0	107.8	115.9	109.3	116.6	110.3	114.1	112.3	114.8	114.8	114.5	113.0	8.8
36	109.0	108.6	116.3	110.1	115.7	110.4	113.6	111.7	113.9	113.9	112.9	112.7	7.7
38	108.0	109.6	117.3	110.9	116.7	111.2	114.8	112.9	117.7	117.7	114.8	114.4	8.1
40	108.0	109.9	117.9	111.7	117.8	112.4	115.4	114.2	117.8	117.8	117.9	115.3	8.0
42	110.0	109.3	117.5	111.3	117.9	111.8	112.8	113.1	115.6	115.6	114.5	113.9	8.6
44	108.0	110.2	118.0	112.4	117.7	113.5	113.2	114.9	118.0	118.0	118.1	115.4	7.9
46	110.0	110.4	117.5	111.7	118.2	113.5	113.8	113.9	118.1	118.1	117.8	115.3	7.8
48	110.0	111.3	118.0	117.8	123.0	115.6	114.0	118.2	117.8	117.8	119.6	117.3	11.7
50	108.0	110.0	118.5	113.8	122.1	114.7	114.6	118.5	119.5	119.5	119.4	117.1	12.1
52	108.0	110.5	118.3	113.6	121.6	114.6	115.9	116.8	119.9	119.9	120.0	117.1	11.1
54	109.0	110.2	118.2	112.2	119.1	112.4	114.6	115.4	116.9	116.9	117.7	115.4	8.9
56	110.0	108.8	116.4	110.1	117.0	111.5	114.4	116.6	116.5	116.5	114.9	114.3	8.2
58	111.0	108.5	116.8	111.0	117.4	111.5	112.4	112.2	116.4	116.4	115.1	113.8	8.9
60	111.0	110.2	117.5	111.6	117.1	112.0	112.3	114.6	115.5	115.5	116.2	114.3	7.3
T.PRON	109.2	109.5	116.7	111.2	117.3	111.9	114.1	114.2	116.1	116.0	116.2	114.3	
T.MAX	111.0	115.3	118.7	117.8	123.0	115.6	116.7	118.5	119.9	119.9	120.0		
T.MIN	108.0	105.3	113.4	107.9	112.0	108.3	111.5	109.8	109.9	109.9	112.3		
DTT	3.0	10.0	5.3	9.9	11.0	7.3	5.2	8.7	10.0	10.0	7.7		



Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	123.0	0.8
Mínima Temperatura Medida	105.3	0.8
Desviación de Temperatura en el Tiempo	11.0	0.2
Desviación de Temperatura en el Espacio	8.5	0.2
Estabilidad Medida (±)	0.2	0.1
Uniformidad Medida	12.1	0.1

Centro Especializado en Metrología Industrial  
Mz. A, Lote 18, Urb. El Pacifico II Etapa, S.M.P. - Lima  
• Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777

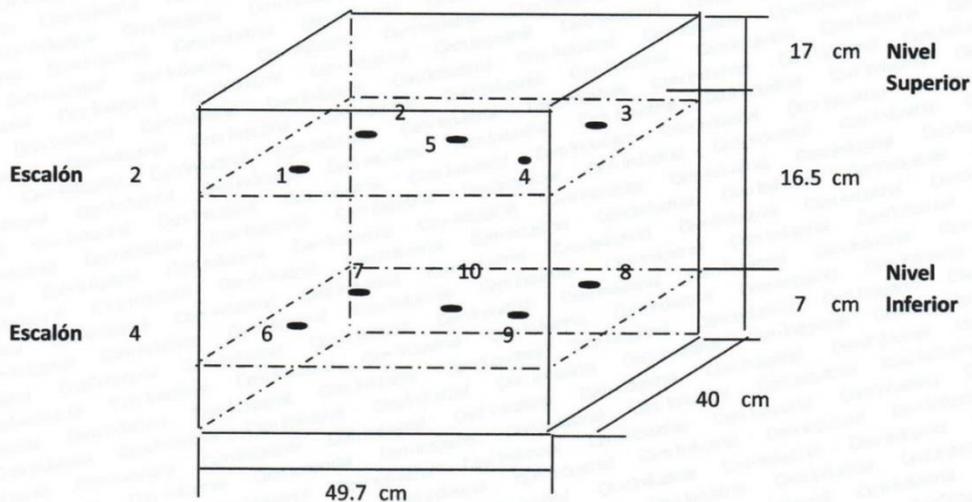
• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
T. prom : Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.  
T.MAX : Temperatura Máxima.  
T.MIN : Temperatura Mínima.  
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

**1**

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

**MEDIO ISOTERMO - ESTUFA****Distribución de termopares en el equipo**

- Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivas parrillas.
- Los termopares del 1 al 5 están ubicados a 2 cm por encima de la parrilla superior.
- Los termopares del 6 al 10 están ubicados a 2 cm por debajo de la parrilla inferior.
- Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 4,5 cm de las paredes laterales y a 5 cm del frente y fondo de la estufa.
- Los escalones indican las posiciones de las parrillas.

