



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Mejoramiento de la subrasante con la incorporación del
caucho en polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de
Porres - Lima,2020”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

VALVERDE ORE, Luis David (ORCID: 0000-0002-1280-2575)

ASESOR:

Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA, José Luis (ORCID: 0000-0003-4459-494X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERU

2020

Dedicatoria

A mis padres Rosario y David, hermanos Andreina y Ángel, y a mi abuelita Rosa Conga y mi abuelito Domingo Valverde quienes son mi principal motivación para seguir con mis estudios y cumplir todas mis metas propuestas.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme una maravillosa familia que día a día me motivan a nunca renunciar ante las dificultades de la vida. Así mismo agradezco a mi asesor Mg. Ing. Benites Zuñiga Jose Luis por sus magistrales asesorías que me permitieron llevar a cabo un desarrollo adecuado de mi proyecto de investigación. Finalmente agradezco a la Universidad César Vallejo por abrirme las puertas a su casa de estudios y permitirme formarme como Ingeniero Civil.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de Tablas.....	vi
Índice de Figuras	vii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	43
3.1. Tipo y diseño de investigación:	43
3.2. Variables y operacionalización:.....	44
3.3. Población, muestra y muestreo.....	44
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad ...	46
3.5. Procedimientos	47
3.6. Método de análisis de datos	48
3.7. Aspectos éticos.....	52
IV. RESULTADOS	53
V. DISCUSIÓN.....	69
VI. CONCLUSIONES	74
VII. RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS	77
ANEXOS.....	83
Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables.	
Anexo 2: Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos.	
Anexo 3: Declaratoria de originalidad del Autor.	
Anexo 4: Pantallazo del turnitin.	
Anexo 5: Panel fotográfico.	
Anexo 6. Certificado de los resultados de los Ensayos del Laboratorio de Suelos.	
Anexo 7: Certificado de Calibración de Equipos.	

Anexo 8: Recibo del pago realizado por los servicios de ensayos de laboratorio.

Anexo 9: Plano de Ubicación.

Índice de Tablas

Tabla 1: Comparación de propiedades del caucho natural y caucho sintético.	18
Tabla 2: Producción mundial del caucho natural.	20
Tabla 3: Comparación de propiedades del caucho natural y caucho SBR.	22
Tabla 4: Ventajas y desventajas del caucho natural y caucho sintético.	23
Tabla 5: Clasificación de suelos Índice de Plasticidad.	30
Tabla 6: Simbologías de suelos granulares de la clasificación SUCS.	30
Tabla 7: Simbologías de suelos finos de la clasificación SUCS.	31
Tabla 8: Nombres típicos de los materiales.	32
Tabla 9: Clasificación AASHTO.	33
Tabla 10: Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS.	33
Tabla 11: Parámetros de CBR para las categorías de la subrasante.	36
Tabla 12: Proceso de selección del tipo de estabilización.	37
Tabla 13: Medidas de los tamices de malla cuadrada.	38
Tabla 14: Números de puntos de investigación.	45
Tabla 15: Método de análisis de datos.	49
Tabla 16: Resultados de los ensayos en laboratorio de la muestra natural.	58
Tabla 17. California Bearing Ratio (CBR) con la incorporación del caucho en polvo.	62
Tabla 18: Plasticidad con la incorporación del caucho en polvo.	64
Tabla 19. Óptimo Contenido de Humedad (OCH) y Máxima Densidad Seca (MDS) con la incorporación del caucho en polvo.	66

Índice de Figuras

<i>Figura 1:</i> Extracción del caucho natural.	19
<i>Figura 2:</i> Caucho en el mundo.	20
<i>Figura 3:</i> Descripción gráfica de la producción mundial de <i>caucho natural</i> .	21
<i>Figura 4:</i> Comportamiento de un caucho natural y natural vulcanizado.	23
<i>Figura 5:</i> Muros anti-explosivos.	25
<i>Figura 6:</i> Tejas.	26
<i>Figura 7:</i> Aditivo.	26
<i>Figura 8:</i> Aumento de la vida útil del neumático con su reutilización.	27
<i>Figura 9:</i> Estructura típica de un Pavimento Flexible.	28
<i>Figura 10:</i> Estructura típica de un Pavimento Rígido.	28
<i>Figura 11:</i> Carta de plasticidad - Rangos del límite líquido e índice de plasticidad.	31
<i>Figura 12:</i> Rangos del límite líquido e índice de plasticidad para suelos AASHTO.	34
<i>Figura 13:</i> Mejoramiento de la subrasante.	35
<i>Figura 14:</i> Aparato manual para el límite líquido.	39
<i>Figura 15:</i> Molde cilíndrico de 4.0 pulgadas.	40
<i>Figura 16:</i> Molde cilíndrico de 6.0 pulgadas.	41
<i>Figura 17:</i> Molde de metal cilíndrico de 6.0 pulgadas para ensayo de CBR.	42
<i>Figura 18:</i> Mapa de la Región Lima.	53
<i>Figura 19:</i> Mapa político del Perú.	53
<i>Figura 20:</i> Mapa Distrital de Lima.	54
<i>Figura 21:</i> Mapa Distrital de San Martín de Porres.	54
<i>Figura 22:</i> Ruta de acceso.	55
<i>Figura 23:</i> Localización del trabajo.	56
<i>Figura 24:</i> Localización GPS Calicata - 1.	57
<i>Figura 25:</i> Localización GPS Calicata - 2.	57
<i>Figura 26:</i> Calicata – 1.	57
<i>Figura 27:</i> Calicata – 2.	57
<i>Figura 28:</i> Perfil Estratigráfico Calicata - 1.	58
<i>Figura 29:</i> Perfil Estratigráfico Calicata - 2.	58
<i>Figura 30:</i> Comparación del CBR de las muestras en estado natural.	59

<i>Figura 31:</i> Localización del lugar a extraer el material caucho en polvo.	60
<i>Figura 32:</i> Recolección del material caucho en polvo.	60
<i>Figura 33:</i> Equipos y materiales para el ensayo CBR incorporando caucho en polvo.	61
<i>Figura 34:</i> Ensayo CBR incorporando caucho en polvo.	61
<i>Figura 35:</i> California Bearing Ratio (CBR) con la incorporación del caucho en polvo.	62
<i>Figura 36:</i> Ensayo de los Límite de Atterberg incorporando caucho en polvo.	63
<i>Figura 37:</i> Plasticidad con la incorporación del caucho en polvo.	64
<i>Figura 38.</i> Ensayo de Proctor Modificado incorporando caucho en polvo.	65
<i>Figura 39.</i> Óptimo Contenido de Humedad (OCH) con la incorporación del caucho en polvo.	66
<i>Figura 40.</i> Máxima Densidad Seca (MDS) con la incorporación del caucho en polvo.	67
<i>Figura 41.</i> Procedimiento del ensayo CBR incorporando caucho en polvo.	68

Resumen

El presente informe de investigación tuvo como principal objetivo establecer 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.

Es de tipo aplicada, basado en un diseño experimental el cual se subdivide en un diseño cuasiexperimental, así mismo es de nivel explicativo y basado en un enfoque cuantitativo ya que la investigación parte de una hipótesis cuyo resultado será representado numéricamente.

Se obtuvo como resultados que la Av. Tantamayo cuadra 5 presentó un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) así como un límite líquido de 26.90%, límite plástico de 18.20% e índice de plasticidad de 8.70%, así mismo presentó un Óptimo Contenido de Humedad (OCH) de 20.30% y Máxima Densidad Seca (MDS) de 1.715 g/cm³ y finalmente un California Bearing Ratio (CBR) de 4.70% y tras la incorporación del caucho en polvo (2mm a menos) en dosificaciones de 3%, 5% y 7% se redujeron los valores de plasticidad, Óptimo Contenido de Humedad, Máxima Densidad Seca y resistencia, por lo que su aplicación no es recomendable en un suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad).

Palabras Claves: Plasticidad, OCH, MDS, Resistencia (CBR).

Abstract

The main objective of this research report was to establish how the incorporation of powdered rubber will influence the resistance of the subgrade in Av. Tantamayo, block 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

It is of an applied type, based on an experimental design which is subdivided into a quasi-experimental design, it is also of an explanatory level and based on a quantitative approach since the investigation starts from a hypothesis whose result will be represented numerically.

It was obtained as results that Av. Tantamayo block 5 presented a type of soil CL (inorganic clay of low plasticity) as well as a liquid limit of 26.90%, plastic limit of 18.20% and plasticity index of 8.70%, it also presented an Optimal Moisture Content (OCH) of 20.30% and Maximum Dry Density (MDS) of 1,715 g / cm³ and finally a California Bearing Ratio (CBR) of 4.70% and after the incorporation of rubber powder (2mm less) in dosages of 3%, 5% and 7% the values of plasticity, Optimum Moisture Content, Maximum Dry Density and resistance were reduced, so its application is not recommended in a soil CL Inorganic clay of low plasticity).

Key Words: Plasticity, OCH, MDS, Resistance (CBR).

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el mundo viene presentando diferentes problemas tanto ambientales como en el campo de la Ingeniería Vial, respecto a los problemas ambientales tenemos la producción de abundantes desechos, y en consecuencia a ello se producen contaminaciones en el medio ambiente generados por la falta de control y eliminación de los desechos. En estos tiempos, la eliminación de diferentes desperdicios de industrias está provocando un impacto ambiental negativo ya que muchos de estos residuos no son biodegradables y tardan cientos de años en descomponerse perjudicando así al medio ambiente. Algunas alternativas que se emplean para controlar los desechos son los vertederos y reutilización de los materiales. Por otro lado tenemos los problemas relacionados al campo de la Ingeniería Vial, en donde los ingenieros geotécnicos de todo el mundo buscan nuevos materiales alternativos de bajos costos para mejorar los diferentes tipos de suelos en cuanto a su resistencia y estabilidad en la subrasante del pavimento que muchas veces carecen de estas propiedades; y es por ello que el caucho en polvo se ha ido reutilizando como aditivos de asfalto, aditivos de hormigón mejorando así la resistencia del suelo natural y los límites de consistencia en presencia de suelos arcillosos generando un positivo impacto ambiental. Los neumáticos de goma también se pueden usar en aplicaciones civiles y no privilegiadas, como en la construcción de carreteras, en trabajos de ingeniería, como combustible en hornos de cemento e incineración para la producción de electricidad o como agregado en productos a base de cemento o en campos geotécnicos.¹

El Perú no es ajeno a estos problemas tanto ambientales como geotécnicos. El Perú está ubicado en el puesto 22 a nivel mundial como el país con mayor grado de contaminación ambiental y la ciudad de Lima se ubica en el puesto 3 como la ciudad con mayor congestión vehicular y en el puesto 8 como la ciudad más contaminada de Latinoamérica.² Respecto a los problemas geotécnicos, en el Perú ya se realizaron investigaciones previas que servirán como antecedentes en el proyecto, los cuales tuvieron como finalidad la determinación del

¹ (BEKHITI, y otros, 2014 pág. 2)

² (WORLD Air Quality Report, 2018 pág. 7)

comportamiento de los materiales reutilizables como el caucho en diferentes presentaciones como granos, emulsiones para el mejoramiento de la carpeta asfáltica y en polvo para el mejoramiento de la subrasante los cuales tuvieron resultados muy eficientes ya que se redujeron los límites de consistencia y a la vez se mejoró la resistencia de la subrasante. Existen diversas investigaciones sobre el mejoramiento de estos parámetros haciendo uso partículas de caucho reciclado proveniente de los neumáticos en desuso, con el objetivo de tener un suelo apto para construir terraplenes, carreteras, etcétera.³

La Avenida Tantamayo cuadra 5 viene presentando problemas en la subrasante, como baches, ocasionados por el tránsito vehicular tanto pesado como liviano que traen como consecuencia enfermedades respiratorias ocasionados por el polvo, congestionamiento vehicular y contaminación ambiental, que pueden ser solucionados mediante tratamientos superficiales como el mejoramiento de la subrasante. Al estabilizar un suelo, se mejora sus propiedades físicas mediante procesos mecánicos o incorporando productos químicos, naturales o sintéticos, a la vez se suelen estabilizar los terrenos de subrasantes pobres o inadecuadas.⁴ Así mismo, debido a que existen residuos que ocasionan un impacto ambiental negativo, como es el caucho, y además son poco utilizados en el mejoramiento de la subrasante, se ha optado por reutilizar la presentación del caucho en polvo ya que resulta ser una alternativa más económica y a la vez genera un impacto ambiental positivo.

Es por ello que en la presente investigación se ha planteado el siguiente **problema general:**

¿De qué manera 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?

Así mismo se ha planteado los siguientes **problemas específicos:**

¿De qué manera influirá el caucho en polvo en la plasticidad de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020?

³ (ALVAREZ, y otros, 2019 pág. 9)

⁴ (MANUAL DE CARRETERAS: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2013 pág. 113)

¿De qué manera influirá el caucho en polvo en el Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020?

¿De qué manera influirá la dosificación óptima del caucho en polvo en la resistencia de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020?

La **justificación teórica** del presente trabajo de investigación tiene su importancia en lo teórico, ya que aportará teorías relacionadas al tema y comparaciones de autores sobre el mejoramiento de la subrasante con la incorporación del caucho en polvo.

La **justificación práctica** del presente proyecto tiene su relevancia en la práctica, ya que solucionará un problema social en la subrasante de la avenida en estudio que se encuentra en pésimas condiciones de circulación vehicular y peatonal.

La **justificación económica** de la presente investigación tiene su importancia en el conocimiento del problema de la zona en estudio en la búsqueda de alternativas de solución en la aplicación de estabilizantes económicos y es por ello que se elaboró un cuadro comparativo de precios de los estabilizadores empleados en el campo de la infraestructura vial como el cemento, cal, emulsiones, geosintéticos entre otros concluyendo que el caucho en polvo resulta ser la alternativa más económica que se puede emplear con el fin de mejorar el comportamiento de la subrasante en cuanto a su resistencia.

La **justificación metodológica** del presente proyecto tiene su importancia en la metodología, ya que se llevará a cabo la aplicación de los instrumentos como la guía de la observación, así mismo se llevará a cabo diferentes ensayos como el contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de Atterberg, Clasificación de suelos vía SUCS y AASHTO, Proctor Modificado y CBR (California Bearing Ratio), basándome en el Manual de ensayo de materiales 2016, los cuales permitirán la obtención de datos y desarrollo confiable del proyecto, con la

finalidad de conocer el comportamiento de la subrasante mejorado con caucho en polvo.

La **justificación social** del presente proyecto está basada en la propuesta del mejoramiento de la subrasante con la incorporación del caucho en polvo que beneficiará a la población aledaña a la zona de estudio, así mismo ayudará a que los ciudadanos gocen de carreteras en buenas condiciones de tránsito y no se vean perjudicados por el estado de las vías.

A su vez se ha planteado el siguiente **objetivo general**:

Establecer 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.

Y como **objetivos específicos** se ha planteado lo siguiente:

Determinar cómo influirá el caucho en polvo en la plasticidad de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

Determinar cómo influirá el caucho en polvo en el Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

Determinar cómo influirá la dosificación óptima del caucho en polvo en la resistencia de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

Así mismo se ha planteado la siguiente **hipótesis general**:

La incorporación del caucho en polvo influirá significativamente en la resistencia de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

Asu vez se ha planteado las siguientes **hipótesis específicas**:

El caucho en polvo influirá significativamente en la plasticidad de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

El caucho en polvo influirá significativamente en el Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

La dosificación óptima del caucho en polvo influirá significativamente en la resistencia subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Según Cubas (2019), en su tesis titulada *“Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes”*, de la Universidad Privada del Norte tuvo el **objetivo** de determinar la resistencia mecánica de un material para afirmado tras la incorporación del caucho granulado (2mm-6mm) en porcentajes de (3%, 5% y 7%). La metodología fue un **estudio** experimental porque manipuló el caucho con el fin de determinar el efecto en la resistencia mecánica de un material para afirmado, así mismo es correlacional dado que buscó establecer la relación entre la adición de caucho y la resistencia del suelo para afirmado. La **población** fue el material para afirmado de la cantera “El Gavilán” y tuvo cuatro **muestras** del material mencionado. Empleó la **técnica** de la observación directa y el instrumento el usó los formatos y protocolos de la Universidad Privada del Norte como herramienta de recolección de datos. Se realizaron ensayos al material evaluado sin incorporar e incorporando caucho para determinar la resistencia mecánica del material. Se obtuvo como **resultados** que la cantera evaluada “El Gavilán” presenta un suelo GC (Grava arcillosa), presentó la siguiente consistencia de un límite líquido de 11.60% sin límite plástico ya que es un suelo granular, y capacidad de soporte (CBR) de 55.63%, además presentó un Óptimo Contenido de Humedad (OCH) de 5.35% y Máxima Densidad Seca (MDS) de 2.30g/cm³. Se empleó el caucho granular (2mm-6mm) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 3%, 5% y 7% se obtuvo los siguientes resultados. La incorporación del 3% del caucho granular aumentó su OCH de 5.35% a 6.30%, disminuyó su MDS de 2.30g/cm³ a 2.19 g/cm³ y su CBR de 55.63% a 16.50%. A su vez la incorporación del 5% del caucho granular aumentó su OCH de 5.35% a 6.65%, disminuyó su MDS de 2.30g/cm³ a 2.16 g/cm³ y su CBR de 55.63% a 13.91%. Así mismo la incorporación del 7% del caucho granular aumentó su OCH de 5.35% a 7.45%, disminuyó su MDS de 2.30g/cm³ a 2.065 g/cm³ y CBR de 55.63% a 8.80%. Se **concluyó** que no es recomendable emplear el caucho granular en un suelo GC (grava arcillosa) ya que se presentó un incremento del OCH y por ende disminuyó su CBR y MDS.

Según **Díaz y Torres** (2019) en su tesis titulada **“Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos”**, de la Universidad Nacional de Jaén tuvo el **objetivo** de determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos mediante la incorporación del caucho de neumáticos que pasa la malla #10 (2mm a menos). Se basó en un **estudio** experimental porque se manipuló la variable independiente a través de la incorporación de partículas de caucho en porcentajes de (1%, 3%, 5%, 7% y 9%) en suelos arcillosos para analizar la variable dependiente que son la densidad y el valor de soporte del suelo (CBR). Se tomaron seis **muestras** del suelo arcilloso de alta plasticidad para realizar los ensayos sin y con la adición de partículas de diferentes porcentajes de caucho. Se realizó la **recolección de datos** mediante la ejecución de los ensayos básicos de Mecánica de Suelos. Se obtuvo como **resultados** que el Centro Poblado San Agustín presenta un suelo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad), presentó la siguiente consistencia, 64% de límite líquido, 32% de límite plástico y 32% de índice de plasticidad, y un CBR de 3.22% el cual está considerada según el MTC como un material inadecuado para la subrasante, además presentó un OCH de 25.72% y MDS de 1.551g/cm³. Se empleó el caucho granular (2mm a menos) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 1%, 3%, 5%, 7% y 9% se obtuvo como resultado de que la incorporación del 1% del caucho granular aumentó su CBR de 3.22% a 5.92% y OCH de 25.72% a 27.59%; y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.542g/cm³. A su vez la incorporación del 3% del caucho granular aumentó su CBR de 3.22% a 6.82% y OCH de 25.72% a 30%; y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.505g/cm³. Así mismo la incorporación del 5% del caucho granular aumentó su CBR de 3.22% a 6.67% y OCH de 25.72% a 28.17%; y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.492g/cm³. Además, la incorporación del 7% del caucho granular aumentó su CBR de 3.22% a 5.10% y OCH de 25.72% a 26.51%; y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.49g/cm³. Y por último la incorporación del 9% del caucho granular se obtuvo un CBR de 3.22%; y aumentó el OCH de 25.72% a 27.05% y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.44g/cm³. Finalmente, se **concluyó** que es recomendable utilizar un 3% de caucho granular para estabilizar el suelo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) debido a que aumenta su CBR y OCH, así mismo disminuye su MDS.

Al respecto **Cusquisibán** (2014) en su tesis titulada **“Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento”**, de la Universidad Nacional de Cajamarca tuvo como **objetivo** mejorar la resistencia de suelos arcillosos incorporando caucho granular de neumáticos que pasan la malla $\frac{1}{2}$ ” (12.7mm a menos) y así contribuir con la protección del medio ambiente. Fue un **estudio** experimental debido a que se manipuló variables con el fin de evaluar los efectos y resultados de la incorporación del caucho granular en suelos arcillosos, es de tipo aplicado ya que estuvo basado en investigaciones relacionados a los procedimientos empleados para mejorar suelos arcillosos con caucho granular. La **muestra** consistió en la excavación de tres calicatas para realizarle los ensayos requeridos. Se obtuvo como **resultados** que presenta un suelo OH (Suelos orgánicos de alta plasticidad) y OL (Suelos orgánicos de baja plasticidad) y A-7-5 según AASHTO, presentó la siguiente consistencia, 55% de límite líquido, 35% de límite plástico y 20% de índice de plasticidad, y un CBR de 7.10%, además presentó un OCH de 15.70% y MDS de 1.779g/cm³. Se empleó el caucho granular (12.7mm a menos) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 20%, 40% y 60% se obtuvo como resultado de que la incorporación del 20% del caucho granular aumentó su CBR de 7.10% a 10% y MDS de 1.779g/cm³ a 1.783g/cm³; y disminuyó su OCH de 15.70% a 14.30%. A su vez la incorporación del 40% del caucho granular aumentó su CBR de 7.10% a 30.40% y MDS de 1.779g/cm³ a 1.826g/cm³; y disminuyó su OCH de 15.70% a 13.80%. Así mismo la incorporación del 60% del caucho granular aumentó su CBR de 7.10% a 41% y MDS de 1.779g/cm³ a 2.223g/cm³; y disminuyó su OCH de 15.70% a 7.60%. Finalmente, se **concluyó** que es recomendable emplear 60% de caucho granular para estabilizar un suelo OH y OL, ya que aumenta su CBR y OCH; y a la vez disminuye su MDS.

Según **Pereda y Cubas** (2015) en su tesis titulada **“Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico-económico con los asfaltos convencionales”**, elaborado en la Universidad Privada Antenor Orrego tuvo como **objetivo** determinar a través de ensayos de laboratorio que el asfalto modificado con la aplicación del caucho reciclado de llantas presenta mejores comportamientos

físicos mecánicos y, además presenta ventajas económicas en comparación de los asfaltos convencionales. Está desarrollado siguiendo las normas establecidas en el ASTM (American Society for Testing and Materiales) y se evalúan las ventajas y desventajas, costo-beneficio, propiedades físico-mecánicas de los asfaltos modificados y su contribución con reducir la deformación por fatiga del asfalto. **Concluyendo** que la incorporación del polvo de neumáticos mejora los comportamientos físico-mecánicos del suelo en el asfalto convencional RC-70, también de que su resistencia a la deformación del asfalto modificado es 37% más recuperable que el convencional, además de que el asfalto modificado tendría un buen desempeño debido a que el punto de ablandamiento aumenta y las ventajas en cuanto a la economía se encuentran dentro del mantenimiento y tiempo de servicio de la carpeta asfáltica.

Según **Alvarez y Gutierrez** (2019) en su trabajo de investigación titulada ***“Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnica”***, elaborado en la Universidad peruana de Ciencias Aplicadas tuvo el **objetivo** de mejorar la resistencia al corte del suelo y evaluar la capacidad de soporte a la penetración a través de la adición del caucho en polvo (2mm a 0.075mm) en proporciones de 1.5%, 2.5% y 3.5%. Se basó en **estudio** experimental ya que se manipuló la variable independiente (polvo de caucho) incorporando diferentes porcentajes en la variable dependiente (Efecto mecánico de un suelo arcilloso). El suelo arcilloso fue extraído a un 1.5m de profundidad del caserío de Callampampa, Cajamarca, Perú Se obtuvo como **resultados** que presenta un suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad), presentó la siguiente consistencia de un límite líquido de 34%, 21 de límite plástico y 13% de índice de plasticidad, y un CBR de 3.20%, además presentó un OCH de 17.40% y MDS de 1.535g/cm³ Se empleó el caucho en polvo (2mm a 0.075mm) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 1.5%, 2.5% y 3.5% se obtuvo como resultado de que la incorporación del 1.5% del caucho en polvo aumentó su CBR de 3.20% a 5% y MDS de 1.535g/cm³ a 1.543g/cm³; y disminuyó su OCH de 17.40% a 17%. Además, disminuyó su límite líquido de 34% a 33%, aumentó su límite plástico de 21% a 22% y disminuyó su índice de plasticidad de 13% a 11%. A su vez la incorporación del 2.50% del caucho en

polvo aumentó su CBR de 3.20% a 8.70% y MDS de 1.535g/cm³ a 1.56g/cm³; y disminuyó su OCH de 17.40% a 16.70%. Además, disminuyó su límite líquido de 34% a 31%, aumentó su límite plástico de 21% a 22% y disminuyó su índice de plasticidad de 13% a 9%. Así mismo la incorporación del 3.50% del caucho en polvo aumentó su CBR de 3.20% a 9.40% y MDS de 1.535g/cm³ a 1.562g/cm³; y disminuyó su OCH de 17.40% a 16.40%. Además, disminuyó su límite líquido de 34% a 29%, presentó 21% de límite plástico y disminuyó su índice de plasticidad de 13% a 8%. Finalmente, se **concluyó** que es recomendable emplear 3.50% de caucho en polvo en el suelo CL ya que aumenta su CBR y MDS, y a la vez disminuye su OCH e índice de plasticidad (IP).

A su vez **Laica** (2016) en su tesis titulada ***“Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base”***, elaborado en la Universidad Técnica de Ambato tuvo como **objetivo** mejorar las propiedades mecánicas de una sub base (clase 3) mediante la incorporación de polímero reciclado (caucho). Se basó en un **estudio** aplicado porque se aplicó conocimientos relacionados a la materia de Mecánica de Suelos y tuvo un diseño experimental ya que se realizaron diversos ensayos de Proctor Modificado y CBR con sub base e incorporación de porcentajes del caucho reciclado, con el fin de establecer la adición óptima con el cual aumenta la resistencia de la sub base. Para obtener datos más eficientes se tomarán tres **muestras** por cada porcentaje de adición de caucho, obteniendo un total de 70 muestras. Se realizarán ensayos, basados en las normas AASHTO y ASTM, a una sub base y polímero reciclado (caucho) como fuente de recolección de datos para establecer si el caucho reciclado mejorará las propiedades mecánicas de una sub base. Se obtuvo como **resultados** que presenta un suelo GC (Grava arcillosa), presentó la siguiente consistencia, 21.90% de límite líquido, 20.70% de límite plástico y 1.2% de índice de plasticidad, además presentó un CBR igual a 25%, finalmente presentó un OCH de 10.40% y MDS de 1.928g/cm³. Se empleó el caucho reciclado y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 3%, 6% y 9% se obtuvo como resultados de que la incorporación del 3% del caucho reciclado disminuyó su CBR de 25% a 18.40%, MDS de 1.928g/cm³ a 1.91g/cm³ y OCH de 10.40% a 10.05%. A su vez La incorporación del 6% del caucho

reciclado disminuyó su CBR de 25% a 12.10%, MDS de 1.928g/cm³ a 1.845g/cm³ y OCH de 10.40% a 9.60%. Así mismo la incorporación del 9% del caucho reciclado disminuyó su CBR de 25% a 10.20%, MDS de 1.928g/cm³ a 1.81g/cm³ y OCH de 10.40% a 9.40%. Finalmente, se **concluyó** que no es recomendable utilizar el caucho reciclado para un suelo GC (grava arcillosa) dado que disminuyó su CBR, OCH y MDS.