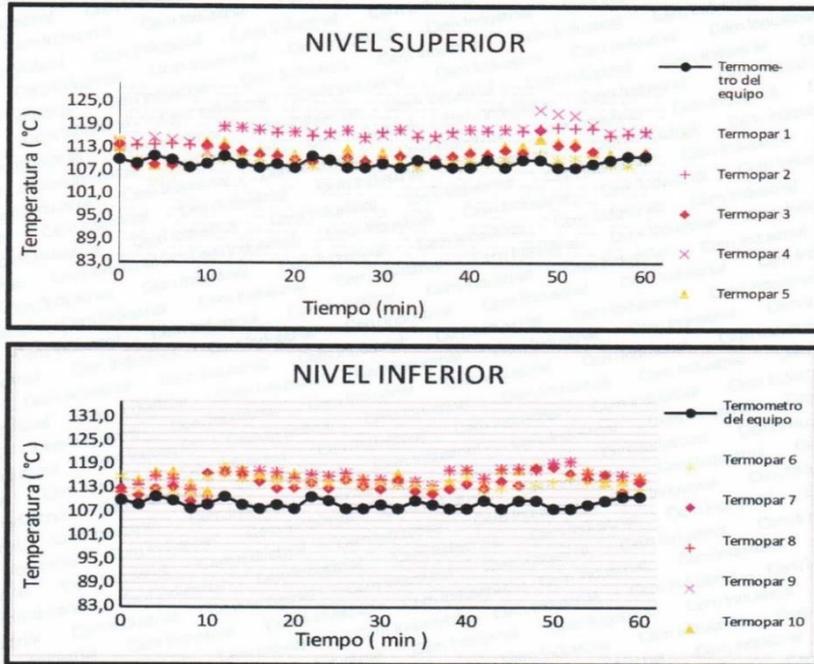
**Observación:**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribución normal correspondiente a una probabilidad de aproximadamente 95 %.

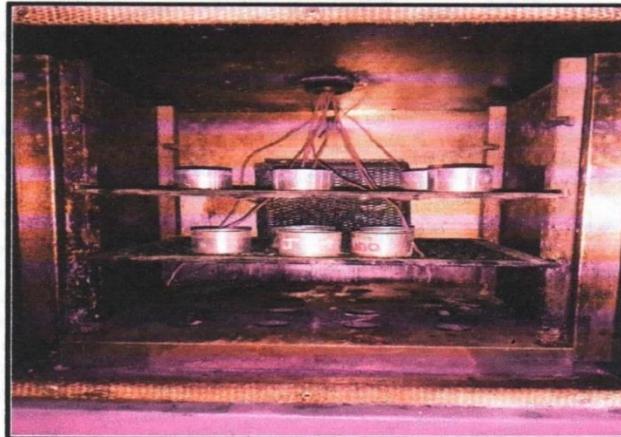


Temperatura de trabajo 110 °C

1



Fotografía mostrando la ubicación de los sensores de temperatura en el medio isoterma



Fin del documento.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-084-2020

Laboratorio de Fuerza

Pág. 1 de 2

Expediente 19020  
Solicitante **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L**  
Dirección APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN

Instrumento de Medición Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos  
Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión

Equipo Calibrado **MAQUINA DE CORTE DIRECTO**

Alcance de Indicación 500 LBF  
Marca (o Fabricante) GILSON  
Modelo HM-382-F  
Número de Serie 1028  
Identificación A01  
Procedencia USA  
Indicador de Lectura DIGITAL  
Marca (o Fabricante) KAROL WARNER  
Modelo 6574  
Número de Serie 4183  
Identificación A03  
Procedencia USA  
Alcance de Indicación 0 LBF A 500 LBF  
Resolución 0,01 LBF  
Transductor de Fuerza CELDA S  
Alcance de Indicación 1500LBF  
Marca (o Fabricante) NO INDICA  
Modelo NO INDICA  
Número de Serie H13060246  
Fecha de Calibración 2019-05-07  
Ubic. Del Equipo **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L**

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.

Lugar de Calibración APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN

Sello

Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración



2020-05-09

**CEM INDUSTRIAL**  
*Jesus Quinto C.*  
**JESUS QUINTO C.**  
JEFE DE LABORATORIO

Expediente	20125	
Solicitante	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&amp;C E.I.R.L</b>	
Dirección	APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN	
Instrumento de Medición	<b>BALANZA NO AUTOMÁTICA</b>	
Marca (o Fabricante)	HENKEL	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).
Modelo	ELECTRONIC SCALE	
Número de Serie	KG028582	
Procedencia	CHINA	
Tipo	LE 20 ELECTRÓNICO	
Identificación	NO INDICA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.
Alcance de Indicación	0 g a 2000 g	
División de escala (d) o resolución	0,01 g 30 K	
Div. verifc. de escala (e)	0,2 g	
Capacidad Mínima	0,1 g	
Clase de exactitud	0,1 III	Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.
Ubic. Del Instrumento	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES	
Lugar de Calibración	APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN	
Fecha de Calibración	2020-10-29	
Método de Calibración		
La calibración se realizó según el <sup>1</sup> método descrito en el PC-011, "Procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Edición cuarta.		
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:		
LM-C-041-2020; LM-C-064-2020; LM-C-040-2020; T-0292-2020.		

Sello 1 Firma de emisión 1 1 Jefe del laboratorio de calibración



2020-10-31

1

**CEM INDUSTRIAL**  
  
**JESUS QUINTO C.**  
JEFE DE LABORATORIO