Según **Patiño** (2017) en su tesis titulada **“Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado”**, elaborada en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil tuvo como **objetivo** estudiar el efecto del caucho reciclado en el CBR y densidad para así poder establecer un método de estabilización del suelo mediante un residuo industrial. El **estudio** consistió en elaborar probetas “suelo-caucho” con el fin de aplicarles ensayos físicos y mecánicos, los cuales permitirán evaluar el comportamiento del suelo, además se realizaron los ensayos basándose en la norma ASTM (American Society for Testing and Materiales). La presente investigación se realizó para dos tipos de suelos, obteniéndose los siguientes **resultados**. En la **primera etapa** se evaluó un suelo tipo GC (Grava arcillosa) según la clasificación SUCS que presentó la siguiente consistencia, 31% de límite líquido, 15% de límite plástico y 15% de índice de plasticidad, y un CBR de 56.86%, además presentó un OCH de 7.50% y MDS de 2.035g/cm³. Se empleó el caucho granulado (1mm-4mm) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 5%, 10% y 15% se obtuvo como resultado que la incorporación del 5% del caucho granular disminuyó su CBR de 56.86% a 8.15% y MDS de 2.035g/cm³ a 1.913g/cm³; y aumentó su OCH de 7.50% a 10.60%. A su vez la adición del 10% del caucho granular disminuyó su CBR de 56.86% a 5.87 % y MDS de 2.035g/cm³ a 1.793g/cm³; y aumentó su OCH de 7.50% a 10.40%. Así mismo la adición del 15% del caucho granular disminuyó su CBR de 56.86% a 5.15 % y MDS de 2.035g/cm³ a 1.708g/cm³; y aumentó su OCH de 7.50% a 12.40%. Por otro lado, en la **segunda etapa** se evaluó un suelo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) que presentó consistencia de 57% de límite líquido, 24% de límite plástico y 33% de índice de plasticidad, y CBR igual a 3.00%, además presentó un OCH de 13.10% y MDS de 1.752g/cm³. Se empleó el caucho triturado (19.05mm menos) y tras su incorporación en diferentes

porcentajes de 2%, 5%, 10% y 15% se obtuvo como resultado que la incorporación del 2% del caucho triturado aumentó su CBR de 3.00% a 4.06%. A su vez la incorporación del 5% del caucho triturado aumentó su CBR de 3.00% a 4.61%. Además, la incorporación del 10% del caucho triturado aumentó su CBR de 3.00% a 6.48%. Por último, la incorporación del 15% del caucho triturado aumentó su CBR de 3.00% a 4.83%. Finalmente, se **concluyó** que la primera etapa no es recomendable utilizar el caucho granular en un suelo GC debido a que disminuyó su CBR y MDS, y a la vez aumentó su OCH. Por otro lado, en la segunda etapa sí es recomendable emplear 10% de caucho triturado en un suelo CH dado que aumentó su CBR mejorando sus propiedades de resistencia.

Según **Ravichandran, Prasad, Divya y Rajkumar** (2016) en el artículo titulado ***“Effect of Addition of Waste Tyre Crumb Rubber on Weak Soil Stabilisation”***, se evaluó un terreno CH (Arcilla inorgánica de alta plasticidad) estableciendo dos porcentajes diferentes de grano fino, estuvo basado en un **estudio** experimental ya que se incorporó diferentes porcentajes de caucho desmenuzado en la estabilización del suelo débil, y se realizaron los ensayos correspondientes como fuente de recolección de datos, obteniéndose los siguientes **resultados**. El **primer porcentaje** de grano fino que se presentó la muestra A1 es igual 97% y a la vez presentó la siguiente consistencia, 74% de límite líquido, 36% de límite plástico y 38% de índice de plasticidad, y un CBR de 3.10%, además presentó un OCH de 25% y MDS de 1.53g/cm³. Se empleó el caucho desmenuzado en polvo (0.425mm a 0.6mm) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% se obtuvo como resultado que la incorporación del 5% del caucho desmenuzado en polvo aumentó su CBR de 3.10% a 5.20%, y disminuyó su MDS de 1.53g/cm³ a 1.49 g/cm³ y OCH de 25% a 23%. A su vez la incorporación del 10% del caucho desmenuzado en polvo aumenta su CBR de 3.10% a 8.10%, y disminuyó su MDS de 1.53g/cm³ a 1.45 g/cm³ y OCH de 25% a 22%. Así mismo la incorporación del 15% del caucho desmenuzado en polvo aumenta su CBR de 3.10% a 5.60%, y disminuyó su MDS de 1.53g/cm³ a 1.40 g/cm³ y OCH de 25% a 19%. Por último, la incorporación del 20% del caucho desmenuzado en polvo aumenta su CBR de 3.10% a 4.30%, y disminuyó su MDS de 1.53g/cm³ a 1.35 g/cm³ y OCH de 25% a 17%. Por otro lado, el **segundo**

porcentaje de grano fino que se presentó la muestra A2 es igual 94% y a la vez presentó la siguiente consistencia de 56% de límite líquido, 20% de límite plástico y 36% de índice de plasticidad, y un CBR igual a 2.70%, además presentó un OCH de 26% y MDS de 1.52g/cm³. Se empleó el caucho desmenuzado en polvo (0.425mm a 0.6mm) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% se obtuvo como resultado que la incorporación del 5% del caucho desmenuzado en polvo aumentó su CBR de 2.70% a 3.40%, y disminuyó su MDS de 1.52g/cm³ a 1.51 g/cm³ y OCH de 26% a 24%. A su vez la incorporación del 10% del caucho desmenuzado en polvo aumentó su CBR de 2.70% a 6.20%, y disminuyó su MDS de 1.52g/cm³ a 1.49 g/cm³ y OCH de 26% a 22%. Así mismo la incorporación del 15% del caucho desmenuzado en polvo aumentó su CBR 2.70% a 5.60%, y disminuyó su MDS de 1.52g/cm³ a 1.45 g/cm³ y OCH de 26% a 20%. Por último, la incorporación del 20% del caucho desmenuzado en polvo aumentó su CBR de 2.70% a 4.30%, y disminuyó su MDS de 1.52g/cm³ a 1.43g/cm³ y OCH de 26% a 18%. Finalmente, se **concluyó** que es recomendable emplear 10% de caucho desmenuzado en un suelo CH ya que aumenta su CBR el cual mejora su resistencia por ende disminuye su MDS y OCH, además el uso del caucho desmenuzado contribuye con la protección del medio ambiente reduciendo el problema de eliminación de llantas de desecho y funciona como material estabilizador introduciendo una metodología de bajo costo para la estabilización.

Según **Swarna** (2015) en la artículo titulado ***“Stabilization of Subgrade soil of Highway Pavement using Waste Tyre Pieces”***, se evaluó un suelo SC (Arena arcillosa) que presentó la siguiente consistencia de 41% de límite líquido, 24.80% de límite plástico y 16.20% de índice de plasticidad, además presenta un OCH de 14.40% y MDS de 2.11g/cm³; estuvo basado en un **estudio** experimental ya que se incorporó piezas de llantas de desecho en la estabilización del suelo subterráneo de la carretera, y se realizaron los ensayos correspondientes como fuente de recolección de datos; así mismo mostró diferentes valores de CBR ya que el terreno se evaluó en dos condiciones que son sin remojar y remojada, obteniéndose los siguientes **resultados**. El **primer análisis** se dio en un terreno en condiciones sin remojar y presentó un CBR de 6.96%. Se empleó el caucho

granulado (diámetro 15mm-20mm y longitud 20mm-25mm) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 2.5%, 5% y 7.5% se obtuvo como resultado que la incorporación del 2.5% del caucho empleado como aditivo aumentó su CBR de 6.96% a 8.14%, y disminuyó su MDS de 2.11g/cm³ a 1.98g/cm³ y OCH de 14.40% a 10.75%. A su vez la incorporación del 5% del caucho empleado como aditivo aumentó su CBR de 6.96% a 8.59%, y disminuyó su MDS de 2.11g/cm³ a 1.91g/cm³ y OCH de 14.40% a 12%. Así mismo la incorporación del 7.5% del caucho empleado como aditivo aumentó su CBR de 6.96% a 7.95%, y disminuyó su MDS de 2.11g/cm³ a 1.83g/cm³ y OCH de 14.40% a 13%. Por otro lado, para el **segundo análisis** del terreno en condición remojada se presentó un CBR de 3.51%. Y tras la incorporación del caucho en piezas (diámetro 15mm-20mm y longitud 20mm-25mm) en diferentes proporciones de 2.5%, 5% y 7.5% se pudo denotar una disminución del CBR en un 3.85%, 4.04% y 3.79% respectivamente, sin embargo, mantuvo sus mismas propiedades de MDS y OCH que se detalló con anterioridad. Finalmente, se **concluyó** que es recomendable emplear 5% de caucho granulado usado como aditivo en un suelo SC (Arena arcillosa) en condiciones sin remojar debido a que aumenta su CBR y disminuye su MDS. Además, tuvo un mejor comportamiento, que el caucho empleado en piezas en un terreno en condición remojada, en cuanto al incremento de la resistencia y por lo tanto se reduce el espesor total del pavimento, por ende, el costo total del proyecto.

Según **Kokila, Bhavithra, Hemapriya, Iniya y Madhunigga** (2017) en la revista titulada *"Experimental Investigation on Soil Stabilisation Using Rubber Crumbs on Expansive Soil"*, se evaluó un suelo expansivo (Suelo de algodón negro) que presentó la siguiente consistencia de 48% de límite líquido, 22% de límite plástico y 26% de índice de plasticidad, y un CBR de 2.5%, además presentó un OCH de 16% y MDS de 15.09g/cc. Se basó en un **estudio** experimental ya que se manipuló la incorporación de diferentes porcentajes de las migas de goma [pasa la malla N°40 (0.425mm a menos)] en la estabilización de un suelo expansivo en el cual se desarrollaron ensayos para la recolección de datos. Así mismo empleó el caucho en polvo más cal en un porcentaje constante de 3% y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 5%, 10% y 15% se

obtuvo como **resultado** que la incorporación del 5% del caucho en polvo aumentó su CBR de 2.5% a 4.90% y MDS de 15.09g/cc a 15.79g/cc respectivamente. Además, disminuyó su límite líquido de 48% a 46.50%, aumentó su límite plástico de 22% a 30% y disminuyó su índice de plasticidad de 26% a 16.50%. A su vez la incorporación del 10% del caucho en polvo aumentó su CBR de 2.5% a 5.00% y MDS de 15.09g/cc a 17.20g/cc respectivamente. Además, disminuyó su límite líquido de 48% a 45%, aumentó su límite plástico de 22% a 33% y disminuyó su índice de plasticidad de 26% a 12%. Así mismo la incorporación del 15% del caucho en polvo aumentó su CBR de 2.5% a 5.20% y MDS de 15.09g/cc a 18g/cc. Además, disminuyó su límite líquido de 48% a 43.50%, aumentó su límite plástico de 22% a 35.50% y disminuyó su índice de plasticidad de 26% a 8%. Finalmente, se **concluyó** que es recomendable emplear 15% de caucho en polvo más 3% de cal en un suelo expansivo ya que aumenta su CBR y MDS, así mismo disminuye su índice de plasticidad (IP) mejorando así la resistencia y consistencia del terreno.

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”***, se tuvo el **objetivo** de analizar el comportamiento del polvo de neumáticos en las propiedades geotécnicas de los suelos arcillosos y así poder actuar como un aditivo eficaz en la alteración de la plasticidad de los suelos arcillosos. Está basado en un **estudio** experimental ya que se incorporó diferentes porcentajes del polvo de neumáticos en suelos arcillosos para determinar su efecto en sus características geotécnicas y se realizaron ensayos correspondientes para la recolección de datos. Los **resultados** que se obtuvieron en Teherán-Irán fue que presenta suelos arcillosos, que fueron estudiados a través de la incorporación de polvo de neumáticos que pasa el tamiz N° 40 (0.425mm) para determinar los efectos que producen en los Límites de Atterberg de estos tipos de suelos con dos diferentes plasticidades, altos y bajos. El tipo de suelo de Teherán presentados son CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) y CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) y el caucho utilizado en esta investigación fue el polvo de neumáticos que pasan la malla N° 40 (0.42mm a menos). Por un lado se tiene **el suelo CH** presenta 75% de límite líquido, 28% de límite plástico y 47% de índice

de plasticidad y tras la incorporación del polvo de neumáticos en diferentes porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% se obtuvo como resultados que la incorporación del 5% del polvo de neumáticos disminuyó su límite líquido de 75% a 74.5%, aumentó su límite plástico de 28% a 29% y disminuyó su índice de plasticidad de 47% a 45.5%. A su vez, la incorporación del 10% del polvo de neumáticos disminuyó su límite líquido de 75% a 74.5%, aumentó su límite plástico de 28% a 30% y disminuyó su índice de plasticidad de 47% a 44.5%. Así mismo la incorporación del 15% del polvo de neumáticos disminuyó su límite líquido de 75% a 74.5%, aumentó su límite plástico de 28% a 29% y disminuyó su índice de plasticidad de 47% a 45.5%. Además, la incorporación del 20% del polvo de neumáticos disminuyó su límite líquido de 75% a 72.5%, aumentó su límite plástico de 28% a 28.5% y disminuyó su índice de plasticidad de 47% a 44%. Así mismo la incorporación del 25% del polvo de neumáticos disminuyó su límite líquido de 75% a 71%, aumentó su límite plástico de 28% a 28.5% y disminuyó su índice de plasticidad de 47% a 42.5%. Por último, la incorporación del 30% del polvo de neumáticos disminuyó su límite líquido de 75% a 69%, aumentó su límite plástico de 28% a 28.5% y disminuyó su índice de plasticidad de 47% a 40.5%. Así mismo se pudo evidenciar un comportamiento positivo en la reducción del índice de plasticidad con la incorporación del 30% de polvo de neumáticos. Por otro lado, el **suelo CL** (arcilla inorgánica de baja plasticidad) presenta 33% de límite líquido, 17% de límite plástico y 16% de índice de plasticidad, y tras la incorporación del polvo de neumáticos en diferentes porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% se obtuvo como resultado que la incorporación del 5% del polvo de neumáticos disminuyó su límite líquido de 33% a 32%, aumentó su límite plástico de 17% a 18% y disminuyó su índice de plasticidad de 16% a 14%. A su vez la incorporación del 10% del polvo de neumáticos disminuyó su límite líquido de 33% a 31%, aumentó su límite plástico de 17% a 19% y disminuyó su índice de plasticidad de 16% a 12%. Así mismo la incorporación del 15% del polvo de neumáticos disminuyó su límite líquido de 33% a 30%, aumentó su límite plástico de 17% a 20% y disminuyó su índice de plasticidad de 16% a 10%. Además, la incorporación del 20% del polvo de neumáticos disminuyó su límite líquido de 33% a 30%, aumentó su límite plástico de 17% a 20.5% y disminuyó su índice de plasticidad de 16% a 9.5%. Así mismo

la incorporación del 25% del polvo de neumáticos disminuyó su límite líquido de 33% a 30%, aumentó su límite plástico de 17% a 21% y disminuyó su índice de plasticidad de 16% a 9%. Por último, la incorporación del 30% del polvo de neumáticos disminuyó su límite líquido de 33% a 30%, aumentó su límite plástico de 17% a 21.5% y redujo su índice de plasticidad de 16% a 8.5%. Así mismo se pudo evidenciar la optimización del índice de plasticidad incorporando 30% de polvo de neumáticos. Una de las características del polvo de neumáticos es su baja densidad que resulta tener un mejor comportamiento en suelos arcillosos. Una de las desventajas de usar desechos de neumáticos y polvo de neumáticos en ingeniería geotécnica pueden ser la sensibilidad para determinar la cantidad óptima de consumo, el cual la empleabilidad de porcentajes excesivos podría reducir la resistencia del suelo, por lo que es necesario determinar una cantidad óptima para su aplicación. Finalmente, se **concluyó** que es recomendable emplear el polvo de neumáticos en un 30% en suelos CH y CL debido a que se obtuvieron efectos positivos en la reducción de los Límites de Atterberg, aumentando así la eficiencia y mejorando la resistencia, la permeabilidad, la reducción de asentamientos y la reducción de la densidad del suelo y se puede utilizar como aditivo para mejorar los suelos arcillosos.

Como teorías relacionadas al tema se tiene por un lado la **variable independiente**, caucho en polvo. El *caucho* es definido como un cuerpo sólido que presenta mayor coeficiente de dilatación conciso y aumenta de manera considerable tras el proceso de vulcanización.⁵

A su vez está *compuesto* por el isopreno o 2 metilbutadieno, representado por la fórmula química de C₅H₈ [...] de 0 a 10 °C se vuelve quebrantable y opaco, y sobre los 20 °C es blando y translúcido; y cuando se calienta superando los 50° C se vuelve plástico pegajoso y sobre 200 °C se descompone.⁶

Así mismo a mayor desarrollo mundial, el caucho se renueva en diferentes presentaciones como el caucho sintético a través de procedimientos industriales

⁵ (CASTRO, 2008 pág. 19)

⁶ (CASTRO, 2008 pág. 27)

empleadas por las empresas dedicadas a este rubro. El caucho natural posee propiedades como elasticidad, además es blando y adhesivo y mediante un proceso de vulcanización permite el mejoramiento de las propiedades del caucho natural, generando un material denominado caucho sintético.⁷

Por otro lado, la *porosidad* del suelo se representa como el porcentaje de vacíos que existe en un volumen total, que depende de la textura de la muestra.⁸

Así mismo la *permeabilidad* del suelo está relacionada con los vacíos que presenta y está definida como la facultad con la que el agua pasa a través de los poros.⁹

Tabla 1: Comparación de propiedades del caucho natural y caucho sintético.

CAUCHO NATURAL	CAUCHO SINTÉTICO
Es elástico	Es elástico
No vuelve fácilmente a su longitud primitiva.	Se retrae rápidamente.
Se ablanda fácilmente por el calor.	No se ablanda por el calor.
Es adhesivo.	No es adhesivo.
Poca resistencia a la abrasión.	Mucha resistencia a la abrasión.
Soluble en solventes orgánicos.	Insoluble en solventes orgánicos.

Fuente: Química y algo más (2014) - Propiedades del caucho (párr. 4).

El *caucho natural* es un producto derivado de una sustancia lechosa llamada látex, el cuál es el principal componente de los neumáticos y otros productos industrializados, esta sustancia se extrae de las plantas conocidas como hevea brasiliensis, originaria del Amazonas. Los cauchos son conocidos como elastómeros que poseen propiedades particulares como la elasticidad los cuales

⁷ (QUÍMICA y algo más, 2014 pág. 1)

⁸ (GARCIA, 2005 pág. 1)

⁹ (ANGELONE, y otros, 2006 pág. 3)

debido a sus excelentes propiedades son empleados para neumáticos, resortes, productos industriales aeronáuticos y navales.¹⁰



Figura 1: Extracción del caucho natural.

Así mismo las *propiedades físicas* del caucho varían con la temperatura, es decir, a menor temperatura mayor rigidez mientras que a mayor de 100 °C se ablanda, además obtiene mayor deformación debido a su naturaleza plástica.¹¹

En cuanto a la *producción* del caucho natural, al terminarse los suministros de la II Guerra Mundial, se aceleró la producción del caucho sintético, generándose así, en 1990, una producción mundial de 15 millones de toneladas métricas de caucho, del cual 10 millones fue de caucho sintético.¹²

¹⁰ (URREGO, y otros, 2017 pág. 17)

¹¹ (CASTRO, 2008 pág. 27)

¹² (CASTRO, 2008 pág. 21)



Figura 2: Caucho en el mundo.

A continuación, se presenta la producción mundial del caucho natural comprendidas desde el año 2000 hasta el 2018 expresado en miles de toneladas métricas.

Tabla 2: Producción mundial del caucho natural.

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CAUCHO NATURAL	
AÑO	MILES DE TONELADAS MÉTRICAS
2000	6.811
2001	6.913
2002	7.317
2003	7.986
2004	8.726
2005	8.921
2006	9.850
2007	10.057
2008	10.098
2009	9.723

2010	10.403
2011	11.239
2012	11.658
2013	12.282
2014	12.142
2015	12.264
2016	12.604
2017	13.551
2018	13.869

Fuente: Statista (Portal de estadísticas en línea alemán) párr. 1.

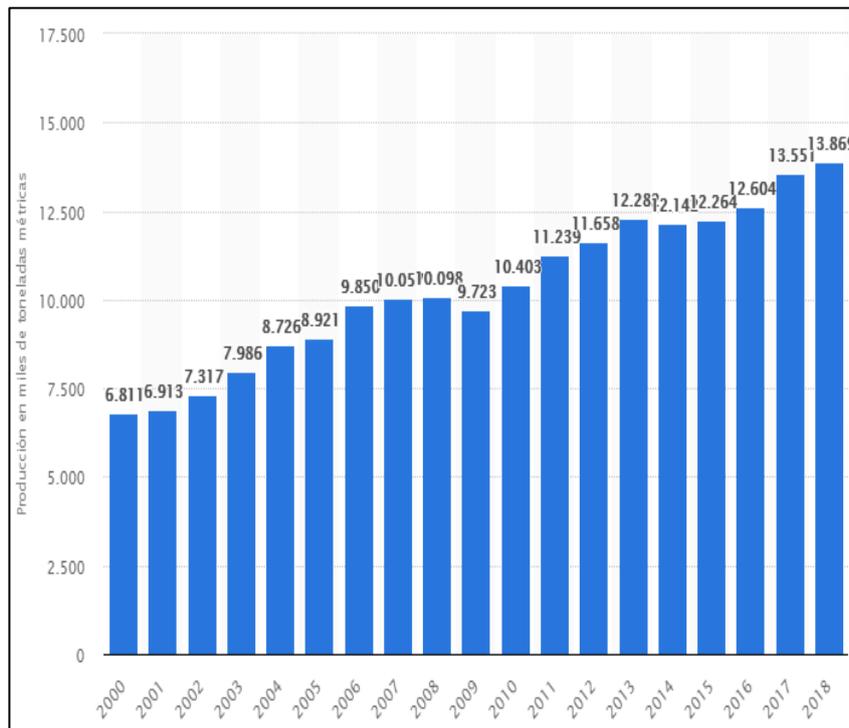


Figura 3: Descripción gráfica de la producción mundial de *caucho natural*.

El *caucho sintético* es obtenido por reacción química de la condensación o polimerización, a partir de determinados hidrocarburos insaturados. Sus componentes básicos son los monómeros que presentan una masa molecular relativamente baja y forman moléculas llamadas polímeros.¹³

¹³ (CASTRO, 2008 pág. 34)

Dentro de los *tipos* de caucho sintético se ubica el *neopreno*, que presenta una gran resistencia a altas temperaturas y es emplea en tuberías de conducción de petróleo y como aislante de cables y maquinaria.¹⁴ También se tiene el *buna o caucho artificial* que es producido a partir del ácido cianhídrico y es muy útil en aquellos casos que se necesite una resistencia a la acción de aceites y a la abrasión.¹⁵ Además se tiene el *caucho de butilo* que es obtenido por la copolimerización del isobutileno con butadieno o isopreno, es un plástico trabajable pero difícil de vulcanizar y además es resistente a la oxidación y a la acción de productos corrosivos.¹⁶ A su vez se tiene el *caucho nitrilo NBR* que se sintetiza mediante la copolimerización de acrilonitrilo y butadieno, el contenido de acrilonitrilo varía de 18% a 50%, a mayor contenido de acrilonitrilo, mejor será la resistencia al aceite combustible de hidrocarburos petroquímicos, pero menor será el rendimiento a baja temperatura.¹⁷ Por último se tiene el *caucho SBR* que es un copolímero de butadieno y estireno [...] el copolímero tiene una calidad uniforme, menos cuerpos extraños, mejor resistencia al desgaste y resistencia al envejecimiento, pero su resistencia mecánica es débil y se puede mezclar con caucho natural.¹⁸

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de las propiedades del caucho natural y el caucho SBR:

Tabla 3: Comparación de propiedades del caucho natural y caucho SBR.

Propiedades	Caucho Natural	SBR
Rango de dureza	20-90	40-90
Resistencia a la rotura	Buena	Regular
Resistencia abrasiva	Excelente	Buena
Resistencia a la compresión	Buena	Excelente
Permeabilidad a los gases	Regular	Regular

Fuente: Castro (2008) p. 38.

¹⁴ (CASTRO, 2008 pág. 34)

¹⁵ (CASTRO, 2008 pág. 35)

¹⁶ (CASTRO, 2008 pág. 35)

¹⁷ (BRP , 2019 pág. 1)

¹⁸ (CASTRO, 2008 pág. 35)

Por otro lado, la histéresis es la principal divergencia del caucho natural y sintético, para el caucho sintético presenta una histéresis alta y por lo tanto es ideal para un neumático adherente.¹⁹

Es por ello que en las industrias automovilísticas utilizan en un 60% el caucho sintético y solo un 40% el caucho natural.

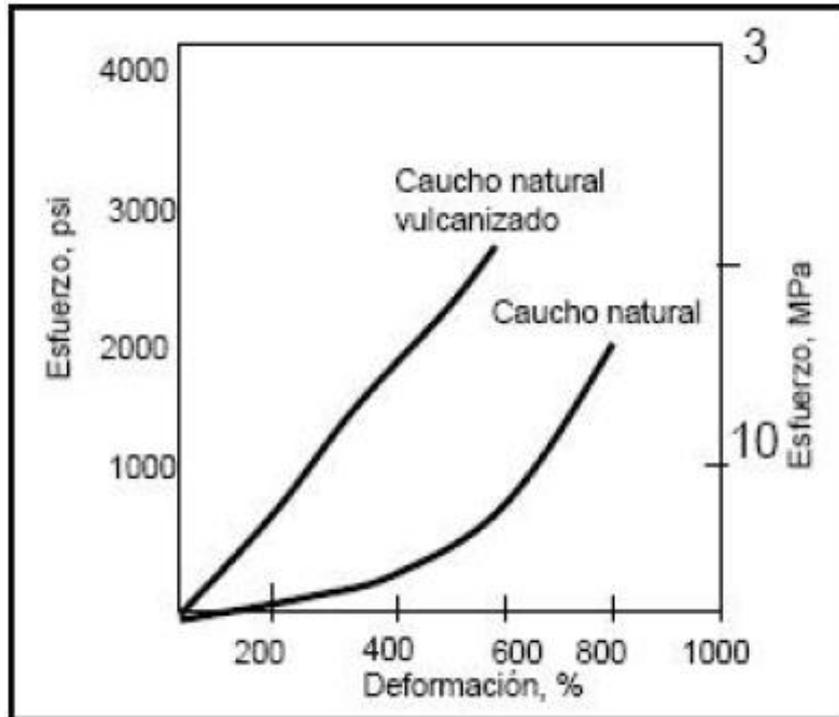


Figura 4: Comportamiento de un caucho natural y natural vulcanizado.

A continuación, se describen las ventajas y desventajas de emplear cada tipo de caucho.

Tabla 4: Ventajas y desventajas del caucho natural y caucho sintético.

TIPO DE CAUCHO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Caucho Natural	<ul style="list-style-type: none"> -Buena elasticidad. -Viscoso en calor. -Facilidad al expandirse. -Se disuelve fácilmente en 	Resistente a la intemperie, al aceite (aceite vegetal) es la materia prima para hacer zapatos y cinta de goma,

¹⁹ (AUTOBILD, 2010 pág. 1)

		aceite mineral o gasolina.	manguera.
C A U C H O S I N T É T I C O	Caucho SBR	Materiales no resistentes al aceite de bajo costo. -Buena resistencia al agua -Baja compresibilidad a alta dureza.	No se recomiendan ácidos fuertes, ozono, aceites, ésteres, grasas y la mayoría de los hidrocarburos.
	Caucho de Butilo	-Es impermeable a la mayoría de los gases generales. -Tiene buena resistencia a la luz solar y al olor.	No se recomienda usar en tubo interior, bolsa de cuero, manguera de vapor, cinta transportadora resistente al calor con disolvente de petróleo, queroseno e hidrógeno aromático
	Caucho Nitrilo NBR	-Mejor resistencia a la abrasión. -Excelente resistencia a la corrosión. -Resistencia a la tensión -Resistencia al desgarro y propiedades de compresión.	No es recomendable su uso en la industria de aire acondicionado y refrigeración en alcoholes, ésteres o soluciones aromáticas.

Fuente: BRP- Bombardier Recreational Products (2019) párr. 1.

Para el proyecto se utilizará el **caucho en polvo** por el aporte positivo al impacto ambiental y ventajas que ofrecen en la Ingeniería Vial, además se determinó la granulometría y dosificación del caucho teniendo como referencia los antecedentes investigados, y se llegó a determinar que se aplicará el caucho en polvo que pasa el tamiz N°10 hasta la base o fondo, es decir, de 2mm a menos por las características del material y en dosificaciones expresados en porcentajes

de (3%, 5% y 7%), con el fin de determinar su comportamiento en cuanto a la resistencia (CBR) e índice de plasticidad (IP). Por otro lado, el caucho en polvo proviene de la trituración de los NCFU (Neumáticos y Cámaras Fuera de Uso) donde son procesados industrialmente, además se caracterizan por presentar medidas aproximadas de 4mm o polvo (partículas más pequeñas), así mismo este material presenta un 99% libre de impurezas como las fibras de acero del cual está compuesto el neumático.²⁰

Se suelen aplicar para diferentes proyectos como, por ejemplo, los *muros anti-explosivos* que consistieron en la fabricación de productos resistentes contra impactos de proyectil a partir de GTR (Ground Tire Rubber), CTR (Crumb Tire Rubber) que proviene del neumático triturado que está fuera de uso y hormigón armado mediante sinterizado, disminuyendo así el espesor y peso tradicional de los muros; y funcionan como absorbente de explosiones y ondas expansivas.²¹

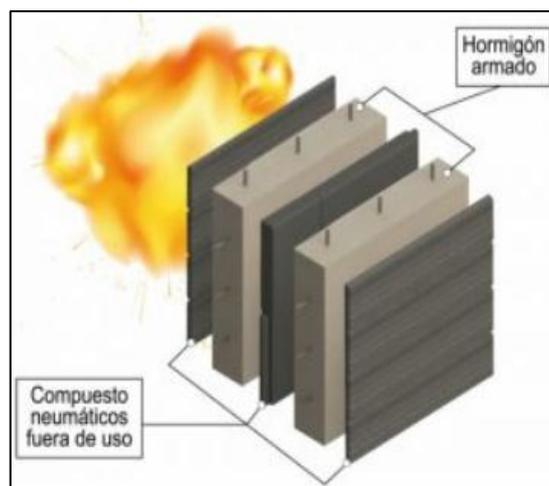


Figura 5: Muros anti-explosivos.

Así mismo, *Tejas* está elaborado a partir del caucho reciclado el cual aporta al campo constructivo un elemento versátil con interesantes propiedades, bajos en costos y tiene un impacto positivo en el medio ambiente al ser un material reciclable.²²

²⁰ (GENEU, 2017 pág. 1)

²¹ (GENEU, 2017 pág. 1)

²² (GENEU, 2017 pág. 1)

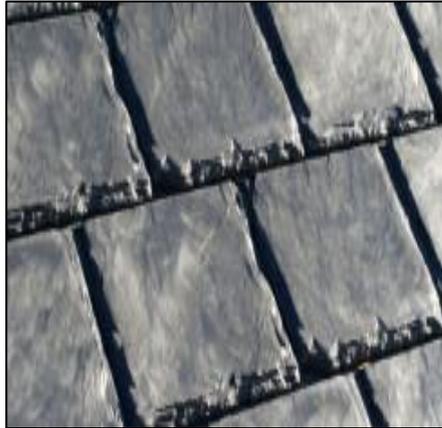


Figura 6: Tejas.

Por otro lado, el *aditivo* se suele incorporar en emulsiones asfálticas ya que brinda propiedades de flexibilidad y durabilidad con el fin de mejorar el comportamiento de la mezcla asfáltica que se utilizará en obras de infraestructura vial, Así mismo es empleado en tuberías, componentes de automóviles y contribuye con la optimización de la contaminación ambiental y reduce considerablemente los precios de obras de infraestructura vial.²³



Figura 7: Aditivo.

A su vez, las principales ventajas de emplear polvo proveniente del reciclado de neumáticos son la durabilidad de las carreteras y ahorro de recursos.²⁴

Así mismo, la utilización del polvo proveniente del neumático en la construcción de carreteras será aplicado con mayor frecuencia en los próximos años debido a que tienen efectos positivos ambientales y económicos, así mismo la aplicación

²³ (GENEU, 2017 pág. 1)

²⁴ (EUROTALLER, 2013 pág. 1)

del caucho en polvo, debido al alto contenido de carbono negro, incorporado en las mezclas bituminosas traerá ventajas como reducir la oxidación y el envejecimiento de las mezclas y con ello se mantendrá con más tiempo las características de la mezcla original.²⁵

Además, el reciclado de este residuo proviene la propagación de enfermedades, ya que los neumáticos viejos desechados sirven como hogares de roedores portadores de enfermedades y actúan como recolectores de agua estancada que atraen mosquitos que también transmiten enfermedades mortales, es por ello que es preferible reutilizar estos residuos o donarlos a las reencauchadoras para que lo procesen y lo conviertan en un material reutilizable con multipropósitos y así evitar la propagación de enfermedades y contaminación al medio ambiente.²⁶

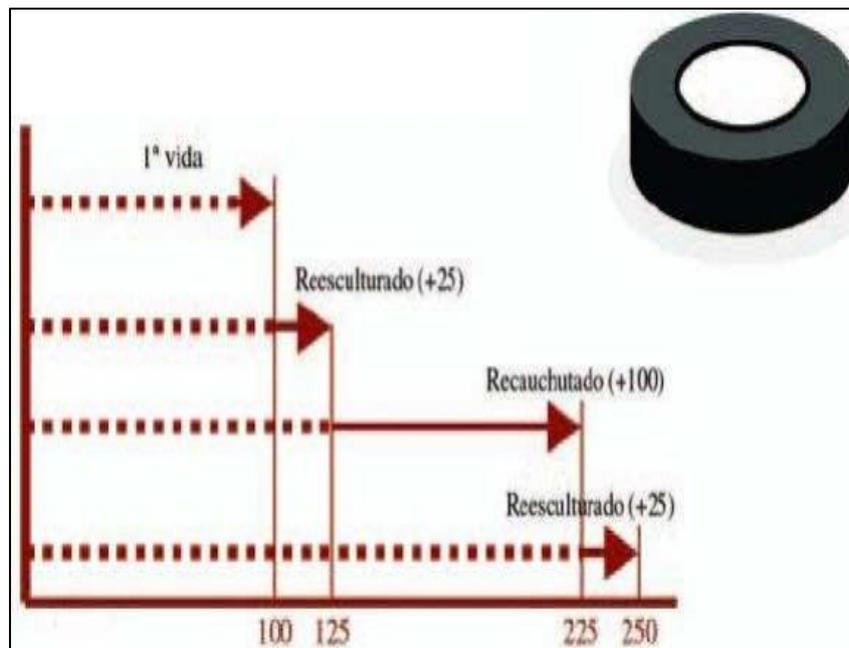


Figura 8: Aumento de la vida útil del neumático con su reutilización.

Por otro lado, se tiene como **variable dependiente** el mejoramiento de la subrasante, el cual mejora las características naturales del terreno con estabilizantes, seguido de una compactación. La *subrasante* forma parte principal de los pavimentos flexibles y rígidos, ya que actúan como soporte principal de toda la estructura.

²⁵ (EUROTALLER, 2013 pág. 1)

²⁶ (ECO Green Equipment pág. 1)

Por un lado, se tienen los *pavimentos asfálticos* que están compuestos de una superficie asfáltica que descansan en una base, sub base y una subrasante compactada.²⁷

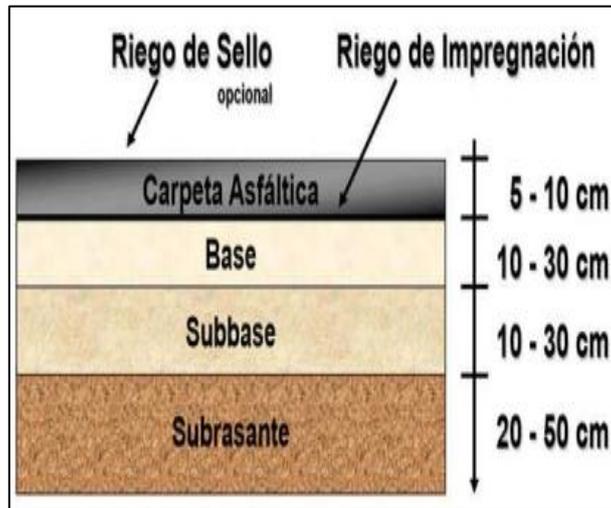


Figura 9: Estructura típica de un Pavimento Flexible.

Por otro lado, se tienen los *pavimentos rígidos* que están compuestos de una capa (losa) de concreto apoyada en una base y descansan en una subrasante compactada.²⁸

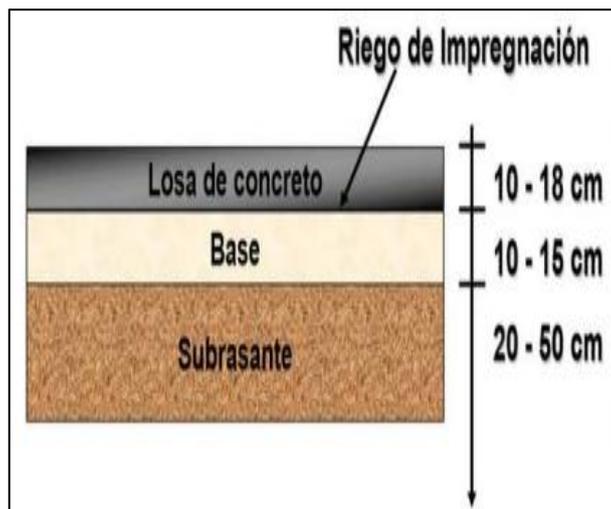


Figura 10: Estructura típica de un Pavimento Rígido.

²⁷ (GIORDANI, y otros pág. 3)

²⁸ (GIORDANI, y otros pág. 4)

Así mismo, la *subrasante* está definida como la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soporta la estructura del pavimento, está conformada por suelos de características aceptables y en un óptimo estado de estabilidad.²⁹

Por otro lado, la *subrasante* es la superficie sobre la cual se apoya la estructura de un pavimento, está conformada por suelos disponibles del lugar, y en ocasiones es necesario reemplazar, mejorar o estabilizar el suelo para optimizar sus propiedades y resistencia.³⁰

Una de las propiedades que influyen en la subrasante es la *plasticidad* que presentan. La plasticidad está definida como la capacidad que tiene un material de soportar deformaciones de manera rápida, sin rebote elástico, sin variación volumétrica ni agrietamiento.³¹

La *consistencia* de un determinado terreno será determinada mediante los límites de Atterberg los cuales son definidos como el rango de humedades en el que determinado suelo tiene un comportamiento plástico. En un principio se presentaron fases generales como estado líquido, semilíquido, plástico, semisólido y sólido; y no existían criterios estrictos para distinguir sus fronteras [...] por lo que se optó por distinguirlos mediante las fronteras convencionales denominadas por Atterberg, por ejemplo, la frontera entre el estado semilíquido y plástico estuvo denominada como límite líquido [...] Así mismo llamó límite plástico a la frontera del estado plástico y semisólido [...] y a la diferencia de ambos límites de consistencia lo denominó índice de plasticidad que está relacionado como los parámetros de humedad dentro del cual el suelo se mantiene plástico.³²

²⁹ (MANUAL DE CARRETERAS: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2013 pág. 29)

³⁰ (MINISTERIO de vivienda y urbanismo - Chile, 2018 pág. 15)

³¹ (JUÁREZ, y otros, 2005 pág. 129)

³² (JUÁREZ, y otros, 2005 pág. 130)

Tabla 5: Clasificación de suelos Índice de Plasticidad.

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos.
IP ≤ 20 IP > 7	Media	Suelos arcillosos.
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad.
IP = 0	No plástico (NP)	Suelos extensos de arcilla.

Fuente: Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013) p. 43.

Así mismo es indispensable identificar y clasificar los *suelos* mediante los sistemas *SUCS* (Sistema unificado de clasificación de suelos) y *AASHTO* (American Association of State Highway and Transportation Officials) teniendo en cuenta los tamaños de sus partículas que se obtienen a través del ensayo granulométrico por tamizado, con la finalidad de conocer las características del terreno a evaluar. Los suelos gruesos son retenidos en tamiz N° 200, mientras que los finos pasan dicho tamiz, así mismo son finos cuando más del 50% pasa el tamiz N° 200, y si se retiene es grueso.³³

Tabla 6: Simbologías de suelos granulares de la clasificación *SUCS*.

G	Grava	El 50% o más es retenido en el T4.		
S	Arena	Si más del 50% pasa el T4.		
W	Bien gradado	P	Mal gradado	Depende del Cu y Cc.
M	Limoso	C	Arcilloso	Depende de WL y el IP.

Fuente: Duque y Escobar (2003) p. 1.

³³ (DUQUE, y otros, 2003 pág. 1)

Tabla 7: Simbologías de suelos finos de la clasificación SUCS.

Prefijo		Sufijos		
M	Limo	L	Baja plasticidad (WL<50%)	En la Carta de Plasticidad L y H están separados por la línea B.
C	Arcilla	H	Alta plasticidad (WL>50%)	
O	Orgánicos	Se debe reportar este suelo.		Suelos por debajo de la línea A.

Fuente: Duque y Escobar (2003) p. 1.

La simbología de finos se basa en los límites de Atterberg.

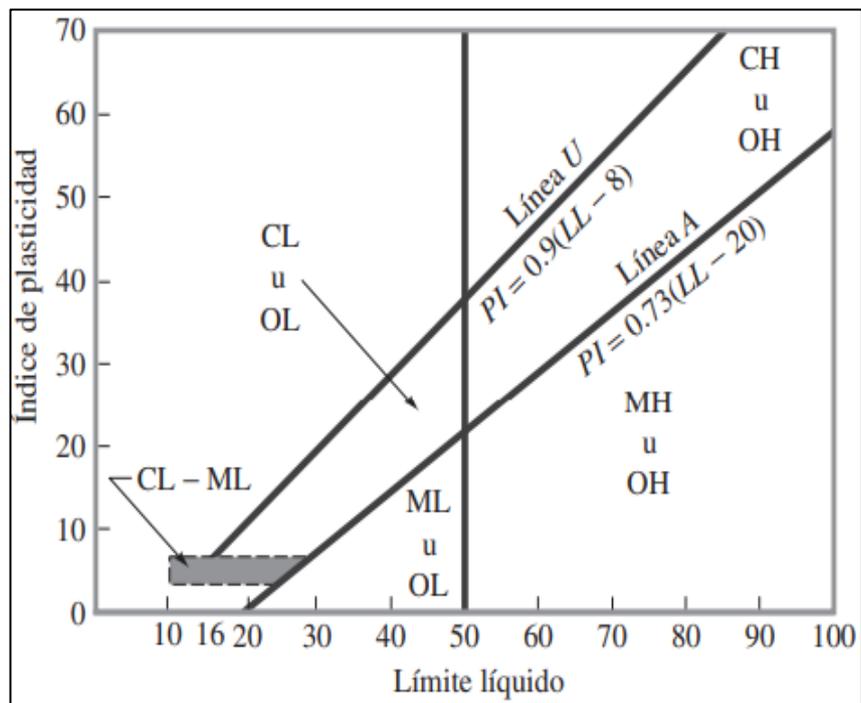


Figura 11: Carta de plasticidad - Rangos del límite líquido e índice de plasticidad.

Tabla 8: Nombres típicos de los materiales.

GRUPO	NOMBRES TÍPICOS DEL MATERIAL
GW	Grava bien gradada, mezclas gravosas, poco o ningún fino.
GP	Grava mal gradada, mezclas grava-arena, poco o ningún fino.
GM	Grava limosa, mezclas grava, arena, limo.
GC	Grava arcillosa, mezclas gravo-arena arcillosas.
SW	Arena bien gradada.
SP	Arena mal gradada, arenas gravosas, poco o ningún fino.
SM	Arenas limosas, mezcla arena-arcilla.
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limo arcilloso, arenas finas limosas.
CL	Arcillosas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcilla arenosa y limosa.
OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos.
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas.
OH	Arcillosas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.
Pt	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos.

Fuente: Duque y Escobar (2003) p. 4.

Por otro lado, tenemos el sistema de clasificación *AASHTO*, que es el sistema del Departamento de Caminos de U.S.A., introducido en 1929 y adoptado por la “American Association of State Highway Officials” y es usado especialmente para la construcción de vías, especialmente para subrasantes y terraplenes.³⁴

³⁴ (DUQUE, y otros, 2003 pág. 6)

Tabla 9: Clasificación AASHTO.

Clasificación General		Materiales granulares 35% o menos pasan la malla 200							Materiales limosos y arcillosos más del 35% pasa la malla No 200						
Grupos		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7			
		A-1-a	a-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6		
Análisis por mallas.	10	50 Max													
% que pasa la malla	40	30 Max	50 Max	51 Min											
No	200	15Max	25 Max	10 Max	35 Max	35 Max	35 Max	35 Max	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min		
Característica de la fracción que pasa la malla 40	LL			40 Max		41 Min		40 Max		41 Min		40 Max		41 Min	
Índice de grupo	LP	6 Max	6 Max	NP	10 Max	10Max	11 Min	11 Min	10 Max	10 Max	11 Min	11 Min	11 Min		
		0	0	0	0	4 Max	8 Max	4 Max	8 Max	12 Max	16 Max	20 Max	20 Max		
Tipo usual de materiales constituyentes		Piedra Grava Arena		Arena	Arena limosa o arcillosa, arena				Suelos limosos		Suelos arcillosos				
Comportamiento general como subbase		EXELENTE A BUENO					ACEPTABLE A MALO								

Nota: En la división A-7, cuando IP > 30, el grupo A-7-5. Si el IP < 30 el grupo es A-7-6

Fuente: Duque y Escobar (2003) p. 6.

Tabla 10: Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS.

Clasificación de Suelos AASTHO (AASHTO M-145)	Clasificación de Suelos SUCS ASTM – D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013) p. 45.

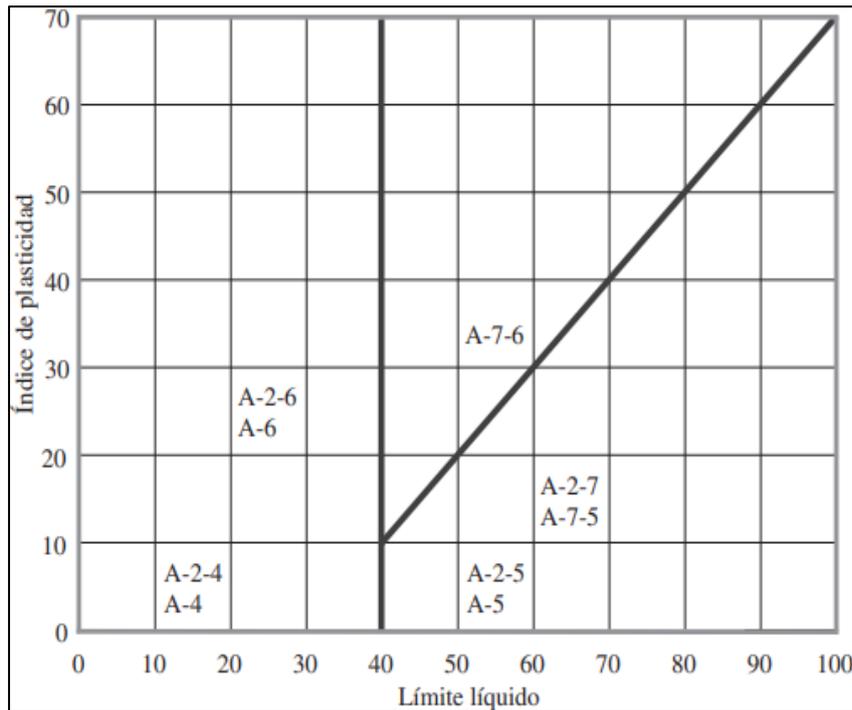


Figura 12: Rangos del límite líquido e índice de plasticidad para suelos AASHTO.

Así mismo, el fin de identificar y clasificar los suelos es determinar las características del terreno y así poder establecer si el presente terreno no perjudica la resistencia del proyecto, y en caso de afectar se reemplazará o mejorará el suelo.³⁵

A la vez la preparación de la subrasante en estado natural consiste en escarificar 0.20m del suelo, aplicando uniformemente y controlado en todo el ancho y longitud de la zona a trabajar.³⁶

Por otro lado, también se suele realizar una preparación mejorada de la subrasante mediante el reemplazo del material cuando el proyecto lo especifique, utilizar geotextiles que cumplan las densidades, anchos sobre la subrasante y longitudes especificados en el proyecto, tal que cumplan con los requerimientos implantados por las Especificaciones Técnicas del proyecto.³⁷

³⁵ (MINISTERIO de vivienda y urbanismo - Chile, 2018 pág. 16)

³⁶ (MINISTERIO de vivienda y urbanismo - Chile, 2018 pág. 16)

³⁷ (MINISTERIO de vivienda y urbanismo - Chile, 2018 pág. 17)

El mejoramiento de un suelo se realiza con el fin de aumentar sus propiedades físicas, debido a que son empleadas como materiales de relleno que tienen que cumplir controles de calidad y sobre todo cumplir parámetros de resistencia para ser considerados como terrenos idóneos para ser utilizados en diferentes tipos de proyectos de ingeniería. Así mismo es recomendable que los procedimientos a utilizar sean económicos y compatibles con el suelo a tratar, debido a que traen múltiples beneficios como el mejoramiento de la capacidad de soporte del terreno evaluado, aumentar la durabilidad, aumentar la impermeabilidad de los suelos, la reducción del polvo, la reducción de los espesores de los pavimentos y por lo tanto disminuye la aplicación de materiales y de los recursos económicos, obteniéndose infraestructuras de calidad a un bajo costo.



Figura 13: Mejoramiento de la subrasante.

A su vez la compactación del suelo consiste en mejorar sus propiedades a través de la energía mecánica, ello es logrado reduciendo la muestra obtenida en un estrato más pequeño y de esa manera aumentará su peso específico seco (dosificación). Así mismo Proctor implantó que el proceso de compactar un suelo está relacionado con la densidad del material, humedad y esfuerzo de

compactación. Permite aumentar la resistencia, disminuir vacíos del suelo brindándole una mayor estabilidad al terreno a tratar.³⁸

Por otro lado, después de la clasificación de suelos, se determinará la resistencia del suelo (CBR) que está definido como el 95% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 2.54 mm.³⁹

Tabla 11: *Parámetros de CBR para las categorías de la subrasante.*

Categorías de Subrasante	CBR
So= Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1= Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2= Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3= Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4= Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5= Subrasante Excelente	De CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013) p. 46.

Además, la subrasante debe tener una capacidad de soporte (CBR) $\geq 6\%$, y si es menor se lo considerará una subrasante inadecuada y se tendrá que estabilizar, mejorar o reemplazar el material, de acuerdo a los resultados del estudio realizado, además la subrasante debe estar sobre napa freática, mínimo 0.60m para una subrasante extraordinaria y muy buena, a 0.80m para una buena y regular, 1.00m para una pobre y a 1.20m para una inadecuada. Así mismo se debe implantar factores para seleccionar un tipo de estabilizador como las experiencias y disponibilidad del estabilizador que se va a aplicar.⁴⁰

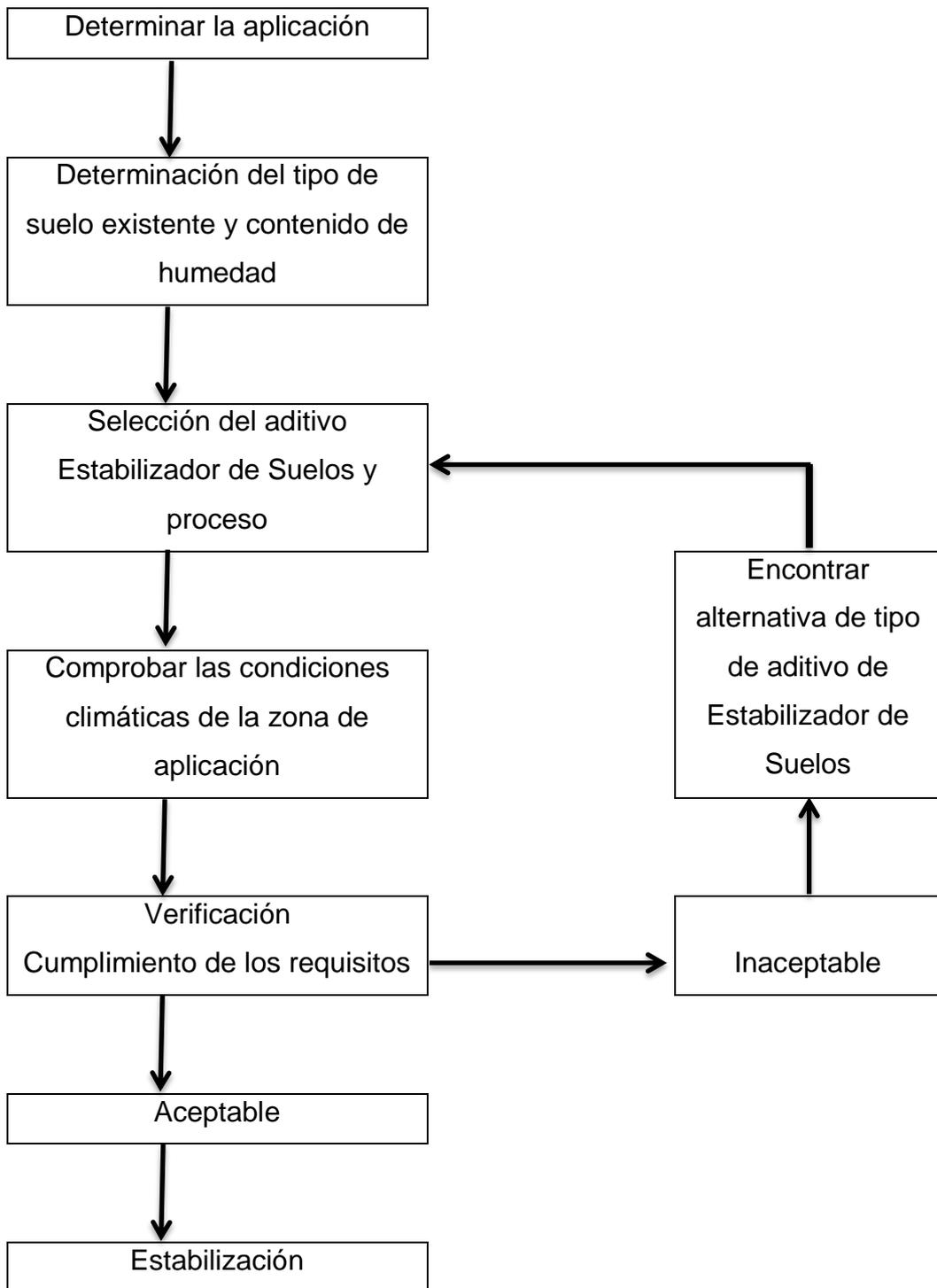
Así mismo, se debe seleccionar equipos adecuados, y sobre todo realizar los costos comparativos respecto al tipo de estabilizador o aditivo que se va a incorporar en el terreno a tratar.

³⁸ (TALLER X, 2018 pág. 5)

³⁹ (MANUAL DE CARRETERAS: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2013 pág. 45)

⁴⁰ (MANUAL DE CARRETERAS: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2013 pág. 114)

Tabla 12: *Proceso de selección del tipo de estabilización.*



Fuente: Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013) p. 116.

A continuación, se presentan los ensayos básicos tener en cuenta en el trabajo de investigación:

El **Ensayo de contenido de humedad (MTC E108)** se realiza con el fin de determinar en qué condición está el terreno en condición no saturado y saturado.

El **Ensayo de análisis granulométrico por tamizado (MTC E107)** se emplea el juego de tamices para determinar los porcentajes de grava gruesa (tamiz 3" a 3/4"), grava fina (tamiz 3/4" a N°4), arena gruesa (tamiz N° 4 a N° 10), arena media (tamiz N° 10 a N° 40), arena fina (tamiz N° 40 a N° 200) y los materiales finos (pasa el tamiz N° 200).

Tabla 13: Medidas de los tamices de malla cuadrada.

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75.000
2"	50.800
1 1/2"	38.100
1"	25.400
3/4"	19.000
3/8"	9.500
N° 4	4.760
N° 10	2.000
N° 20	0.840
N° 40	0.425
N° 60	0.260
N° 140	0.106
N° 200	0.075

Fuente: Manual de ensayo de materiales (2016) p. 45.

El **Ensayo del límite líquido de los suelos (MTC E110)** se realiza con la "copa de Casagrande" con el fin de determinar la humedad a los 25 golpes.

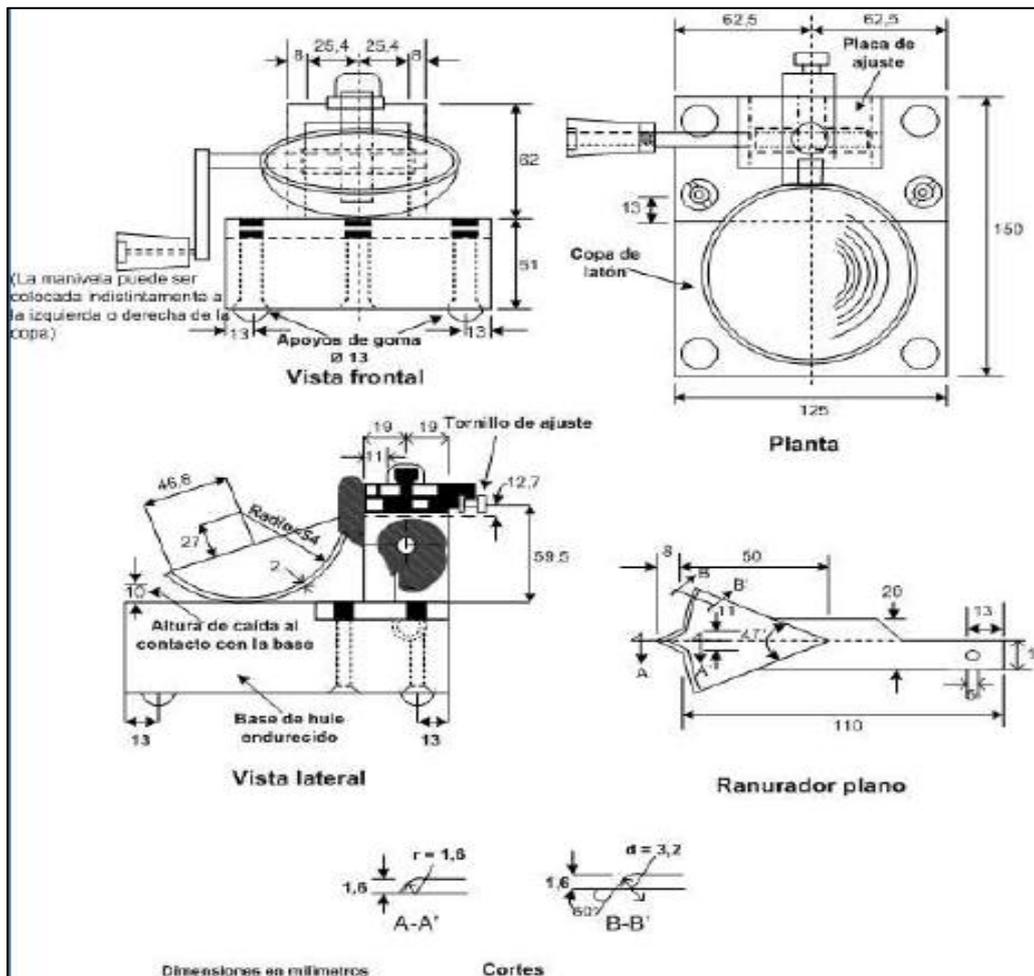


Figura 14: Aparato manual para el límite líquido.

El **Ensayo del límite plástico de los suelos (MTC E111)** es la humedad en el cual el suelo se quiebra tras formar rollitos de 3mm de diámetro. Tanto el límite líquido y plástico es utilizado para identificar y clasificar los suelos. Así mismo se calcula el índice de plasticidad que es expresado por la diferencia del límite líquido y plástico, en caso de no poderse determinar los límites tanto líquido como plástico se procederá a informar que la el índice de plasticidad será no plástico (NP).

El **Ensayo de compactación (Proctor Modificado) MTC E115** consistirá en la aplicación de una energía modificada de [2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)] con la finalidad de mejorar las propiedades del suelo como disminución de vacíos.

Se presentan 3 métodos (A, B y C). Por un lado, el método A, se emplea el material que pasa la malla N° 4, consta de un molde 4 pulgadas de diámetro, emplea 5 capas y 25 golpes por capa. Mientras que el método B, se emplea el material que pasa la malla 3/8", consta de un molde 4 pulgadas de diámetro, emplea 5 capas y 25 golpes por capa. Finalmente, el método C, se emplea el material que pasa la malla 3/4", consta de un molde 6 pulgadas, emplea 5 capas y 56 golpes por capa.

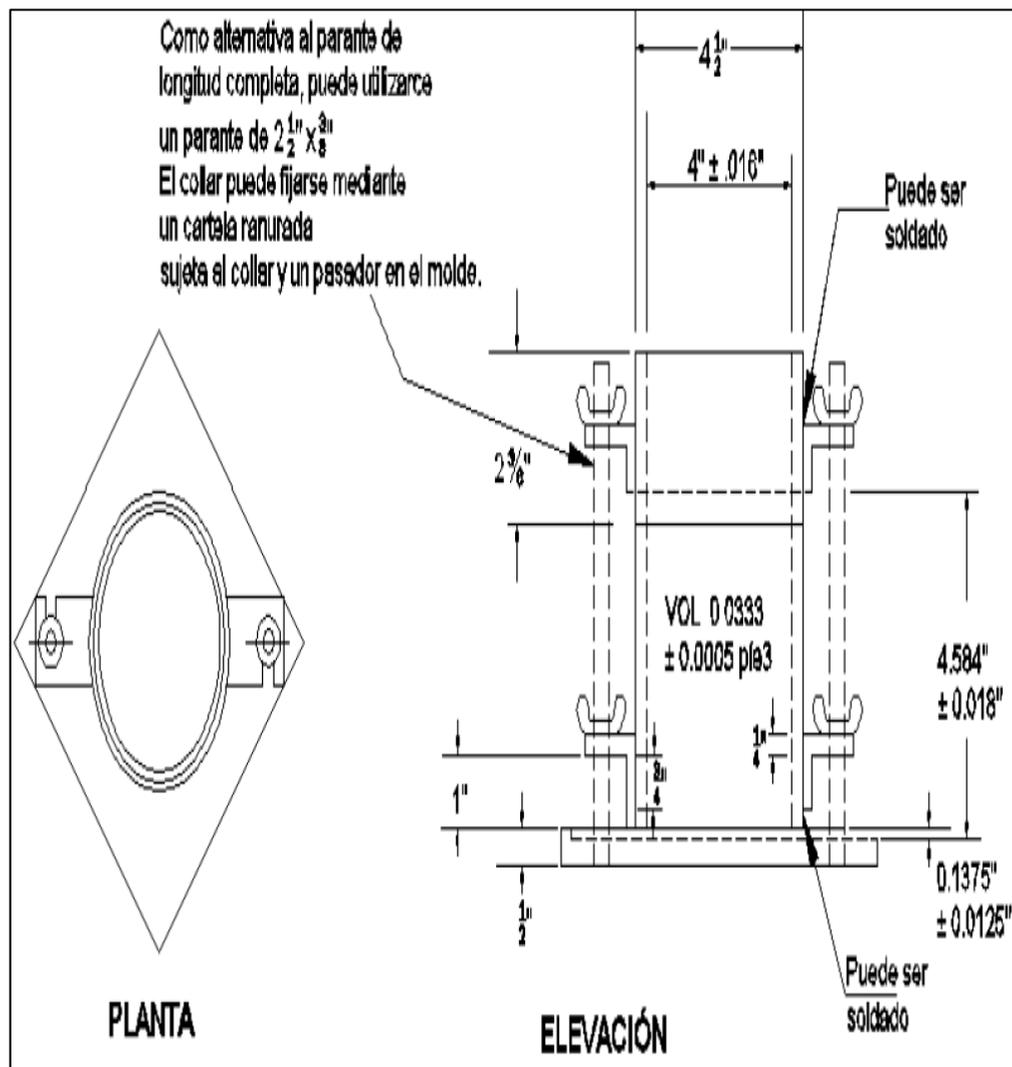


Figura 15: Molde cilíndrico de 4.0 pulgadas.

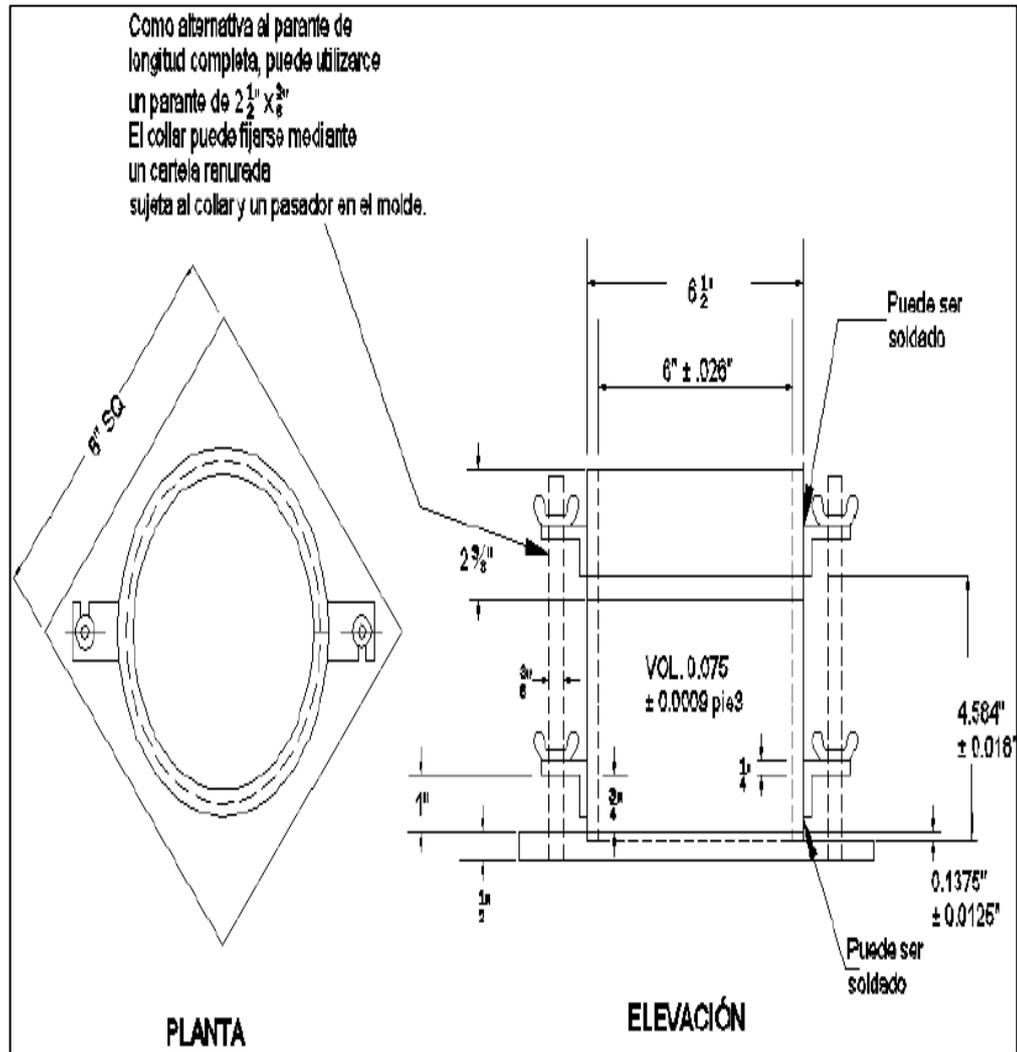


Figura 16: Molde cilíndrico de 6.0 pulgadas.

El **Ensayo de CBR (California Bearing Ratio) MTC E132** es empleada para analizar la resistencia potencial de la subrasante. La relación CBR es determinada para 0.1 pulgadas y 0.2 pulgadas de penetración, es decir, para el esfuerzo de 1000 libras y 1500 libras por pulgadas cuadradas en el patrón, respectivamente. Las muestras son sumergidas en el agua hasta obtener su saturación. Los ensayos de CBR se pueden efectuar sobre muestras compactadas en el laboratorio, sobre muestras inalteradas obtenidas en el terreno y sobre suelos en sitio.

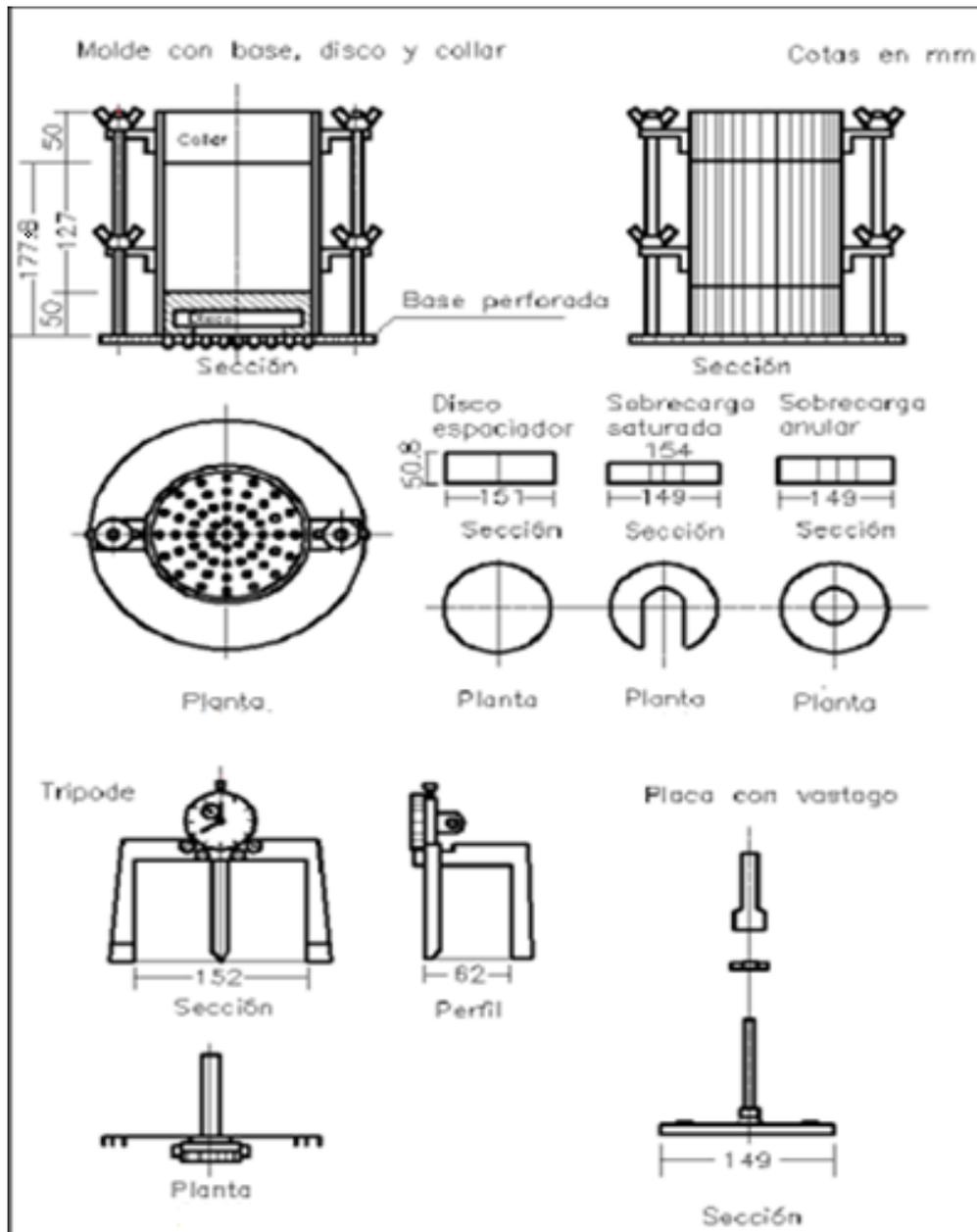


Figura 17: Molde de metal cilíndrico de 6.0 pulgadas para ensayo de CBR.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

La investigación aplicada requiere un marco, es decir, seleccionar teorías en cual exponen definiciones centrales y sus rasgos contextuales de acuerdo a la problemática identificada.⁴¹ La investigación será de **tipo aplicada** debido a que parte de los antecedentes que se realizaron en otras investigaciones.

A su vez un diseño experimental implanta relaciones de causa y efecto, así mismo descubre, comprueba, niega o confirma teorías.⁴² El proyecto está basado en un **diseño experimental** ya se está manipulando la variable dependiente (Mejoramiento de la subrasante) que consiste en asignar porcentajes de incorporación de caucho en polvo a las futuras muestras obtenidas.

Así mismo los diseños cuasiexperimentales consisten en manipular una variable independiente con el fin de observar el efecto que representa sobre las variables dependientes.⁴³ Además, consta de un **diseño cuasiexperimental**, que es derivado del diseño experimental, ya que el investigador definirá el lugar de donde se extraerá la muestra a evaluar.

La investigación implica averiguar las causas de las cosas y hechos de la realidad, respondiendo preguntas fundamentales con la finalidad de conocer el porqué de los sucesos.⁴⁴ La investigación es de **nivel explicativo** debido a que va a determinar a través de resultados el mejoramiento de la subrasante tras la incorporación del caucho en polvo, y se explicarán detalladamente los procedimientos empleados.

Por otro lado, el enfoque cuantitativo de la investigación está relacionado con la cantidad y utiliza principalmente las mediciones y cálculos.⁴⁵ La investigación es de **enfoque cuantitativo** ya que parte de una hipótesis cuyo resultado será

⁴¹ (VARGAS , 2009 pág. 7)

⁴² (NIÑO, 2011 pág. 34)

⁴³ (HERNÁNDEZ, y otros, 2014 pág. 184)

⁴⁴ (NIÑO, 2011 pág. 35)

⁴⁵ (NIÑO, 2011 pág. 31)

representado numéricamente, es decir, en cuanto mejorará la plasticidad, compactación y resistencia de la subrasante.

3.2. Variables y operacionalización:

Variable independiente:

Caucho en polvo

Variable dependiente:

Mejoramiento de la subrasante

3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

La población se constituye por una totalidad de elementos que conforman el ámbito de la investigación.⁴⁶

La población del proyecto de investigación está conformada por la Avenida Tantamayo del Distrito de San Martín de Porres - Lima.

Muestra:

La muestra es una representación de la población, que es seleccionada con la finalidad de estudiar las características de una población total.⁴⁷

La muestra está conformada por 790m de la subrasante de la Av. Tantamayo desde la progresiva 1+040km referencia Grifo Virrey hasta la progresiva 1+830km referencia Mercado Tantamayo Chuquitanta. Debido a que la zona en estudio pertenece a una vía colectora y está dentro de una urbanización entonces se ha tenido en consideración aplicar la Norma Técnica CE. 010 – Pavimentos Urbanos, con el fin de obtener el número de calicatas que se va aplicar en la avenida a evaluar. “Las vías colectoras son aquellas que sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales, dando servicio tanto al tránsito vehicular, como acceso hacia las propiedades adyacentes, así mismo el flujo de tránsito es

⁴⁶ (NIÑO, 2011 pág. 56)

⁴⁷ (NIÑO, 2011 pág. 56)

interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas cuando empalman con vías arteriales y con controles simples con señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales”. [48]

En la Av. Tantamayo cuadra 5, se evaluará un ancho de calzada de 6.60m y una longitud total de 790m. Seguidamente se procede a emplear la siguiente tabla establecida por la Norma Técnica CE. 010 – Pavimentos Urbanos, con la finalidad de dar a conocer los números de puntos de investigación a tener en cuenta para cada tipo de vía de acuerdo al área que se evaluará.

Tabla 14: *Números de puntos de investigación.*

TIPO DE VÍA	NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA M2
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

Fuente: Norma CE. 010 – Pavimentos Urbanos (2010) p. 14.

En síntesis, en una vía colectoras se realiza 1 calicata cada 3000m² y la Av. Tantamayo tiene un área de 5214m² y, por lo tanto, se ejecutarán dos calicatas de 1.50m de profundidad en la parte inicial y final de las progresivas por ser las zonas que presentan mayores problemas en la subrasante.

Muestreo:

El muestreo se define como la técnica mediante el cual se calcula la muestra de la población.⁴⁹

El muestreo será de tipo no probabilístico debido a que la muestra está delimitada por el investigador, es decir, no se escogió al azar. Se escogió la zona más afectada para la obtención de las muestras.

⁴⁸ (NORMA TÉCNICA CE. 010 Pavimentos Urbanos, 2010 pág. 38)

⁴⁹ (NIÑO, 2011 pág. 57)

Unidad de análisis:

La unidad de análisis está conformada por una vía colectora y de acuerdo a la norma técnica CE. 010 - Pavimentos se tendrán que realizar dos calicatas de 1.50m profundidad.

3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad

La **técnica** se entiende como la actividad que implica la investigación, son llamados también métodos o como el instrumento que se aplicará a la investigación.⁵⁰ Así mismo la observación nos permite tener conocimiento del mundo cotidiano y evadir sus peligros y solventar sus necesidades.⁵¹

La técnica aplicada en el proyecto de investigación será la observación, debido a que es el método más confiable que acerca a la verdad.

Los **Instrumentos de recolección de datos** son considerados como apoyo de la técnica con la finalidad de que cumpla con su propósito.⁵²

En cada variable se aplicarán diversos instrumentos, como ensayos efectuados en laboratorio con el fin de obtener resultados confiables en cuanto a los diferentes ensayos mencionados anteriormente para poder determinar el comportamiento del caucho en polvo en el mejoramiento de la subrasante de la Av. Tantamayo cuadra 5.

La **validez** está relacionada con el grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir.⁵³

El proyecto de investigación será validado por el juicio de especialistas en el campo de la Ingeniería Civil, que consistirá en validar los instrumentos que se aplicarán en el desarrollo de los ensayos de laboratorio, y a través de la obtención

⁵⁰ (NIÑO, 2011 pág. 30)

⁵¹ (NIÑO, 2011 pág. 62)

⁵² (BAENA, 2017 pág. 83)

⁵³ (HERNÁNDEZ, y otros, 2014 pág. 233)

las firmas de tres especialistas en el tema se dará mayor consistencia a los instrumentos propuestos.

La **confiabilidad** se define como el “grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes”. [54]

En el proyecto de investigación, está relacionado con la calibración de los equipos empleados en los ensayos de laboratorio, con el fin de garantizar de que los resultados obtenidos en los ensayos son los más exactos posibles y a la vez son confiables.

3.5. Procedimientos

Para el terreno en estado natural, se tomará una muestra por cada calicata que se va a ejecutar en el proyecto, con el fin de determinar el contenido de humedad de la muestra, análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg y posterior a ello se procederá a clasificar el suelo por los métodos SUCS y AASHTO. Seguidamente se realizará la compactación del suelo con una energía modificada (Proctor Modificado) para determinar los valores de la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad y finalmente se realizará el ensayo del CBR para determinar el porcentaje del índice de resistencia del suelo en estado natural. Por otro lado se tendrá el terreno tratado, que consistirá en la incorporación del caucho en polvo a la muestra, se comenzará realizando los límites de Atterberg para determinar de qué manera afectará la plasticidad del suelo, seguidamente se realizará la compactación del suelo con una energía modificada (Proctor Modificado) con la incorporación de las diferentes dosificaciones del caucho en polvo (3%, 5% y 7%) con el fin de calcular los nuevos valores de la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad. Finalmente, se calculará el CBR del terreno tratado con la incorporación de las diferentes dosificaciones del caucho en polvo (3%, 5% y 7%) para determinar la resistencia del terreno tratado.

⁵⁴ (HERNÁNDEZ, y otros, 2014 pág. 233)

3.6. Método de análisis de datos

Las investigaciones requieren procesamientos de informaciones claras, comprensibles y efectivos con el fin de poder interpretar la realidad que se está investigando y poder obtener resultados idóneos.⁵⁵

En la presente investigación se realizarán los ensayos de contenido de humedad de un suelo, análisis granulométrico de suelos por tamizado, límite líquido de los suelos (LL), límite plástico de los suelos (LP) e índice de plasticidad (IP), Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) y finalmente el ensayo de CBR de los suelos (laboratorio). A continuación, se detallará como se llevará a cabo cada ensayo de manera sintetizada siguiendo rigurosamente el Manual de Ensayos de Materiales 2016 establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

⁵⁵ (BAENA, 2017 pág. 125)

Tabla 15: Método de análisis de datos.

Núm.	NOMBRE DE ENSAYO	DURACIÓN	PROCEDIMIENTO
1	Ensayo de contenido de humedad ASTM D 2216 (MTC E108)	1 SEMANA	Presentar la muestra en una bandeja y cuartearla, colocar la muestra en un recipiente previamente pesada y anotar los datos de peso suelo húmedo más recipiente en un formato dado, seguidamente colocar en el horno eléctrico durante 24 horas de secado, después anotar el peso de suelo seco más recipiente. Repetir este ensayo por lo menos dos veces para obtener el promedio de los contenidos de humedades de ambos ensayos.
2	Ensayo de análisis granulométrico por tamizado ASTM D 422 (MTC E107)	1 SEMANA	La muestra debe estar seca, para poder registrar el peso de suelo seco de un cuarteo, al tratarse de una arcilla se dejará remojar en el agua potable para ablandar las partículas arcillosas y con la mano se desmenuzará el suelo, se lavará las partículas arenosas por el caño de laboratorio, y se dejará pasar por la malla N° 200 (0.075mm) para parte de finos limosa y arcillosa, cuando se observa que las partículas arenosas están limpias y el agua es transparente, se coloca al pocillo para secar las partículas arenosas al horno eléctrico durante 18 horas, después de secado y enfriado se pesa las partículas arenosas y se pasa al juego de tamices para colocarlo en el agitador. Seguidamente se toman los pesos retenidos en cada malla utilizada y se anotan los datos. Finalmente, en la hoja de cálculos, se debe tener cuidado al calcular los pesos retenidos con el peso antes de lavar por la malla, y poder determinar el porcentaje retenido y el porcentaje que pasa la malla N°200.

3	<p>Determinación del Límite líquido de los suelos MTC E110</p>	1 SEMANA	<p>En una muestra de suelo secado al aire, desmenuzar con un mortero las partículas sólidas y pasarlo por el tamiz N° 40(0.425mm). Para el límite líquido se remoja la muestra para que se sature, ya que se trata de arcilla, se satura durante una noche para que al día siguiente esta muestra se coloque en la copa paralelo a la base de caucho de la copa y se acanala dejando dos taludes iguales y se procede a accionar la copa dos golpes por segundo hasta que se junte los taludes en el fondo de la copa a una separación de 1cm, se anota los números de golpes. Se observa los tres puntos en el gráfico y se traza una línea entre estos, seguidamente se lee a 25 golpes de la gráfica el límite líquido.</p>
4	<p>Determinación del límite plástico (L.P) de los suelos e índice de plasticidad (I.P) MTC E111</p>	1 SEMANA	<p>Para determinar el límite plástico, se amasa el suelo para obtener rollitos de 3mm de diámetro (1/8") hasta que se agriete el bastoncito y se registra el peso del suelo húmedo más recipiente en duplicado para obtener el límite plástico que está en función de los promedios de los contenidos de humedades. Seguidamente se calcula el índice de plasticidad, que consiste en la diferencia del límite líquido y límite plástico. Seguido a ello se procede a clasificar el suelo por los métodos SUCS y AASHTO.</p>
5	<p>Ensayo de Compactación (Proctor Modificado) ASTM D 1557 (MTC E115)</p>	1 SEMANA	<p>La muestra se seca al aire y se tamiza por la malla N° 4(4.75mm) todo el material, para pesar cuatro bandejas con seis kilos cada uno, remojar con agua calculada de 6%, 8%, 10% y 12% al suelo, dejarlo saturar una noche en bolsa plástica herméticamente sellada, luego de este tiempo se presenta, en una bandeja, el suelo saturado (6%, 8%, 10% y 12%) para iniciar con la compactación en un molde cilíndrico indicado, en 5 capas con 56 golpes por capa, en la última capa exceder un poco sobre la altura del molde para enrasar la muestra y registrar el peso del</p>

			molde más suelo compactado en un formato ya establecido, extraer el espécimen con un extractor de muestra y tomar el contenido de humedad de cada muestra extraída, tomar el peso del molde y medir el diámetro y altura del molde cilíndrico para calcular el volumen del molde de compactación. Finalmente se grafica la curva de compactación ploteando en la vertical la densidad seca y horizontal el contenido de humedad, obteniendo así la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.
6	Ensayo California Bearing Ratio (CBR) ASTM D 1883 (MTC E132)	1 SEMANA	Mezclar la muestra y agua para llegar al óptimo contenido de humedad, compactación de la muestra de suelo en cinco capas con diferentes números de golpes por capas (56, 25 y 10 golpes por capa), tomar el dato de suelo compactado más molde, colocar el molde sobre base perforada con papel filtro en la base y parte superior de la muestra, colocar las pesas anular (10 lbs) de sobrecarga a cada molde compactado y sumergirlo en poza de saturación durante cuatro días e instalar el deformímetro para registrar posibles expansiones, luego escurrir el molde más muestra saturada y colocarlo en la prensa para registrar las lecturas del dial contra la penetración en pulgadas a una velocidad de aplicación de 0.05 pulgadas por minuto. Finalmente graficar la carga en libras contra penetración en pulgadas para 56, 25 y 10 golpes por capa, corregir y obtener para 0.1 y 0.2 pulgadas de penetración los valores carga en libras corregidas y se grafica la densidad seca (56, 25 y 10 golpes por capa) contra el porcentaje de CBR de 0.1" y 0.2" y a 95% de máxima densidad seca se obtiene el índice de CBR.

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Aspectos éticos

El proyecto está realizado con mucha transparencia, compromiso, responsabilidad y sobre todo respeto por los antecedentes, citándose de manera adecuada ya que sirvieron como principal fuente de información. Por otro lado, el presente proyecto se elaboró guiándose la Norma Técnica CE. 010 Pavimentos Urbanos para establecer el número de calicatas a realizar de acuerdo a las características de la vía, así mismo se tomó como referencia el Manual de Ensayos de Materiales 2016 establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones con el fin de obtener resultados confiables durante el desarrollo de los diferentes ensayos propuestos.

IV. RESULTADOS

Nombre de la tesis:

Mejoramiento de la subrasante con la incorporación del caucho en polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

Ubicación:

Departamento : Lima
Provincia : Lima
Distrito : San Martín de Porres
Ubicación : Av. Tantamayo



Figura 18: Mapa de la Región Lima.



Figura 19: Mapa político del Perú.

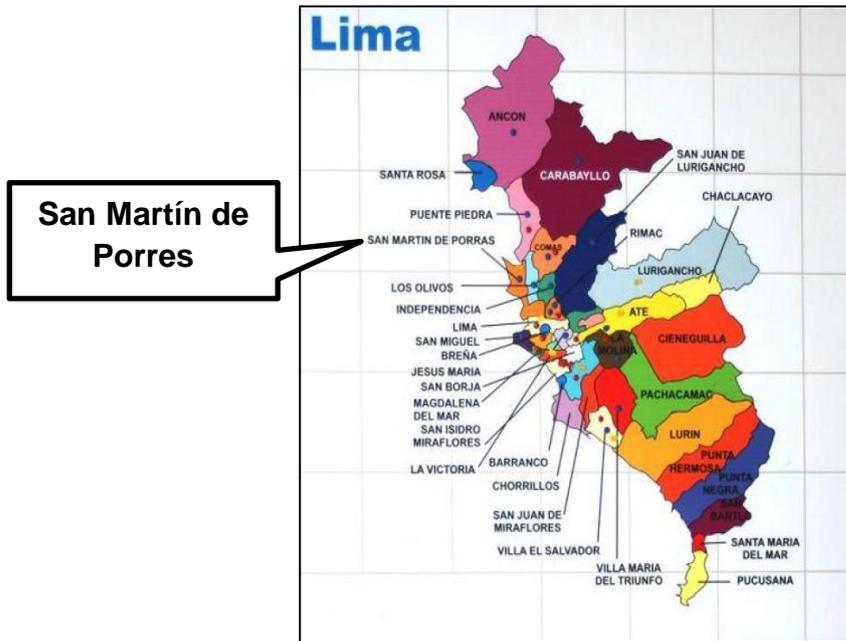


Figura 20: Mapa Distrital de Lima.

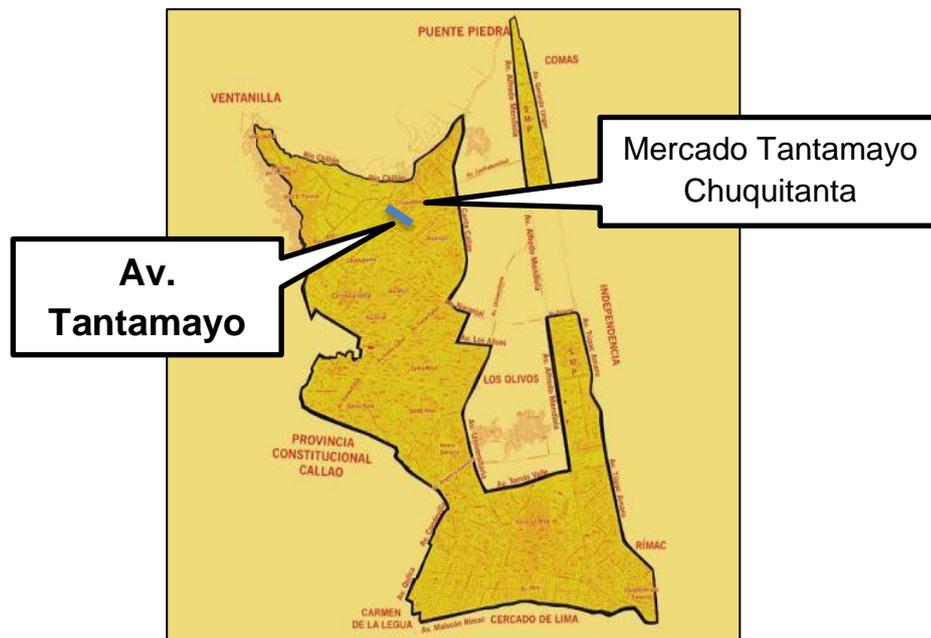


Figura 21: Mapa Distrital de San Martín de Porres.

Acceso a la zona de trabajo:

Para llegar a la zona de trabajo, se parte de la municipalidad Distrital de San Martín de Porres, Panamericana Norte, Av. Naranjal, hasta intersectar con la Av. Pacasmayo, para finalmente llegar a intersectar con la Av. Tantamayo.



Figura 22: Ruta de acceso.

Localización:

El presente trabajo se encuentra localizado en la Av. Tantamayo cuadra 5, desde la progresiva 1+040 km referencia grifo Virrey hasta la progresiva 1+830 km referencia Mercado Tantamayo Chuquitanta, teniendo una longitud total de 790m, con un ancho de calzada de 6.60m.

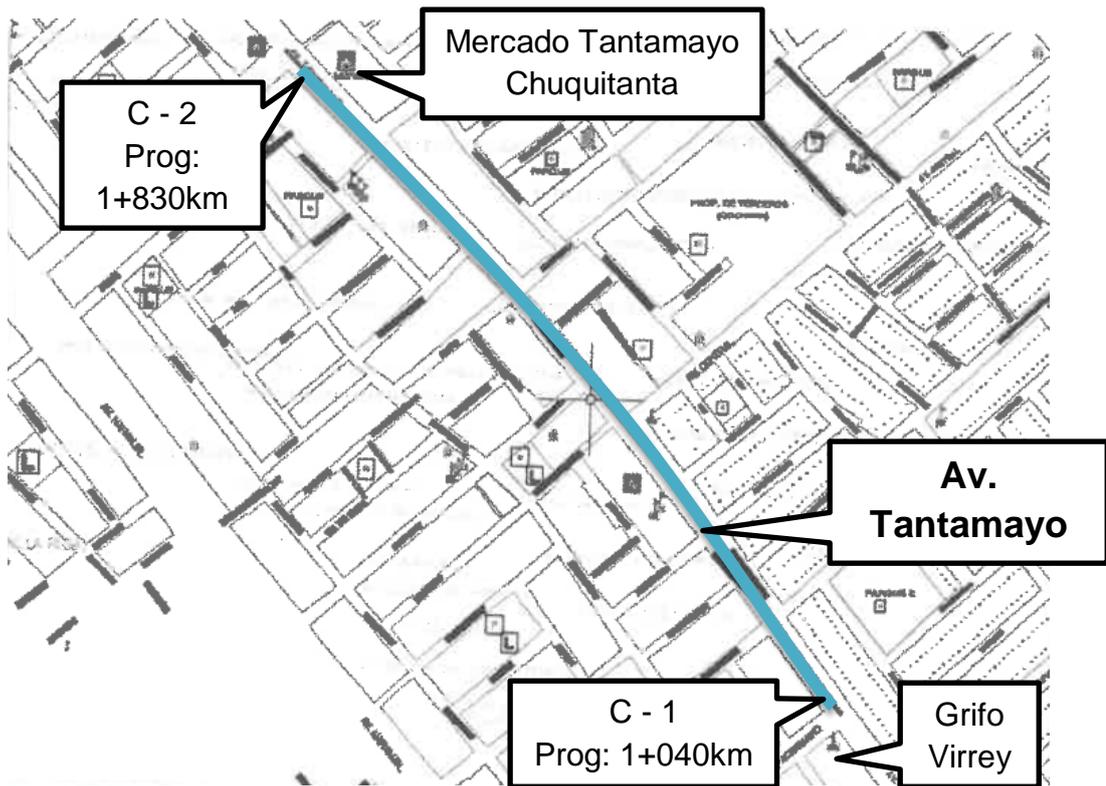


Figura 23: Localización del trabajo.

Los principales beneficiados en mejorar sus condiciones en su desplazamiento son los ciudadanos y transportistas de la zona que transitan diariamente por la Av. Tantamayo.

El presente estudio surge como resultado de una necesidad de mejoramiento de la Av. Tantamayo cuadra 5, con el fin de resolver la situación negativa que limita el desarrollo social, económico y urbano de la zona.

En relación al trabajo de campo, debido a que la Av. Tantamayo pertenece a una vía colectora y de acuerdo a la Norma Técnica CE. 010 – Pavimentos Urbanos especifica que cada 3000m² se realiza una calicata, y al tener un área total de 5214m² entonces se realizarán dos calicatas de 1.50m de profundidad tanto en la progresiva 1+040km referencia Grifo Virrey y en la progresiva 1+830km referencia Mercado Tantamayo Chuquitanta, obteniéndose los siguientes resultados.

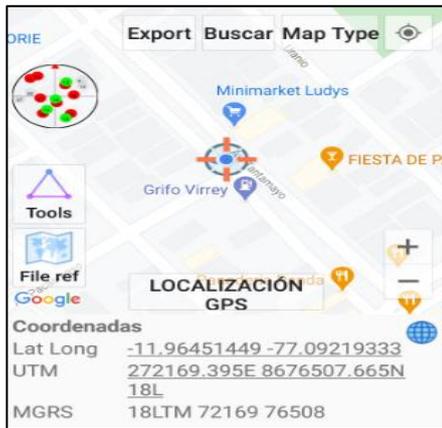


Figura 24: Localización GPS Calicata - 1.

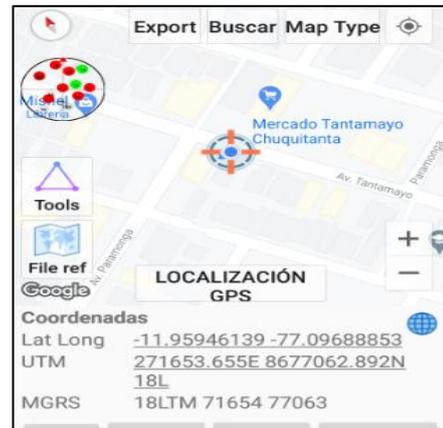


Figura 25: Localización GPS Calicata - 2.

Descripción Calicata - 1:

Progresiva: 1+040km
 Profundidad: 1.50m
 Dimensiones: 1.00m x 1.40m
 Orientación: Noroeste - Sureste
 Lado de vía: Izquierda



Figura 26: Calicata – 1.

Descripción Calicata - 2:

Progresiva: 1+830km
 Profundidad: 1.50m
 Dimensiones: 1.00m x 1.40m
 Orientación: Noroeste - Sureste
 Lado de vía: Derecha



Figura 27: Calicata – 2.

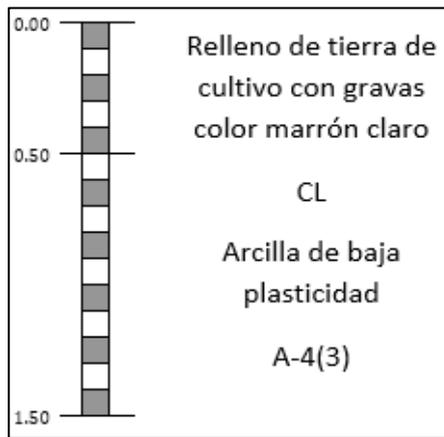


Figura 28: Perfil Estratigráfico Calicata - 1.

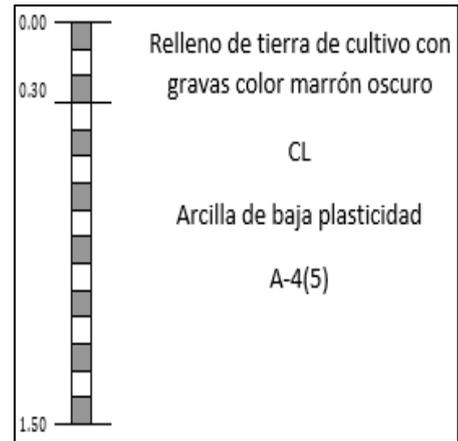


Figura 29: Perfil Estratigráfico Calicata - 2.

Seguidamente se procedió a llevar las muestras al laboratorio y realizar los ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, clasificación de suelos vía SUCS y AASHTO, Proctor Modificado y finalmente el CBR de las muestras en estado natural obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 16: Resultados de los ensayos en laboratorio de la muestra natural.

ENSAYOS		CALICATA #1	CALICATA #2
CONTENIDO DE HUMEDAD		14.90%	20.80%
LÍMITES DE ATTERBERG	Límite Líquido (LL)	23.20%	26.90%
	Límite Plástico (LP)	15.50%	18.20%
	Índice de Plasticidad (IP)	7.70%	8.70%
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	SUCS	CL (Arcilla de Baja Plasticidad)	CL (Arcilla de Baja Plasticidad)
	AASHTO	A-4(3)	A-4(5)
PROCTOR MODIFICADO	Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	18.90%	20.30%
	Máxima Densidad Seca (MDS)	1.768 g/cm ³	1.715 g/cm ³
California Bearing Ratio (CBR)		5.00%	4.70%

Fuente: Elaboración propia

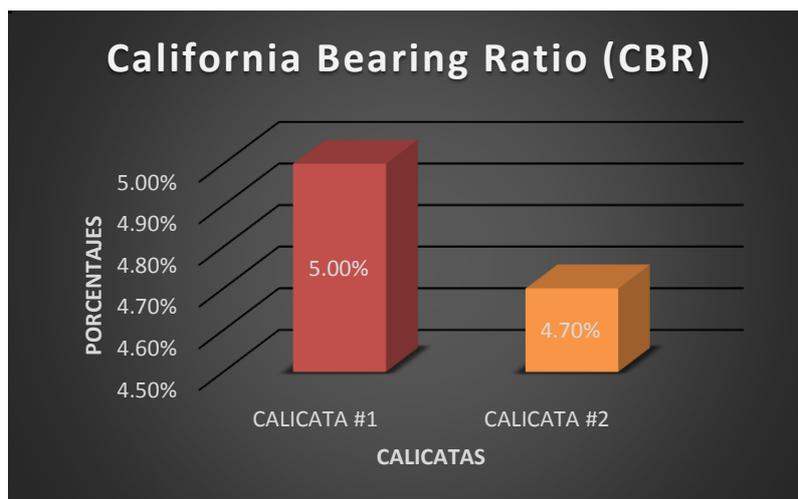


Figura 30: Comparación del CBR de las muestras en estado natural.

En síntesis, se puede evidenciar que, de ambas muestras, la que presenta una resistencia baja es la calicata #2 que tiene un CBR de 4.70% mientras que la calicata #1 presenta un CBR de 5.00%. Por lo tanto, la calicata #2 será la muestra patrón sobre los cuales se realizarán los ensayos de los Límites de Atterberg, Proctor Modificado y California Bearing Ratio (CBR) con la incorporación del caucho en polvo en porcentajes de 3%, 5% y 7% para finalmente comparar los resultados obtenidos de cada dosificación con el resultado de la muestra patrón y así poder determinar la influencia del caucho en polvo en la plasticidad, óptimo contenido de humedad, máxima densidad seca y resistencia de la subrasante en estudio.

Por otro lado, se consiguió el producto caucho en polvo en la Av. Huancaray cruce calle 30 – Santa Anita [Santa Anita 15011 (coordenadas: -12.036962, -76.951057)],

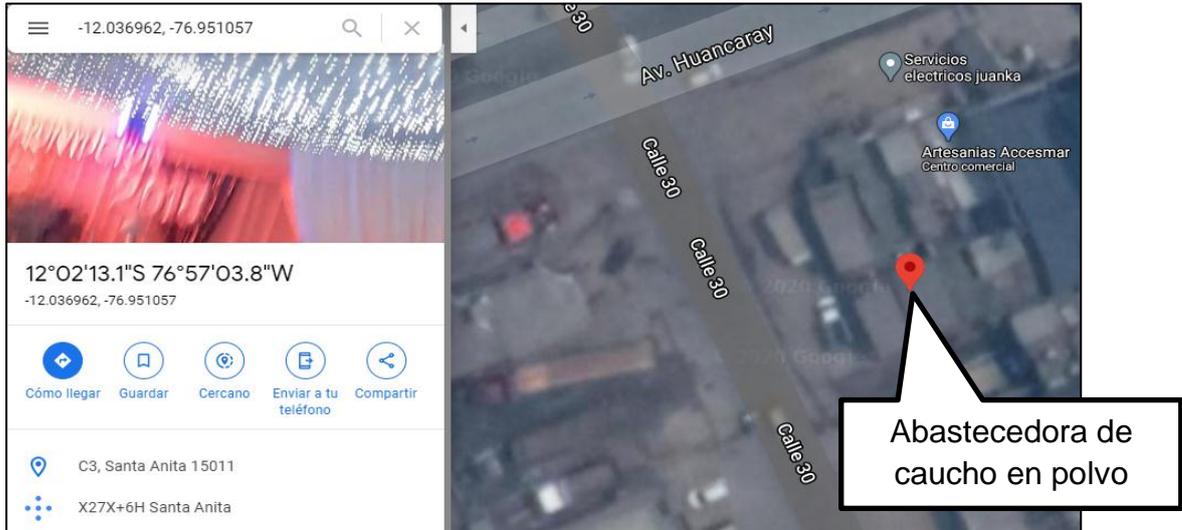


Figura 31: Localización del lugar a extraer el material caucho en polvo.



Figura 32: Recolección del material caucho en polvo.

Seguido a la recolección del caucho en polvo, se transportó el caucho en polvo hasta el laboratorio y se procedió a realizar los ensayos de los Límites de Atterberg, Proctor Modificado y California Bearing Ratio (CBR) incorporando a la muestra natural las dosificaciones de 3%, 5% y 7% de caucho en polvo.

Objetivo 1:

Establecer 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.

El California Bearing Ratio (CBR) mide la resistencia de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, así mismo establece una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad de soporte como base de sustentación para pavimentos flexibles.⁵⁶

Después de que se obtuvieron los resultados del Ensayo California Bearing Ratio (CBR) de la muestra en estado natural y haber identificado la calicata con la que se va a trabajar (calicata #2), se procederá a realizar nuevamente los Ensayos del CBR con la incorporación del caucho en polvo en dosificaciones de 3%, 5% y 7% con el fin de obtener los nuevos valores de resistencia en la subrasante.

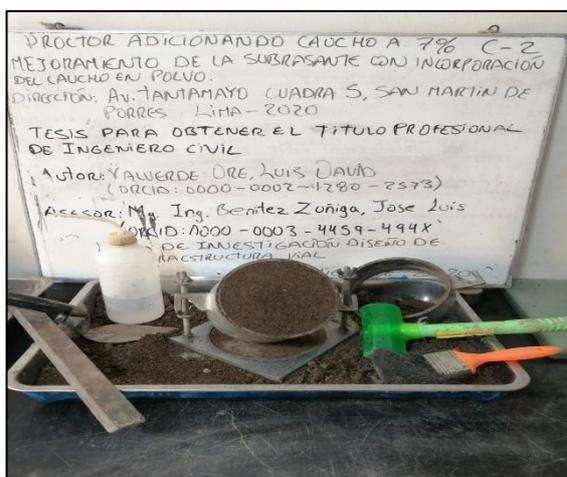


Figura 33: Equipos y materiales para el ensayo CBR incorporando caucho en polvo.

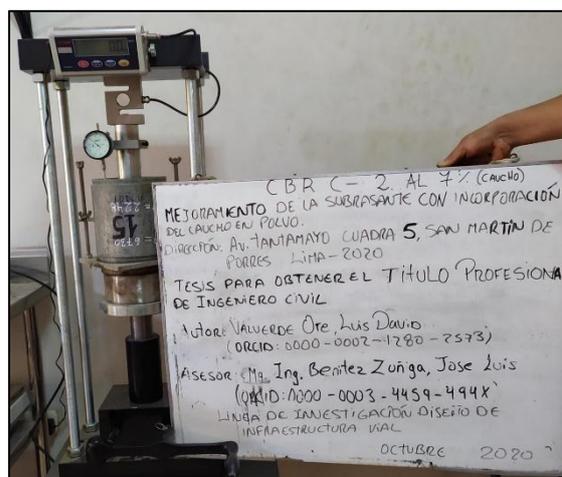


Figura 34: Ensayo CBR incorporando caucho en polvo.

⁵⁶ (BESKID, y otros, 2004 pág. 10)

Tabla 17. California Bearing Ratio (CBR) con la incorporación del caucho en polvo.

Calicata C - 2	CBR
Suelo Natural (SN)	4.70%
SN + 3% Caucho en polvo	4.50%
SN + 5% Caucho en polvo	4.40%
SN + 7% Caucho en polvo	4.20%

Fuente: Elaboración propia

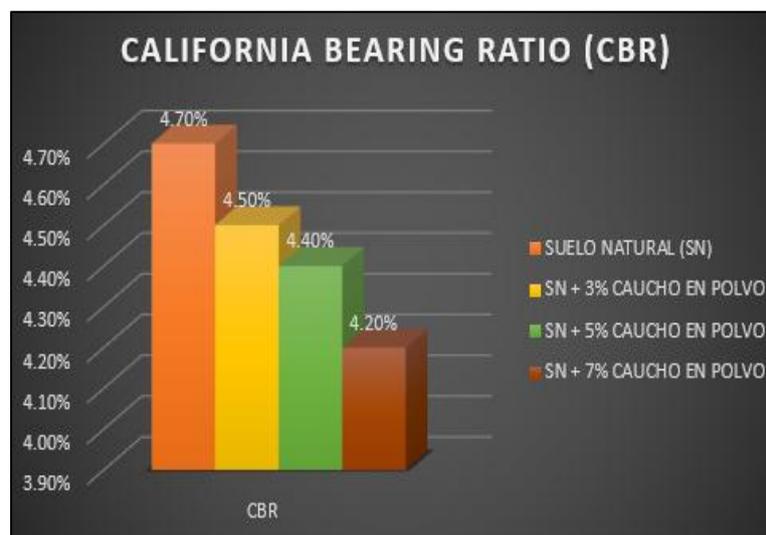


Figura 35: California Bearing Ratio (CBR) con la incorporación del caucho en polvo.

Interpretación. El California Bearing Ratio (CBR) es inversamente proporcional a la incorporación del caucho en polvo, es decir, mientras mayor porcentaje se incorpore de caucho en polvo a la muestra natural, se obtuvo menor resistencia, por ejemplo, al incorporar un 7% de caucho en polvo a la muestra natural se redujo el CBR de 4.70% a 4.20%.

Objetivo 2:

Determinar cómo influirá el caucho en polvo en la plasticidad de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

La plasticidad desempeña un rol muy importante en el suelo, eso lo comprobó los Límites de Atterberg, ya que consiste en medir la capacidad de retorno que éste tiene cuando están pasando las cargas dinámicas sobre el terreno.

Después de que se obtuvo los resultados de los Límites de Atterberg de la muestra en estado natural y haber identificado la calicata con la que se va a trabajar (calicata #2), se procede a realizar nuevamente los Límites de Atterberg con la incorporación del caucho en polvo en dosificaciones de 3%, 5% y 7% con el fin de determinar la nueva plasticidad en la subrasante.

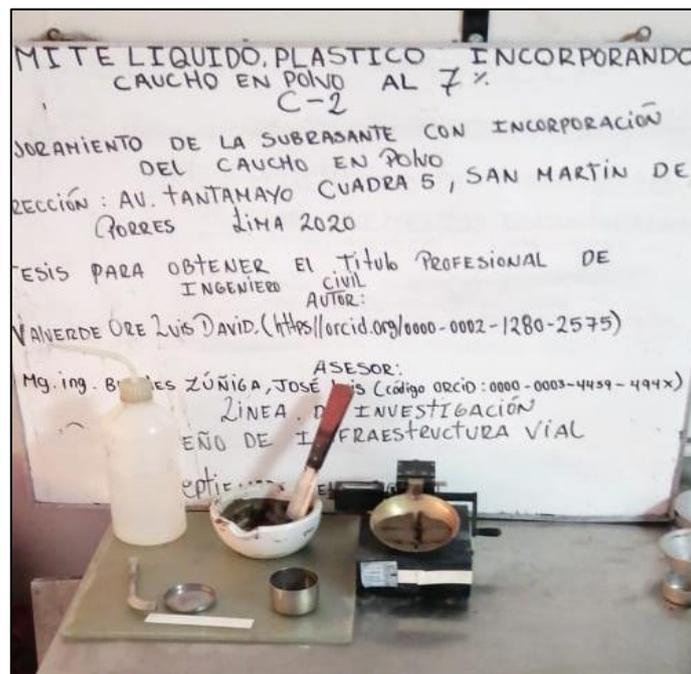


Figura 36: Ensayo de los Límite de Atterberg incorporando caucho en polvo.

Tabla 18: *Plasticidad con la incorporación del caucho en polvo.*

Calicata C - 2	Límite Líquido	Limite Plástico	Índice de Plasticidad
Suelo Natural (SN)	26.90%	18.20%	8.70%
SN + 3% Caucho en polvo	21.40%	16.60%	4.80%
SN + 5% Caucho en polvo	23.30%	20.30%	3.00%
SN + 7% Caucho en polvo	23.30%	20.40%	2.90%

Fuente: Elaboración propia

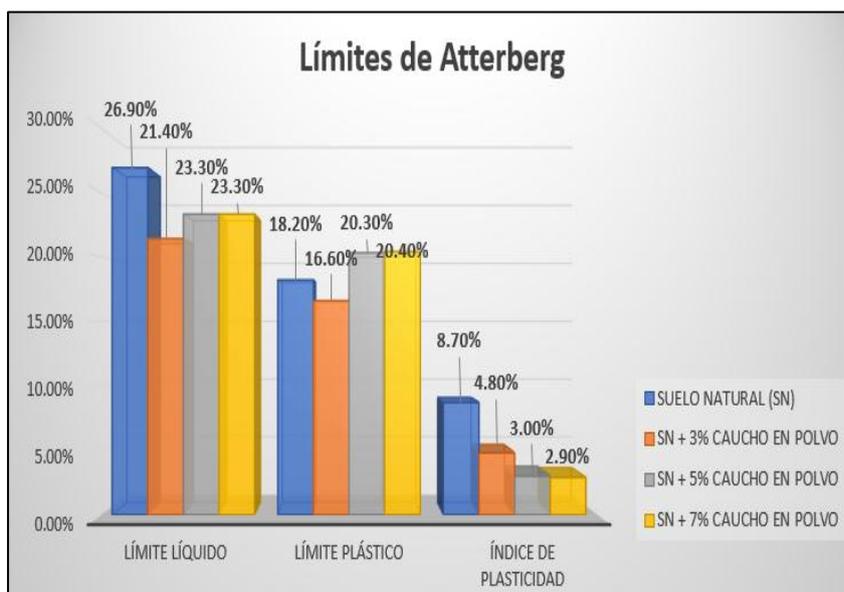


Figura 37: *Plasticidad con la incorporación del caucho en polvo.*

Interpretación: Los ensayos de Límites de Atterberg con la incorporación de las diferentes dosificaciones del caucho en polvo mostraron resultados positivos para un tipo de suelo CL (arcilla de baja plasticidad) ya que se redujo el índice de plasticidad (IP) de la muestra natural. Inicialmente se tuvo como resultado que el IP de la calicata #2 fue de 8.70%, sin embargo, al incorporar mayor porcentaje de caucho en polvo se puede evidenciar una reducción del IP de la muestra natural, tal es el caso que incorporando un 7% de caucho en polvo se redujo el IP de un 8.70% a un 2.90%, mejorando así las propiedades de plasticidad de un suelo CL.

Objetivo 3:

Determinar cómo influirá el caucho en polvo en el Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

Para alcanzar el óptimo contenido de humedad es indispensable saber la humedad natural que tiene el terreno porque a partir de ese valor se procederá a determinar la cantidad de agua necesaria para alcanzar su óptimo contenido de humedad del Proctor, así mismo para cada tipo de suelo existe un óptimo contenido de humedad para alcanzar la máxima densidad posible por medio de la cantidad adecuada de energía de compactación.

Después de que se obtuvieron los resultados del Ensayo Proctor Modificado de la muestra en estado natural y haber identificado la calicata con la que se va a trabajar (calicata #2), se procederá a realizar nuevamente los Ensayos del Proctor Modificado con la incorporación del caucho en polvo en dosificaciones de 3%, 5% y 7% con el fin de obtener los nuevos valores del Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca en la subrasante.

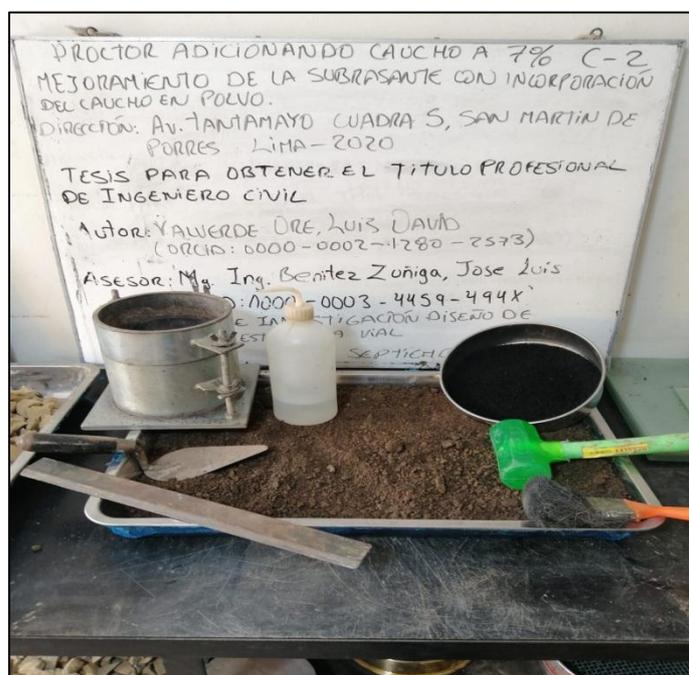


Figura 38. Ensayo de Proctor Modificado incorporando caucho en polvo.

Tabla 19. Óptimo Contenido de Humedad (OCH) y Máxima Densidad Seca (MDS) con la incorporación del caucho en polvo.

CALICATA #2	Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	Máxima Densidad Seca (MDS)
Suelo Natural (SN)	20.30%	1.715 g/cm ³
SN + 3% Caucho en polvo	19.90%	1.705 g/cm ³
SN + 5% Caucho en polvo	19.30%	1.696 g/cm ³
SN + 7% Caucho en polvo	18.80%	1.681 g/cm ³

Fuente: Elaboración propia

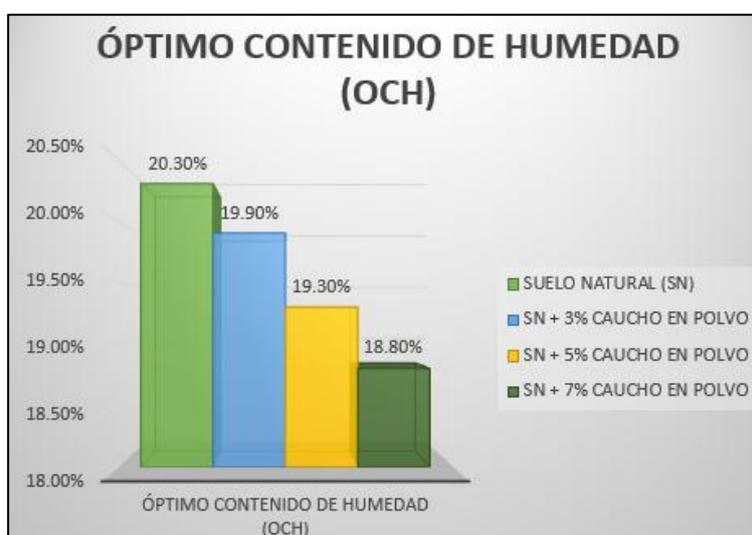


Figura 39. Óptimo Contenido de Humedad (OCH) con la incorporación del caucho en polvo.

Interpretación. El Óptimo Contenido de Humedad es inversamente proporcional a la incorporación del caucho en polvo, es decir, mientras mayor sea la incorporación de caucho en polvo menor será el Óptimo Contenido de Humedad, por ejemplo, al incorporar un 7% de caucho en polvo a la muestra natural se redujo el Óptimo Contenido de Humedad de 20.30% a 18.80%.

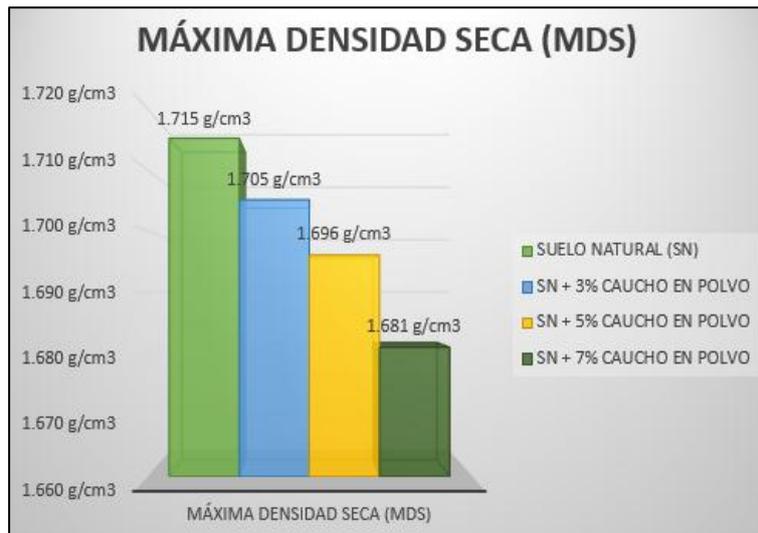


Figura 40. Máxima Densidad Seca (MDS) con la incorporación del caucho en polvo.

Interpretación. La Máxima Densidad Seca es inversamente proporcional a la incorporación del caucho en polvo, es decir, a mayor incorporación de caucho en polvo menor resultó la Máxima Densidad Seca, por ejemplo, al incorporar un 7% de caucho en polvo a la muestra natural se redujo la Máxima Densidad Seca de 1.715 g/cm³ a 1.681 g/cm³.

Objetivo 4:

Determinar cómo influirá la dosificación óptima del caucho en polvo en la resistencia de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

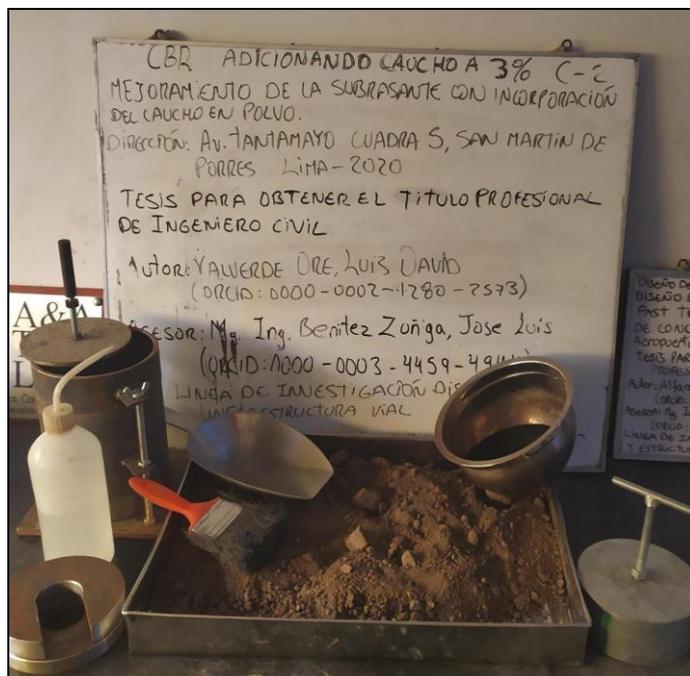


Figura 41. Procedimiento del ensayo CBR incorporando caucho en polvo.

Los resultados del CBR que se obtuvieron con la incorporación del caucho en polvo fueron desfavorables ya que se redujo el CBR natural de 4.70%, así mismo tras la incorporación de 3%, 5% y 7% de caucho en polvo se logró determinar que al incorporar un 3% de caucho en polvo se redujo el CBR de 4.70% a 4.50%, a su vez incorporando 5% de caucho en polvo se redujo el CBR de 4.70% a 4.40% y finalmente incorporando un 7% de caucho en polvo se redujo el CBR de 4.70% a 4.20% por lo tanto no existe un óptimo porcentaje de incorporación del caucho en polvo.

V. DISCUSIÓN

Discusión 1.

Respecto a la resistencia de la subrasante, Díaz y Torres, concluye que al evaluar un tipo de suelo CH (Arcilla inorgánica de alta plasticidad) presentó un CBR de 3.22% y tras la incorporación del caucho en polvo (2mm a menos) en porcentajes de 1%, 3%, 5%, 7% y 9% se logró aumentar el CBR, por ejemplo al incorporar el 1% de caucho en polvo se aumentó el CBR de 3.22% a 5.92%, así mismo incorporando 3% de caucho en polvo se aumentó el CBR de 3.22% a 6.82%, además incorporando 5% de caucho en polvo se aumentó el CBR de 3.22% a 6.67%, a su vez incorporando 7% de caucho en polvo se aumentó el CBR de 3.22% a 5.10% y finalmente incorporando 9% de caucho en polvo se mantuvo un CBR de 3.22%. Por otro lado, en la subrasante de la Av. Tantamayo cuadra 5, se determinó un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) que presentó un CBR de 4.70% y tras la incorporación de 3%, 5% y 7% de caucho en polvo (2mm a menos) se obtuvo una reducción del CBR, teniendo como resultado que incorporando el 3% de caucho en polvo se redujo el CBR de 4.70% a 4.50%, mientras que incorporando el 5% de caucho en polvo se redujo el CBR 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 evidencian una reducción de la resistencia de un suelo CL discrepándose así con la conclusión de Díaz y Torres.

Así mismo, Ravichandran, Prasad, Divya y Rajkumar, concluye que se evaluó un suelo CH (Arcilla inorgánica de alta plasticidad) que presentó inicialmente un CBR de 3.10% y tras la incorporación del caucho en polvo (0.425mm – 0.6mm) en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% se logró aumentar el CBR, mientras que en la Av. Tantamayo cuadra 5 se evaluó un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) que presentó un CBR de 4.70% y tras la incorporación de 3%, 5% y 7% de caucho en polvo (2mm a menos) se obtuvo una reducción del CBR para un suelo CL por lo que se discrepa con las conclusiones de Ravichandran, Prasad, Divya y Rajkumar.

A su vez Alvarez y Gutiérrez, concluye que se evaluó un suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) que presentó inicialmente un CBR de 3.20% y tras

la incorporación del caucho en polvo (2mm – 0.075mm) en porcentajes de 1.50%, 2.50% y 3.50% se logró aumentar el CBR, mientras que en la Av. Tantamayo cuadra 5 se evaluó un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) que presentó un CBR de 4.70% y tras la incorporación de 3%, 5% y 7% de caucho en polvo (2mm a menos) se obtuvo una reducción del CBR para un suelo CL por lo que se discrepa con las conclusiones de Alvarez y Gutiérrez.

Discusión 2.

Respecto a la plasticidad de la subrasante, Alvarez y Gutiérrez, concluye que al evaluar un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) presentó inicialmente un límite líquido de 34%, límite plástico de 21% e índice de plasticidad de 13% y tras la incorporación de 1.5%, 2.5% y 3.5% de caucho en polvo (2mm – 0.075mm) se redujo el límite líquido, plástico e índice de plasticidad, teniendo como porcentaje que al incorporar 3.5% de caucho en polvo se redujo el límite líquido de 34% a 29% mientras su límite plástico se mantuvo en 21% y a la vez redujo su índice de plasticidad de 13% a 8%. Por otro lado, en la subrasante de la Av. Tantamayo cuadra 5, se determinó un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) que presentó un límite líquido de 26.90%, límite plástico de 18.20% e índice de plasticidad de 8.70% y tras la incorporación de 3%, 5% y 7% de caucho en polvo (2mm a menos) se obtuvo una reducción del límite líquido e índice de plasticidad mientras que los valores del límite plástico hubo una varianza de aumento y disminución de valores, teniendo como resultado que incorporando un 3% de caucho en polvo se redujo 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%, mientras que incorporando 5% de caucho en polvo se redujo el límite líquido de 26.90% a 23.30%, aumentó su límite plástico de 18.20% a 20.30% y disminuyó su índice de plasticidad de 8.70% a 3.00% y finalmente incorporando un 7% de caucho en polvo se disminuyó su límite líquido de 26.90% a 23.30% mientras su límite plástico aumentó de 18.20% a 20.40% y así mismo disminuyó su índice de plasticidad de 8.70% a 2.90%, por lo que se certifica que la incorporación del caucho en polvo reduce considerablemente los límites de Atterberg de un suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad).

Así mismo Akbarimehr y Aflaki, concluye que al evaluar suelos arcillosos de alta y baja plasticidad se redujeron los valores del límite líquido e índice de plasticidad mientras que el límite plástico aumentó con la incorporación del caucho en polvo (0.425mm a menos) en porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%, para un tipo de suelo CH (Arcilla inorgánica de alta plasticidad) presentó un límite líquido de 75%, límite plástico de 28% e índice de plasticidad de 47% y tras la incorporación del caucho en polvo de un 30% se redujo el límite líquido de 75% a 69% e índice de plasticidad de 47% a 40.5% mientras que el límite plástico aumentó de 28% a 28.50%, así mismo para un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) presentó un límite líquido de 33%, límite plástico de 17% e índice de plasticidad de 16% y tras la incorporación del caucho en polvo de un 30% se redujo el límite líquido de 33% a 30% e índice de plasticidad de 16% a 8.5% mientras que el límite plástico aumentó de 17% a 21.50%. De igual manera sucedió en la Av. Tantamayo cuadra 5, en el cual el límite líquido e índice de plasticidad disminuyeron mientras que el límite plástico aumentó por lo que no hay discrepancias con las conclusiones de Akbarimehr y Aflaki.

Discusión 3.

Respecto al Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca, Ravichandran, Prasad, Divya y Rajkumar, concluye que se evaluó un suelo CH (Arcilla inorgánica de alta plasticidad) que presentó inicialmente una Máxima Densidad Seca (MDS) de 1.53 g/cm³ y Óptimo Contenido de Humedad (OCH) de 25% y tras la incorporación de 5%, 10%, 15% y 20% de caucho en polvo (0.425mm – 0.6mm) se redujo la MDS y OCH, por ejemplo, con la incorporación del 20% de caucho en polvo se redujo la MDS de 1.53 g/cm³ a 1.35 g/cm³ y el OCH de 25% a 17% y mientras mayor es la incorporación del caucho en polvo menor será la MDS y OCH. Por otro lado, en la subrasante de la Av. Tantamayo cuadra 5, se determinó un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) que presentó inicialmente una MDS de 1.715 g/cm³ y OCH de 20.30% y tras la incorporación del caucho en polvo (2mm a menos) en porcentajes de 3%, 5% y 7% se logró reducir la MDS y OCH, por ejemplo al incorporar 3% de caucho en polvo se redujo la MDS de 1.715 g/cm³ a 1.705 g/cm³ y el OCH de 20.30% a 19.90%, y tras la incorporación del 5% de caucho en polvo se redujo la MDS de

1.715 g/cm³ a 1.696 g/cm³ y el OCH de 20.30% a 19.30% y finalmente tras la incorporación del 7% de caucho en polvo se redujo la MDS de 1.715 g/cm³ a 1.681 g/cm³ y el OCH de 20.30% a 18.80%, por lo que se certifica que la incorporación del caucho en polvo reduce considerablemente la Máxima Densidad Seca (MDS) y Óptimo Contenido de Humedad (OCH) de un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad).

Así mismo Díaz y Torres, concluye que al evaluar un tipo de suelo CH (Arcilla inorgánica de alta plasticidad) presentó una Máxima Densidad Seca (MDS) de 1.551 g/cm³ y Óptimo Contenido de Humedad (OCH) de 25.72% y tras la incorporación del caucho en polvo (2mm a menos) en porcentajes de 1%, 3%, 5%, 7% y 9% se logró un reducir la MDS y aumentar el OCH, obteniéndose con la incorporación del 9% de caucho en polvo una reducción del MDS de 1.551 g/cm³ a 1.44 g/cm³ y aumentó el OCH de 25.72% a 27.05%. En cuanto a la Av. Tantamayo cuadra 5 se obtuvieron resultados de disminución de la MDS y OCH, por lo que se certifica que los valores del MDS disminuyen con la incorporación del caucho en polvo, mientras que se discrepa con los resultados del OCH ya que en la Av. Tantamayo se redujeron los valores del OCH mientras que en la conclusión de Díaz y Torres aumenta el porcentaje del OCH.

Discusión 4.

Respecto a la resistencia de la subrasante con la incorporación óptima del caucho en polvo, Díaz y Torres, concluye que al evaluar un tipo de suelo CH (Arcilla inorgánica de alta plasticidad) presentó un CBR de 3.22% y tras la incorporación del caucho en polvo (2mm a menos) en porcentajes de 1%, 3%, 5%, 7% y 9% se logró un aumentar el CBR, obteniéndose un porcentaje óptimo de 3% de incorporación de caucho en polvo que aumento su CBR de 3.22% a 6.82%. Por otro lado, en la subrasante de la Av. Tantamayo cuadra 5, se determinó un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) que presentó un CBR de 4.70% y tras la incorporación de 3%, 5% y 7% de caucho en polvo (2mm a menos) se obtuvo una reducción del CBR, por lo tanto no existe un óptimo porcentaje de incorporación del caucho en polvo, por lo que se discrepa con la conclusión de

Diaz y Torres ya que se redujo el CBR para un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad).

A su vez Ravichandran, Prasad, Divya y Rajkumar, concluye que se evaluó un suelo CH (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) que presentó inicialmente un CBR de 3.10% y tras la incorporación del caucho en polvo (0.425mm – 0.6mm) en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% se logró aumentar el CBR, obteniéndose un porcentaje óptimo de 10% de incorporación de caucho en polvo el cual aumentó el CBR de 3.10% a 8.10%, mientras que en la Av. Tantamayo cuadra 5 se obtuvo una reducción del CBR de un suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad), por lo que no se obtuvo una incorporación óptima de caucho en polvo, por lo que se discrepa con las conclusiones de Ravichandran, Prasad, Divya y Rajkumar.

Así mismo Alvarez y Gutiérrez, concluye que se evaluó un suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) que presentó inicialmente un CBR de 3.20% y tras la incorporación del caucho en polvo (2mm – 0.075mm) en porcentajes de 1.50%, 2.50% y 3.50% se logró aumentar el CBR, obteniéndose un porcentaje óptimo de 3.50% que aumentó su CBR de 3.10% a 9.40%, mientras que en la Av. Tantamayo cuadra 5 incorporando caucho en polvo (2mm a menos) en porcentajes de 3%, 5% y 7% se redujo el CBR para un suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad), por lo tanto no existe un óptimo porcentaje de incorporación de caucho en polvo, por lo que se discrepa con las conclusiones de Alvarez y Gutiérrez.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1. Establecer 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.

La incorporación del 3%, 5% y 7% del caucho en polvo (2mm a menos) 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), por ejemplo al incorporar 3% de caucho en polvo se redujo el CBR de 4.70% a 4.50%, y tras la incorporación del 5% de caucho en polvo se redujo el CBR de 4.70% a 4.40% y finalmente incorporando 7% de caucho en polvo se redujo el CBR de 4.70% a 4.20%, por lo tanto ninguna dosificación mejoró la resistencia de subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, en tal caso no es conveniente aplicar el caucho en polvo (2mm a menos) en un tipo de suelo CL.

Conclusión 2. Determinar cómo influirá el caucho en polvo en la plasticidad de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

La incorporación de 3%, 5% y 7% de caucho en polvo (2mm a menos) tuvo resultado favorables en la plasticidad de la subrasante para un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad), debido que redujo los valores del límite líquido e índice de plasticidad, a su vez disminuyó y aumentó los valores del límite plástico, inicialmente presentó un límite líquido de 26.90%, límite plástico de 18.20% e índice de plasticidad de 8.70%, sin embargo con la incorporación 3% de caucho en polvo se redujo 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%, y tras la incorporación del 5% de caucho en polvo se redujo el límite líquido de 26.90% a 23.30% e índice de plasticidad de 8.70% a 3.00% y aumentó su límite líquido de 18.20% a 20.30% y finalmente incorporando 7% de caucho en polvo se redujo 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%, por lo que la incorporación del caucho en polvo influye positivamente en la plasticidad de la subrasante de la Av. Tantamayo cuadra 5.

Conclusión 3. Determinar cómo influirá el caucho en polvo en el Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

La incorporación de 3%, 5% y 7% de caucho en polvo (2mm a menos) influye de manera negativa en el Óptimo Contenido de Humedad (OCH) de 20.30% y Máxima Densidad Seca (MDS) de 1.715 g/cm³ debido a que redujo los resultados iniciales en un tipo de suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad), por ejemplo con la incorporación del 3% de caucho en polvo se redujo la MDS de 1.715 g/cm³ a 1.705 g/cm³ y el OCH de 20.30% a 19.90%, a su vez tras la incorporación del 5% de caucho en polvo se redujo la MDS de 1.715 g/cm³ a 1.696 g/cm³ y el OCH de 20.30% a 19.30% y finalmente incorporando un 7% de caucho en polvo se redujo la MDS de 1.715 g/cm³ a 1.681 g/cm³ y el OCH de 20.30% a 18.80%, por lo tanto no es conveniente aplicar las dosificaciones incorporadas del caucho en polvo en un suelo CL ya que reducirá su Máxima Densidad Seca (MDS) y Óptimo Contenido de Humedad (OCH) afectando posteriormente en la resistencia de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5.

Conclusión 4. Determinar cómo influirá la dosificación óptima del caucho en polvo en la resistencia de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

La incorporación del 3%, 5% y 7% del caucho en polvo (2mm a menos) influye de manera negativa en la resistencia de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5 ya que redujo el CBR inicial de 4.70% en un suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad), así mismo no existe un óptimo porcentaje de incorporación del caucho en polvo ya que redujo la resistencia inicial de la subrasante.

VII. RECOMENDACIONES

Por todo lo expuesto, no es recomendable aplicar el caucho en polvo (2mm a menos) ya que tiende a disminuir el Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca y en consecuencia la resistencia del terreno en un suelo CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad).

Se sugiere aplicar el caucho en polvo con la adición de estabilizadores convencionales en porcentajes bajos de 1% y 2% de cal, cemento, cloruro de sodio entre otros con el fin de determinar de qué manera afectaría la resistencia de los suelos arcillosos.

Se sugiere aplicar el caucho en polvo para distintos tipos de suelos, sobre todo en los suelos arenosos con partículas más finas y a su vez con diámetros mayores debido a que las investigaciones sobre este tipo de suelo son poco comunes.

Es recomendable realizar un estudio económico del caucho en diferentes presentaciones en proyectos de mejoramiento de Infraestructura Vial con el fin de determinar si resulta ser una alternativa más rentable en comparación con los estabilizadores convencionales y materiales de cantera o préstamo.

Finalmente, se recomienda replicar la investigación, pero utilizando la presentación del caucho con mayores diámetros, es decir material pasante por encima de la malla N° 10 (2mm) y a su vez dosificaciones con mayores porcentajes de incorporación del caucho, ya que la reutilización del caucho contribuye a la conservación del medio ambiente así mismo reduciría el problema de eliminación de desecho de llantas que actualmente existe y a su vez sería ideal poder aplicarlo en futuros proyectos de Infraestructura Vial.

REFERENCIAS

AKBARIMEHR, Davood y AFLAKI, Esmael. *Civil Engineering Journal. An Experimental Study on the Effect of Tire Powder on the Geotechnical Properties of Clay Soils* [en línea]. 2018, Vol. 4, (3) [Fecha de consulta: 24 de abril 2020].

Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/324314899_An_Experimental_Study_on_the_Effect_of_Tire_Powder_on_the_Geotechnical_Properties_of_Clay_Soils

ALVAREZ, Jorge. *Estabilización de subrasantes* [en línea]. Instituto colombiano de productores de cemento. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2020]. Disponible en:

https://www.academia.edu/28762676/Subrasantes_Subrasantes_PREPARACION_DE_SUBRASANTES_DE_SUBRASANTES

ALVAREZ, Nicols y GUTIERREZ, Julio. *Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnica*. Lima: 2019.

ANGELONE, Silvia, GANBAY, María y CAUCHAPÉ, Marina. *Permeabilidad de los suelos* [en línea]. Universidad Nacional de Rosario, 2006. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2020]. Disponible en:
<https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiygeotecnia/Permeabilidad%20en%20Suelos.pdf>

AUTOBILD. *¿De dónde proviene el caucho?* [en línea]. [Fecha de consulta: 1 de mayo 2020]. Disponible en: <https://www.autobild.es/reportajes/el-caucho-neumatico>

BAENA, Guillermina. *Metodología de la investigación*. 3.ª. México: Editorial Patria, 2017. ISBN: 978-607-744-748-1.

BEKHITI, Melik, TROUZINE, Habib y AISSA, Asroun. *Engineering, Technology & Applied Science Research. Proprieties of Waste Tire Rubber Powder* [en línea].

2014, Vol. 4, (4) [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/302422576>

BESKID, Jan y MARTÍNEZ, Ricardo. *Estudio comparativo de los resultados del California Bearing Ratio (CBR) obtenidos en laboratorio y con un penetrómetro dinámico*. Maracaibo: 2004.

BRP (Bombardier Recreational Products). *Ventajas y desventajas de los productos de cauchos comunes* [en línea]. [Fecha de consulta: 1 de mayo 2020]. Disponible en: <http://es.rubberplasticproducts.com/info/advantages-and-disadvantages-of-common-rubber-38308571.html>

CASTRO, Guillermo. Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A. *Materiales y compuestos para la industria del neumático* [en línea]. 2008, [Fecha de consulta: 1 de mayo 2020]. Disponible en: https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Materiales_y_Compuestos_para_la_Industria_del_Neumatico.pdf

CASTRO, Guillermo. Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A. *Reutilización, reciclado y disposición final de neumáticos* [en línea]. 2007, [Fecha de consulta: 1 de mayo 2020]. Disponible en: https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Reutilizacion_Reciclado_y_Disposicion_final_de_Neumatico.pdf

CUBAS, Diego. *Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes*. Cajamarca: 2019.

CUSQUISIBÁN, Wilder. *Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento*. Cajamarca: 2014.

DAS, Braja M. *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. 4.ª ed. México: Cengage Learning Editores, 2015. ISBN: 978-607-519-373-1.

DÍAZ, Katherine y TORRES, Rosa. *Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos*. Jaén: 2019.

DUQUE, Gonzalo y ESCOBAR, Carlos. *Geomecánica. Capítulo 5: Clasificación de Suelos* [en línea]. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Fecha de consulta: 7 de mayo 2020]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/53252/97/clasificaciondesuelos.pdf>

ECO Green Equipment. *Los beneficios del reciclado de neumáticos* [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de mayo 2020]. Disponible en: <https://ecogreenequipment.com/es/benefits-of-recycling-tires/>

EUROTALLER. *¿Qué aporta utilizar polvo de neumáticos fuera de uso para la construcción de carreteras?* [en línea]. [Fecha de consulta: 1 de mayo 2020]. Disponible en: <https://www.eurotaller.com/noticia/que-aporta-utilizar-polvo-de-neumaticos-fuera-de-uso-para-la-construccion-de-carreteras>

GARCÍA, Arturo. *Área de Edafología. Ciencias Ambientales. Propiedades físicas del suelo-Porosidad* [en línea]. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFPorosidad.htm>

GEOLOGÍA-Publicaciones. *Clasificación de suelos* [en línea]. [Fecha de consulta: 7 de mayo 2020]. Disponible en: <https://post.geoxnet.com/clasificacion-de-suelos/>

GENEU (Gestión de Neumáticos Usados). *Polvo de caucho: otras aplicaciones* [en línea]. [Fecha de consulta: 1 de mayo 2020]. Disponible en: <https://geneu.com.uy/polvo-de-caucho-otras-aplicaciones/>

GIORDANI, Claudio y LEONE, Diego. *Pavimentos* [en línea]. Universidad Tecnológica Nacional. [Fecha de consulta: 1 de mayo 2020]. Disponible en:

https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_anio/civil1/files/IC%20I-Pavimentos.pdf

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la investigación*. 6.ª ed. México: Interamericana editores, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

JUÁREZ, Eulalio y RICO, Alfonso. *Mecánica de suelos I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. México: Limusa, 2005. ISBN: 968-18-0069-9.

KOKILA, L. [et al]. *World Journal of Research and Review. Experimental Investigation on Soil Stabilisation Using Rubber Crumbs on Expansive Soil [en línea]*. 2017, Vol. 4, (4) [Fecha de consulta: 24 de abril 2020]. ISSN 2455-3956. Disponible en: <https://www.neliti.com/publications/262827/experimental-investigation-on-soil-stabilisation-using-rubber-crumbs-on-expansiv>

LAICA, Juan. *Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base*. Ámbato: 2016.

MANUAL DE CARRETERAS: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima: 2013. 355pp.

MINISTERIO de transportes y comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales. Lima: 2016. 45pp.

MINISTERIO de vivienda y urbanismo. Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación. Santiago: 2018. 15pp.

NIÑO, Víctor. *Metodología de la investigación*. Bogotá: Ediciones de la U, 2011. ISBN: 978-958-8675-94-7.

NORMA TÉCNICA CE. 010 Pavimentos Urbanos. Lima: 2010. 7pp.

PATIÑO, Juan. *Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado*. Guayaquil: 2017.

PEREDA, Danfer y CUBAS, Nahum. *Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico-económico con los asfaltos convencionales*. Trujillo: 2015.

QUÍMICA y algo más. *Propiedades del Caucho. Vulcanización* [en línea]. [Fecha de consulta: 1 de mayo 2020]. Disponible en: <https://quimicayalgomas.com/quimica-organica/hidrocarburos/propiedades-del-caucho-vulcanizacion/>

RAVICHANDRAN, P.T [et al]. Indian Journal of Science and Technology. *Effect of Addition of Waste Tyre Crumb Rubber on Weak Soil Stabilisation* [en línea]. 2016, Vol. 9, (5) [Fecha de consulta: 24 de abril 2020]. ISSN 0974-5645. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/297651029_Effect_of_Addition_of_Waste_Tyre_Crumb_Rubber_on_Weak_Soil_Stabilisation

STATISTA. *Producción mundial de caucho natural desde el año 2000 a 2018* [en línea]. [Fecha de consulta: 1 de mayo 2020]. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/635827/produccion-de-caucho-natural-a-nivel-mundial/>

SWARNA, Surya. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. *Stabilization of Subgrade soil of Highway Pavement using Waste Tyre Pieces* [en línea]. 2015, Vol. 4, (5) [Fecha de consulta: 24 de abril 2020]. ISSN 2319-8753. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281469406_Stabilization_of_Subgrade_soil_of_Highway_Pavement_using_Waste_Tyre_Pieces

TALLER X: *Mecánica de suelos-Granulometría y clasificación de suelos* [en línea]. Universidad Peruana Los Andes, 2018. Fecha de consulta: 7 de mayo 2020].

Disponible en: <https://es.slideshare.net/ElizabethCubaCarhuapuma/ensayos-de-proctor-estndar-y-modificado-cbr>

URREGO, William [et al]. Prospectiva. *Review-Characterization of rubber compounds with post-industrial leather waste* [en línea]. 2017, Vol. 15, (2) [Fecha de consulta: 1 de mayo 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v15n2/1692-8261-prosp-15-02-00013.pdf>

VARGAS, Zoila. Revista educación. *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica* [en línea]. 2009. [Fecha de consulta: 14 de mayo 2020]. ISSN: 0379-7082. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>

WORLD Air Quality Report [en línea]. Region & City PM2.5 Ranking, 2018. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2018-en.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Caucho en polvo	Al respecto Geneu (Gestión de neumáticos usados) 2019 señalan que “el caucho en polvo proviene de la trituración de los NCFU (Neumáticos y Cámaras Fuera de Uso) donde son procesados de forma industrial y se produce el denominado “Polvo de caucho” que se caracteriza por presentar medidas aproximadas de 4mm o polvo (partículas más pequeñas). Así mismo este material presenta un 99% libre de impurezas como las fibras de acero del cual está compuesto el neumático” (párr. 2).	La variable independiente está conformada por una dimensión, tres indicadores y una escala de medición.	Dosificación	SN + 3% caucho en polvo	De razón
				SN + 5% caucho en polvo	
				SN + 7% caucho en polvo	
Mejoramiento de la subrasante	Según el Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013) indica que “la estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos” (p. 113).	La variable dependiente está conformada por cuatro dimensiones, cinco indicadores y tres escalas de medición.	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

Fuente: Elaboración propia.

Matriz de consistencia.

Mejoramiento de la subrasante con la incorporación del caucho en polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE			
¿De qué manera 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?	Establecer 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.	La incorporación del caucho en polvo influirá significativamente en la resistencia de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.	Caucho en polvo	Dosificación	SN + 3% caucho en polvo SN + 5% caucho en polvo SN + 7% caucho en polvo	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: Experimental-Cuasiexperimental Población: Av. Tantamayo del Distrito de San Martín de Porres - Lima. Muestra: 790m de la subrasante de la Av. Tantamayo desde la progresiva 1+040km referencia Grifo Virrey hasta la progresiva 1+830km referencia Mercado Tantamayo.
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	DEPENDIENTE			
¿De qué manera influirá el caucho en polvo en la plasticidad de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020?	Determinar cómo influirá el caucho en polvo en la plasticidad de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.	El caucho en polvo influirá significativamente en la plasticidad de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.	Mejoramiento de la subrasante	Plasticidad	Límite líquido Límite plástico Índice de plasticidad	
¿De qué manera influirá el caucho en polvo en el Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020?	Determinar cómo influirá el caucho en polvo en el Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.	El caucho en polvo influirá significativamente en el Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.		Óptimo Contenido de Humedad	Proctor Modificado	
¿De qué manera influirá la dosificación óptima del caucho en polvo en la resistencia de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020?	Determinar cómo influirá la dosificación óptima del caucho en polvo en la resistencia de la subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.	La dosificación óptima del caucho en polvo influirá significativamente en la resistencia subrasante en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.		Máxima Densidad Seca		
					Resistencia	Capacidad portante del suelo

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos.

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Mg. Lavado Enríquez Juana Maribel
 Institución donde labora : Universidad César Vallejo
 Especialidad : Ingeniera Civil
 Instrumento de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Ensayo Proctor Modificado y Ensayo CBR.
 Autor (s) del instrumento (s): Valverde Ore Luis David.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE.				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE.					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						48

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO ES VÁLIDO, PUEDE SER APLICADO.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

48

Lima, 8 de Junio del 2020

Juana Maribel Lavado Enríquez
 J. Maribel Lavado Enríquez
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 86930

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: VARGAS CHACALTANA Luis Alberto
 Institución donde labora : UCV
 Especialidad : PAVIMENTOS
 Instrumento de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado,
 Límites de Atterberg, Ensayo Proctor Modificado y Ensayo CBR.
 Autor (s) del instrumento (s): Valverde Ore Luis David.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE.					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

MUY BIEN

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 49

Lima, 01 de 07 de 2020


LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 194542

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Dra. Sandoval Vergara Ana Noemí
 Institución donde labora : Universidad César Vallejo
 Especialidad : Docente en Metodología
 Instrumento de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Ensayo Proctor Modificado y Ensayo CBR.
 Autor (s) del instrumento (s): Valverde Ore Luis David.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE.				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				x	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE.					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						48

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es válido para ser aplicado a la población de estudio; puesto que, cumple con los criterios metodológicos.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

48

Tarapoto 12 de julio de 2020



 DRA. ANA N. SANDOVAL VERGARA
 DOCENTE
 CBP 6311

Anexo 3: Declaratoria de originalidad del Autor.

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, Valverde Ore Luis David, estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, Sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulado: "Mejoramiento de la subrasante con la incorporación del caucho en polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 15 de noviembre del 2020

Apellidos y Nombres del Autor Valverde Ore Luis David	
DNI: 76758908	Firma 
ORCID: org/ 0000-0002-1280-2575	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Pantallazo del turnitin.

The screenshot displays the Turnitin Feedback Studio interface. At the top, the browser address bar shows the URL: `ev.turnitin.com/app/carta/es/?BDS=1&s=&lang=es&u=1111475197&student_user=1&o=1457149948`. The page header includes the "feedback studio" logo on the left, the user name "Luis David Valverde Ore" and "DPI-VALVERDE DAVID" in the center, and a help icon on the right. The main content area shows a document preview for a thesis from Universidad César Vallejo. The document text is as follows:

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Mejoramiento de la subrasante con la incorporación del caucho en polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima, 2020.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:
Valverde Ore Luis David (ORCID: 0000-0002-1280-2575)

ASESOR:
Mg. Ing. Benites Zuñiga Jose Luis (ORCID: 0000-0003-4459-494X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERU

At the bottom of the interface, the status bar shows "Página: 1 de 77", "Número de palabras: 16620", and "Text-only Report | High Resolution" with a toggle switch set to "Activado". The Windows taskbar at the bottom indicates the date and time as 14:59 on 25/11/2020.

Fuente: Elaboración propia

Resumen del *Comportamiento de un terreno tratado con diferentes presentaciones del caucho.*

TEMA DE INVESTIGACIÓN	TIPO DE ESTABILIZADOR		DOSIFICACIONES	TIPO DE SUELO		CBR	CBR
						NATURAL	TRATADO
Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes	Caucho Granulado	2mm-6mm	3%	GC	Grava arcillosa	55.63%	16.50%
			5%				13.91%
			7%				8.80%
Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos	Caucho Granulado	2mm a menos	1%	CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	3.22%	5.92%
			3%				6.82%
			5%				6.67%
			7%				5.10%
Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento	Caucho Granulado	12.7mm a menos	20%	OH y OL	Suelos orgánicos de alta y baja plasticidad	7.10%	10.00%
			40%				30.40%
			60%				41.00%
			9%				3.22%
Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnica	Caucho EN POLVO	12.7mm a 0.075mm	2%	CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad	3.20%	5.00%
			3%				8.70%
			4%				9.40%

Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base	Caucho Reciclado	No específica	3%	GC	Grava arcillosa	25.00%	18.40%
			6%				12.10%
			9%				10.20%

Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado	Caucho Granulado	1mm-4mm	5%	GC	Grava arcillosa	56.86%	8.15%
			10%				5.87%
			15%				5.15%
	Caucho Triturado	19.05mm a menos	2%	CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	3.00%	4.06%
			5%				4.61%
			10%				6.48%
Effect of Addition of Waste Tyre Crumb Rubber on Weak Soil Stabilisation	Caucho EN POLVO	0.425mm-0.600mm	5%	CH (97% de suelo de grano fino)	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	3.10%	5.20%
			10%				8.10%
			15%				5.60%
	Caucho EN POLVO	0.425mm-0.600mm	20%	CH (94% de suelo de grano fino)	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	2.70%	4.30%
			5%				3.40%
			10%				6.20%
Caucho EN POLVO	0.425mm-0.600mm	15%	CH (94% de suelo de grano fino)	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	2.70%	5.60%	
		20%				4.30%	

Stabilization of Subgrade soil of Highway Pavement using Waste Tyre Pieces	Caucho Granulado	20mm-25mm	2.5%	SC (Condición sin remojar)	Arena arcillosa	6.96%	8.14%
			5.0%				8.59%
			7.5%				7.95%
	Caucho Granulado	20mm-25mm	2.5%	SC (Condición remojada)	Arena arcillosa	3.51%	3.85%
			5.0%				4.04%
			7.5%				3.79%
Experimental Investigation on Soil Stabilisation Using Rubber Crumbs on Expansive Soil	Caucho EN POLVO + 3% de cal	No específica	5%	Suelo expansivo	2.50%	4.90%	
			10%			5.00%	
			15%			5.20%	

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de costos entre el caucho en polvo y los estabilizadores comunes empleados en la subrasante.

RANKING DE COSTOS DE LOS ESTABILIZADORES EMPLEADOS EN LA SUBRASANTE								
TIPO DE ESTABILIZADOR	PRESENTACIÓN	Unidad de medida en kg	Metrado	COSTO	Precio Unitario	DOSIFICACIÓN MTC	COMPARACIÓN CON EL CAUCHO EN POLVO	
							METRADO PATRON DE CAUCHO EN POLVO	COSTO COMPARATIVO
Cemento SOL Tipo I	Bolsa	Kg	42.5	S/. 22.30	0.52x kg	2-12% suelos A-123	20 kg	S/. 10.40
Cal HADES AASHTO M-216 ASTM C-977	Bolsa	Kg	20	S/. 23.30	0.70x kg	2-8% en suelos arcillosos	20 kg	S/. 14.00
Cloruro de calcio	Bolsa	Kg	25	S/. 58.87	2.35x kg	1 a 3% en peso del suelo seco	20 kg	S/. 47.00
Cloruro de Sodio UHP	Bolsa	Kg	25	\$51	2.04x kg	50-80 kg/m3	20 kg	\$40.80

CAUCHO GRANULAR	Bolsa	Kg	30	S/. 30.00	1.00x kg	A PEDIDO	20 kg	S/. 20.00
-----------------	-------	----	----	-----------	----------	----------	-------	-----------

CAUCHO EN POLVO	Bolsa	Kg	20	S/. 5.00	0.25x kg	A PEDIDO	20 kg	S/. 5.00
-----------------	-------	----	----	----------	----------	----------	-------	----------

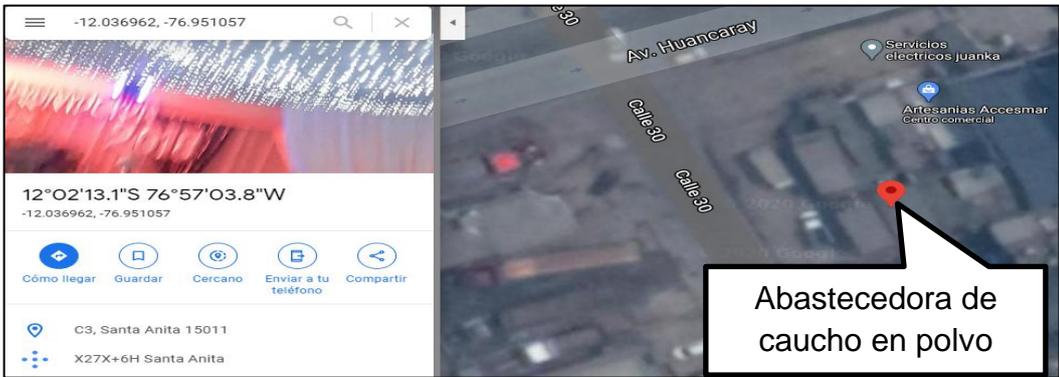
Geomembrana Alvatech 5002 HDP Polietileno de alta densidad	Rollo de 7.50m de ancho, 260m de largo y 0.75mm de espesor.	Precio: \$ 3688	De acuerdo al MTC se emplea para suelos arcillosos CL, CH, MH, ML
--	---	-----------------	---

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5: Panel fotográfico.

 <p>Para empezar, se estableció el lugar exacto en el cual se realizará la calicata 1.</p>	 <p>Se aplicó el mismo sistema para establecer el sitio exacto en el cual se realizará la calicata 2.</p>
---	---

 <p>Seguidamente, se realizó la excavación y extracción de la muestra en la calicata 1, para de inmediato llevarlo al laboratorio.</p>	 <p>Así mismo se realizó la excavación y extracción de la muestra en la calicata 2, para de inmediato llevarlo al laboratorio.</p>
--	---

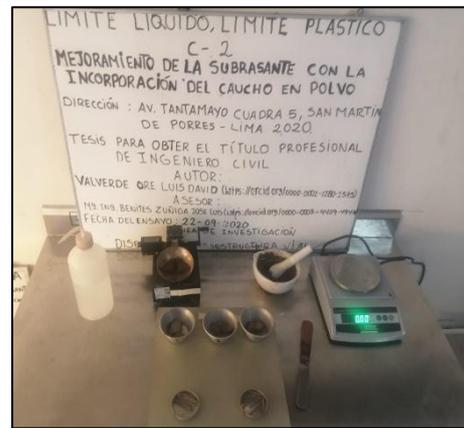
 <p>Seguidamente, ubicó la zona de donde se extraerá el caucho en polvo, quedando localizado en la Av. Huancaray cruce calle 30 – Santa Anita.</p>
--



Así mismo se recolectó el material caucho en polvo, aproximadamente un saco de 20kg para posteriormente llevarlo al laboratorio para sus respectivos tratamientos con el terreno natural llevado inicialmente.



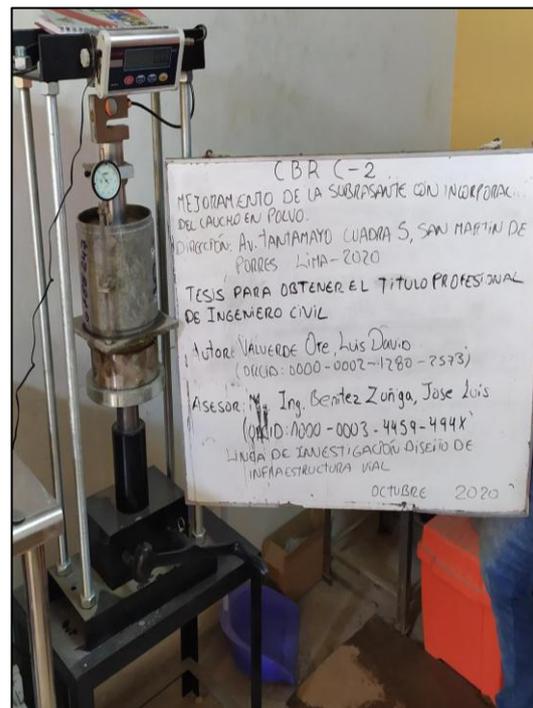
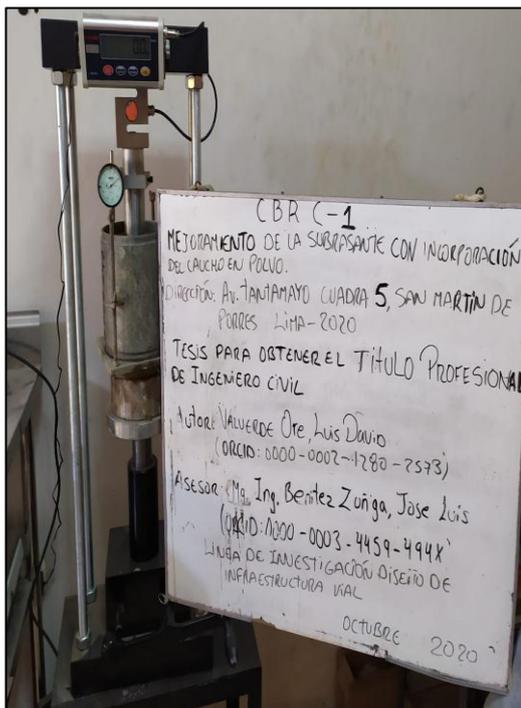
Seguidamente, se realizó el Análisis granulométrico por tamizado tanto de la calicata C-1 y calicata C-2.



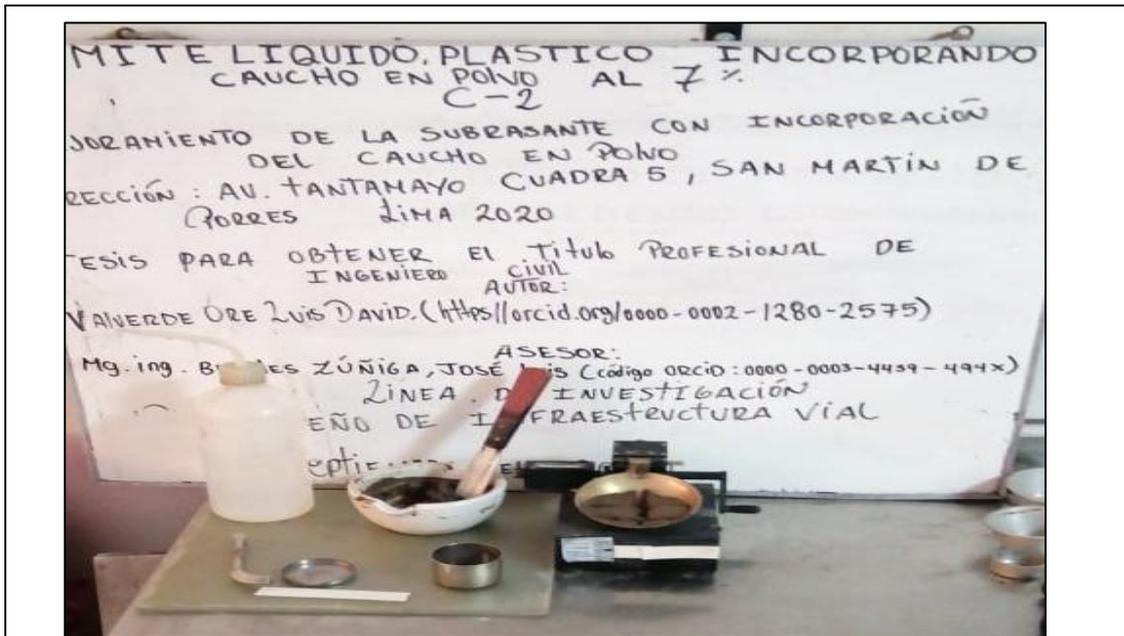
Así mismo se realizó los ensayos de Límites de Atterberg de la C-1 y C-2.



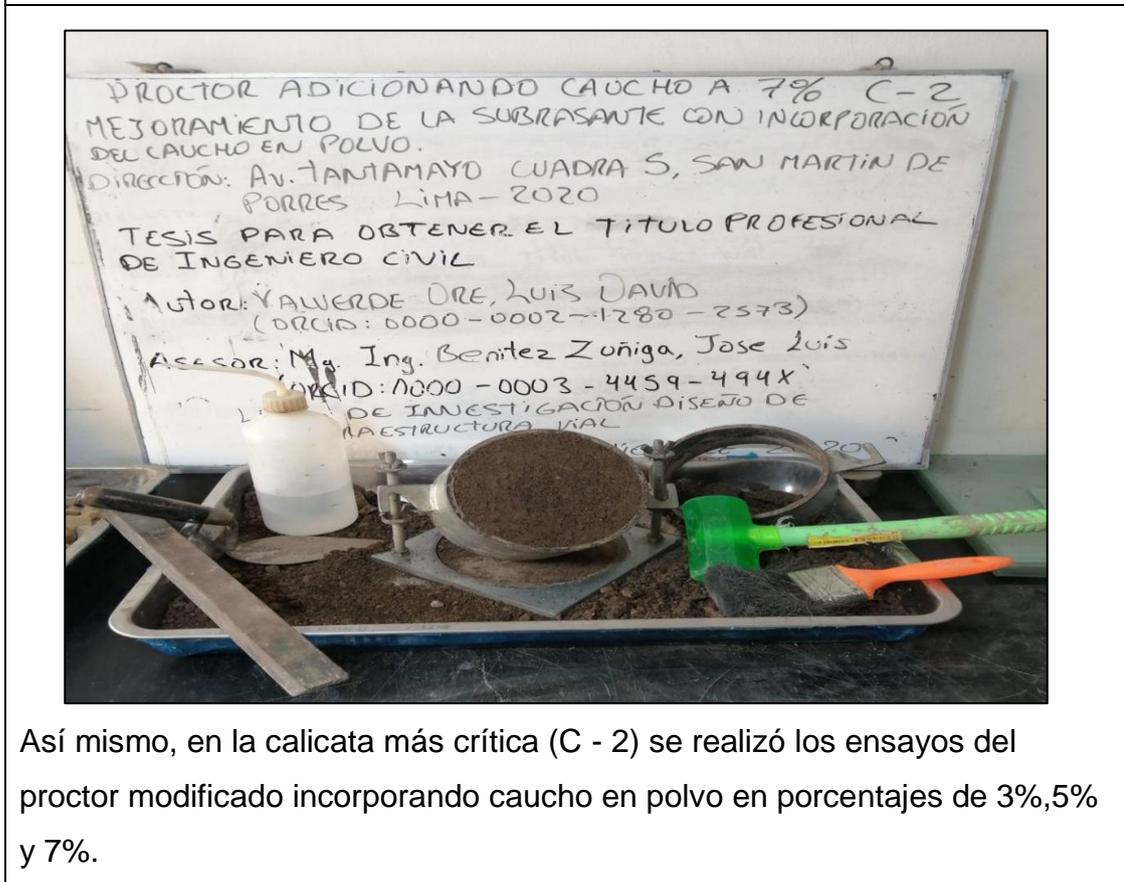
Seguidamente se realizaron los ensayos del Proctor Modificado para la calicata C-1 y calicata C-2.



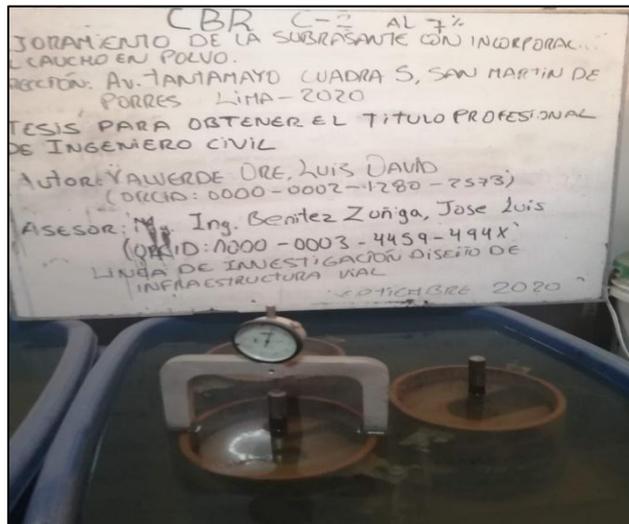
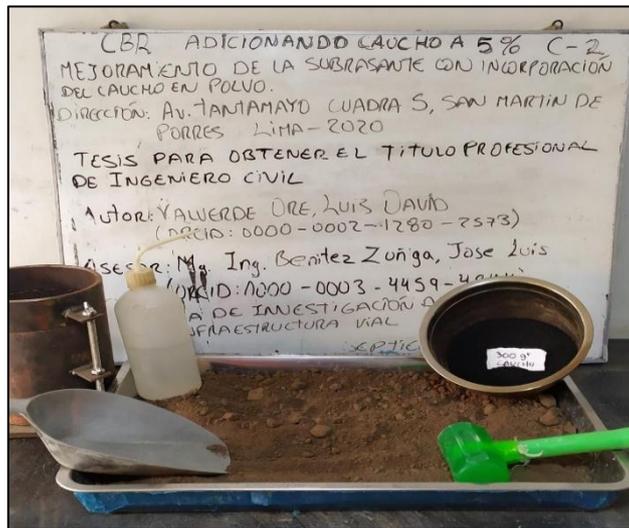
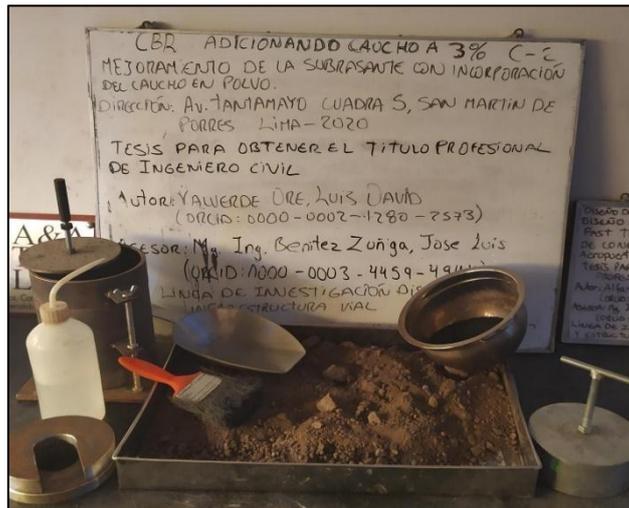
Así mismo se realizaron los ensayos del California Bearing Ratio (CBR) de la calicata C-1 y calicata C-2 para determinar la resistencia del suelo en ambas muestras y a partir de ello identificar y establecer que calicata presenta menor resistencia para posteriormente incorporar las dosificaciones del caucho en polvo para sus respectivos tratamientos de la muestra en estado natural.



Una vez identificada la calicata más crítica (C – 2), se procedieron a realizar los ensayos propuestos incorporando el caucho en polvo en porcentajes de 3%, 5% y 7%. En la imagen se puede evidenciar el procedimiento de los ensayos de Límites de Atterberg incorporando el caucho en polvo que pasa el tamiz N° 10 (2mm a menos).



Así mismo, en la calicata más crítica (C - 2) se realizó los ensayos del proctor modificado incorporando caucho en polvo en porcentajes de 3%, 5% y 7%.



Finalmente se realizaron los ensayos del California Bearing Ratio de la calicata más crítica (C-2) con la incorporación del 3%, 5% y 7% del caucho en polvo para determinar la resistencia de la subrasante tratada.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Certificado de los resultados de los Ensayos del Laboratorio de Suelos.

Nº 001735



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	A&A-QC-PR-004-01
	CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD EVAPORABLE MEDIANTE SECADO ASTM D 2216	REVISIÓN: 01
		Página 1 de 1

HUMEDAD NATURAL
NORMAS TÉCNICAS: ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima

SOLICITA : VALVERDE ORE LUIS DAVID (<https://orcid.org/0000-0002-1280-2575>) ASESOR : Mg. Ing. BENITES ZUNIGA JOSE LUIS (<https://orcid.org/0000-0003-4459-494X>)

UBICACIÓN : Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima CALICATA : C-1

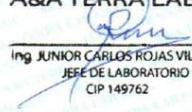
ENTIDAD : Universidad Cesar Vallejo N.F. : -

MUESTRA : M-1 (Material propio) FECHA : 22/09/20

PROF. (m) : 0.09 - 1.50 m. HECHO POR : AMMA

Nº TARA		1
PESO TARA + SUELO HUMEDO	gr.	632,20
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	590,05
PESO DE AGUA	gr.	52,15
PESO DE LA TARA	gr.	229,95
PESO DEL SUELO SECO	gr.	350,10
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	14,9

OBSERVACIONES

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Firma:  A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO	Firma:  A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU

Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506

administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com



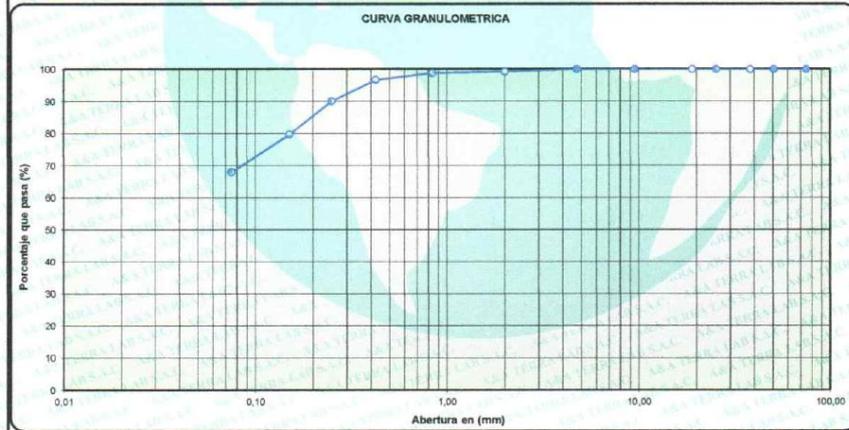
A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	A&A-OC-PR-002-01
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 6913	REVISIÓN: 01
		Página 1 de 1

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima	
SOLICITA : VAL VERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0902-1280-2676)	ASESOR : Mj. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (ORCID: 0000-0303-4459-494X)
UBICACIÓN : Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima	CALICATA : C-1
ENTIDAD : Universidad Cesar Vallejo	N.F. : -
MUESTRA : M-1 (Material propio)	FECHA : 22/09/20
PROF. (m) : 0.00 - 1.50 m.	HECHO POR : AMMA

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75,00	0,0	0,0	0,0	100,0	Peso Total : 700 gr.
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0	Grava : 0 gr. D ₈₀ = 0,07 mm.
1 1/2"	38,10	0,0	0,0	0,0	100,0	Arena : 224 gr. 32,0% D ₃₀ = 0,03 mm.
1"	25,40	0,0	0,0	0,0	100,0	< N° 200 : 476 gr. 68,0% D ₁₀ = 0,01 mm.
3/4"	19,00	0,0	0,0	0,0	100,0	Cu : 6,00 Cc : 2
3/8"	9,50	0,0	0,0	0,0	100,0	
N° 4	4,75	0,0	0,0	0,0	100,0	LÍMITES DE CONSISTENCIA
N° 10	2,00	5,4	0,8	0,8	99,2	Límite Líquido : 23,2
N° 20	0,84	3,2	0,5	1,2	98,8	Límite Plástico : 15,5
N° 40	0,43	15,1	2,2	3,4	96,6	Índice Plástico : 7,7
N° 60	0,25	46,0	6,6	10,0	90,0	
N° 100	0,15	72,8	10,4	20,4	79,6	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 200	0,08	81,6	11,7	32,0	68,0	A.A.S.H.T.O A-4 (3)
< N° 200	0,00	475,5	68,0	100,0	0,0	S.U.C.S. CL
						Arcilla de Baja Plasticidad



Observaciones:

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. INGENIERO EN GEOTÉCNICA	Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		A&A-QC-PR-003-01		
	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS ASTM D 4318		REVISIÓN: 01		
			Página 1 de 1		
DATOS DE LA MUESTRA					
PROYECTO : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima SOLICITA : VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575) ASESOR : Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4453-494X)					
UBICACIÓN : Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima		CALICATA : C-1			
ENTIDAD : Universidad Cesar Vallejo		N.F. : -			
MUESTRA : M-1 (Material propio)		FECHA : 22/09/20			
PROF. (m) : 0.00 - 1.50 m.		HECHO POR : AMMA			
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
Nº TARA		1	2	3	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	40,86	36,39	44,26	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	35,33	31,90	38,63	
PESO DE AGUA	(gr.)	5,53	4,49	5,63	
PESO DE LA TARA	(gr.)	12,79	12,60	13,49	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	22,54	19,30	25,15	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24,53	23,26	22,39	
NUMERO DE GOLPES		16	24	33	
LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)					
Nº TARA		1	2		PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	18,81	18,91		
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	17,98	18,08		
PESO DE LA TARA	(gr.)	12,71	12,63		
PESO DEL AGUA	(gr.)	0,83	0,83		
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	5,27	5,45		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	15,75	15,23		15,5
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES					
R ² = 0,9987					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LIMITE LIQUIDO (%)		23,2			
LIMITE PLASTICO (%)		15,5			
INDICE DE PLASTICIDAD (%)		7,7			
Observaciones: _____					
ELABORADO POR:			APROBADO POR:		
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TECNICO			Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762		
Nombre:			Nombre:		
Fecha:			Fecha:		



A&A TERRA LAB S.A.C.

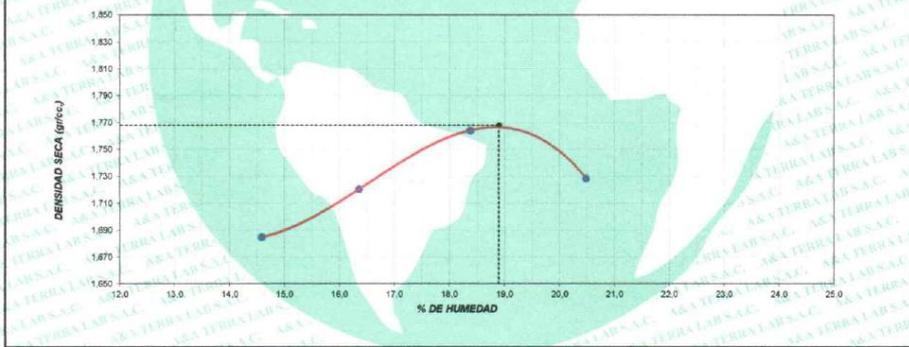
Proyecto	Mejoramiento de la Subrasante con la incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo Cuadra 5, San Martín de Porres - Lima		Solicitante	A. Morales
Asesor:	VALVERDE ORTEGUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575)	Muestreado por :	A. Morales	
Ubicación de Proyecto	Av. Tantamayo Cuadra 5, San Martín de Porres-Lima		Ensayado por :	19/10/2020
Material	MATERIAL PROPIO		Fecha de Ensayo:	Diurno
Entidad	Universidad Cesar Vallejo	Profundidad:	1,5 m	
Sondaje / Calicata	C-1	Norte:	---	
N° de Muestra	M-3	Este:	---	
Progresiva		Cota:	---	

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1883**

	Volumen Molde	2113	cm ³			
	Peso Molde	5885	gr.			
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	9944	10095	10277	10265	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4079	4230	4412	4400	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,930	2,002	2,088	2,062	
Recipiente Número		0	0	0	0	
Peso de la Tara	gr.	0,0	0,0	0,0	0,0	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	511,8	523,5	581,6	473,5	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	446,7	449,9	491,4	369,0	
Peso del agua	gr.	65,1	73,6	90,3	80,5	
Peso del suelo seco	gr.	447	450	491	393	
Contenido de agua	%	14,6	16,4	18,4	20,5	
Densidad Seca	gr/cc	1,685	1,720	1,764	1,728	

Densidad Máxima Seca: 1,768 gr/cm³ **Contenido Humedad Optima:** 18,90 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Firma:	Firma:
A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO	A&A TERRA LAB S.A.C. ING. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
 administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	AAA-OC-PR-023-01
	ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR	REVISIÓN: 01
	ASTM D1557 / ASTM D1883	Página 01 de 03

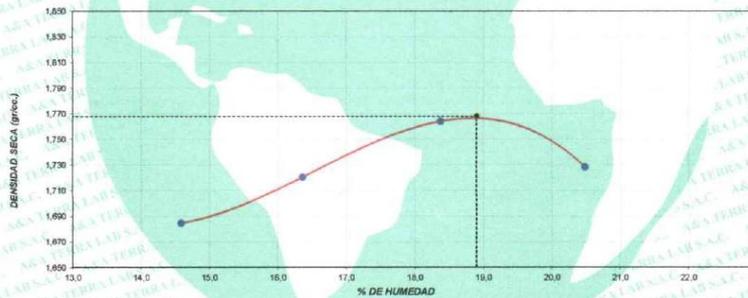
INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Proyecto	Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima		
Solicitante	VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575)		
Atención	Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X)		
Ubicación de Proyecto	Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima		Muestreado por : Solicitante
Material	MATERIAL PROPIO		Ensayado por : A. Morales
Entidad	Universidad Cesar Vallejo		Fecha de Ensayo: 19/10/2020
Procedencia	C-1		Turno: Diurno
Nº de Muestra	M-3		Profundidad: 1.5

Volumen Molde	2113	cm ³
Peso Molde	5865	gr

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Densidad Humeda	gr.	1,930	2,002	2,088	2,062
Contenido de Humedad	%	14,8	16,4	18,4	20,5
Densidad Seca	gr/cc	1,685	1,720	1,784	1,728

Densidad Máxima Seca:	1,768	gr/cm ³ .	Contenido Humedad Óptima:	18,9 %
-----------------------	-------	----------------------	---------------------------	--------

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.

ELABORADO POR:		APROBADO POR:	
Firma:		Firma:	
Nombre:	ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO	Nombre:	Ing JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762
Fecha:		Fecha:	

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
 administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com

Nº 001812



A&A TERRA LAB S.A.C.

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		AAA-CC-PR-028-01									
ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. ASTM D1683		Pruebas		07 de 10									
INFORMACIÓN DEL CLIENTE													
Proyecto : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantalmayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima	Solicitante : VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575)		Muestreado por : Solicitante		Ensayado por : A. Morales								
Atención : Mg. Ing. BENTON ZURIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X)	Ubicación de Proyecto : Av. Tantalmayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima		Fecha de Ensayo : 23/10/2020		Turno : Diurno								
Material : MATERIAL PROPIO	Identificación : Universidad Cesar Vallejo		Profundidad : 1.5 m										
Procedencia : C-1	N° de Muestra : M-3												
CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde N°	1		2		3								
Número de capas	5		5		5								
Número de golpes	25		25		25								
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO								
Peso suelo + molde (gr.)	12884	12870	12503	12539	12292	12295							
Peso molde (gr.)	8020	8020	8070	8070	8040	8040							
Peso suelo compactado (gr.)	4864	4850	4433	4469	4242	4255							
Volumen del molde (cm³)	2315	2315	2269	2269	2274	2274							
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.101	2.095	1.954	1.970	1.865	1.871							
Densidad Seca (gr./cm³)	1.768	1.757	1.644	1.637	1.599	1.592							
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Peso de tierra (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
Tierra + suelo húmedo (gr.)	403.9	399.3	355.7	495.1	491.4	355.1							
Tierra + suelo seco (gr.)	339.8	326.4	299.2	404.0	413.4	294.6							
Peso de agua (gr.)	64.1	62.9	56.5	82.1	78.0	60.5							
Peso de suelo seco (gr.)	339.8	326.4	299.2	404.0	413.4	294.6							
Humedad (%)	18.9	19.3	18.9	20.3	18.9	20.5							
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión			
				mm	%		mm	%		mm	%		
15-oct	14:25	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00		
20-oct	14:25	24	4	0.10	0.09	16	0.41	0.35	50	1.27	1.09		
21-oct	14:25	48	16	0.41	0.35	28	0.71	0.61	59	1.50	1.29		
22-oct	14:25	72	20	0.51	0.44	40	1.02	0.87	71	1.80	1.55		
23-oct	14:25	96	25	0.64	0.55	51	1.30	1.11	81	2.06	1.77		
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga	kg	kg/cm²	Corrección	kg	kg/cm²	Corrección	kg	kg/cm²	Corrección	kg	kg/cm²
0.025	32	1.8			15	0.8			7	0.4			
0.050	66	3.4			25	1.3			15	0.8			
0.075	81	4.1			30	1.5			21	1.1			
0.100	70.307	108	5.5	5.8	8.2	8.2	3.2	2.9	4.1	3.2	1.8	1.5	2.1
0.150	151	7.7			75	3.8			38	1.9			
0.200	105.480	195	9.9	10.2	9.7	108	5.5	5.6	5.3	66	3.5	3.4	3.2
0.300		240	12.2			144	7.3			86	4.4		
0.400		314	16.0			169	8.6			109	5.6		
0.500		348	17.7			220	11.2			142	7.2		
OBSERVACIONES:													
* Muestra provista e identificada por el solicitante													
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.													
ELABORADO POR:						APROBADO POR:							
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO						Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762							
Nombre						Nombre							
Fecha						Fecha							

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
 administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. ASTM D1863	A&A-02-PR-02-01 REVISIÓN 01 Página 02 de 09
	INFORMACIÓN DEL CLIENTE	
Proyecto : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima Solicitante : VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575) Atención : Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X) Ubicación de Proyecto : Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima Material : MATERIAL PROPIO	Muestreado por : Ensayado por : Fecha de Ensayo : Turno :	Solicitante A. Morales 23/10/2020 Diurno
Identificación : Universidad Cesar Vallejo Procedencia : C-1 N° de Muestra : M-3	Profundidad: 1.5 m	
Datos de muestra Máxima Densidad Seca 1,768 gr/cm ³ Óptimo Contenido de Humedad 16.90 % Máxima Densidad Seca al 95% 1,680 gr/cm ³		
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 8.2 % C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 4.1 % C.B.R. (0.1") 10 GOLPES : 2.1 %		
CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557 CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA		
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 8.2 % C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 9.7 % C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 5.0 % C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 6.4 %		
OBSERVACIONES: * Muestra provista e identificada por el solicitante * Prohíbese la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.		
ELABORADO POR: Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO	APROBADO POR: Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762	
Nombre: Fecha:	Nombre: Fecha:	

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "P", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
 administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	A&A-QC-PR-004-01
	CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD EVAPORABLE MEDIANTE SECADO ASTM D 2216	REVISIÓN: 01
		Página 1 de 1

HUMEDAD NATURAL
NORMAS TÉCNICAS: ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima

SOLICITA : VALVERDE ORE LUIS DAVID (<https://orcid.org/0000-0002-1280-2576>) ASESOR : Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (<https://orcid.org/0000-0003-4459-494X>)

UBICACIÓN : Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima CALICATA : C-2

ENTIDAD : Universidad Cesar Vallejo N.F. : -

MUESTRA : M-1 (Material propio) FECHA : 22/09/20

PROF. (m) : 0.00 - 1.50 m. HECHO POR : AMMA

Nº TARA		3A
PESO TARA + SUELO HUMEDO	gr.	1200,23
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	1004,22
PESO DE AGUA	gr.	196,01
PESO DE LA TARA	gr.	62,00
PESO DEL SUELO SECO	gr.	942,22
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	20,8

OBSERVACIONES

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO	Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	A&A-QC-PR-002-01
		REVISIÓN: 01
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 6913	Página 1 de 1

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima

SOLICITA : VALVERDE ORE LUIS DAVID (<https://orcid.org/0009-0002-1280-2575>) ASESOR : Mg. Ing. BENTES ZURIGA JOSE LUIS (ORCID: 0009-0903-4458-494X)

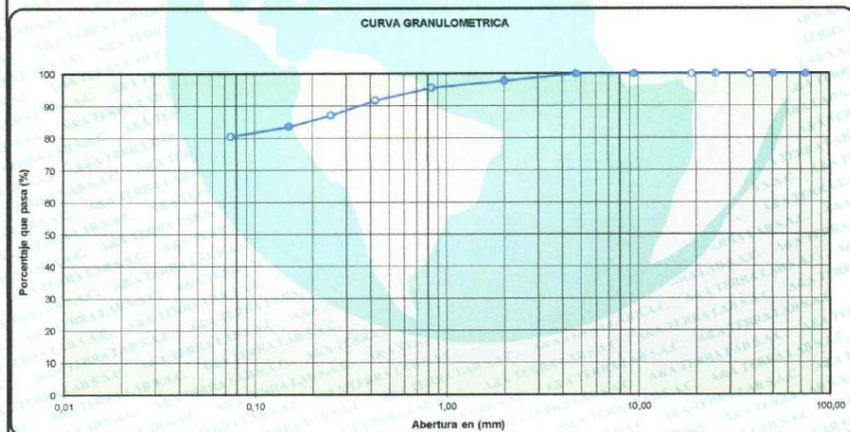
UBICACIÓN : Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima CALICATA : C-2

ENTIDAD : Universidad Cesar Vallejo N.F. : -

MUESTRA : M-1 (Material propio) FECHA : 22/09/20

PROF. (m) : 0.00 - 1.50 m. HECHO POR : AMMA

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75,00	0,0	0,0	0,0	100,0	Peso Total : 499 gr.
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0	Grava : 0 gr. 0,0% D ₅₀ = 0,06 mm.
1 1/2"	38,10	0,0	0,0	0,0	100,0	Arena : 97 gr. 19,5% D ₃₀ = 0,03 mm.
1"	25,40	0,0	0,0	0,0	100,0	< N° 200 : 402 gr. 80,5% D ₁₀ = 0,01 mm.
3/4"	19,00	0,0	0,0	0,0	100,0	Cu : 6,90 Cc : 2
3/8"	9,50	0,0	0,0	0,0	100,0	
N° 4	4,75	0,0	0,0	0,0	100,0	LÍMITES DE CONSISTENCIA
N° 10	2,00	11,2	2,3	2,3	97,7	Limite Líquido : 26,9
N° 20	0,84	10,9	2,2	4,4	95,6	Limite Plástico : 18,2
N° 40	0,43	19,5	3,9	6,4	91,6	Indice Plástico : 8,7
N° 60	0,25	23,3	4,7	13,0	87,0	
N° 100	0,15	17,5	3,5	16,5	83,5	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 200	0,08	15,9	3,0	19,5	80,5	A.A.S.H.T.O : A-4 (5)
< N° 200	0,00	401,6	80,5	100,0	0,0	S.U.C.S. : CL
						Arcilla de Baja Plasticidad



Observaciones:

ELABORADO POR: Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO	APROBADO POR: Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
 administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			A&A-QC-PR-003-01	
	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS ASTM D 4318			REVISIÓN: 01	
				Página 1 de 1	
DATOS DE LA MUESTRA					
PROYECTO : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima SOLICITA : VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2375) ASESOR : Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X) UBICACIÓN : Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima CALICATA : C-2 ENTIDAD : Universidad Cesar Vallejo N.F. : - MUESTRA : M-1 (Material propio) FECHA : 22/09/20 PROF. (m) : 0.00 - 1.50 m. HECHO POR : AMMA					
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
Nº TARA		4A	5B	2C	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	32,56	31,25	29,45	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	27,60	27,25	25,95	
PESO DE AGUA	(gr.)	4,96	4,00	3,50	
PESO DE LA TARA	(gr.)	10,23	12,36	12,36	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	17,37	14,89	13,59	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	28,55	26,86	25,75	
NUMERO DE GOLPES		17	25	33	
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)					
Nº TARA		2A	4C		PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	21,44	22,56		
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	19,50	20,21		
PESO DE LA TARA	(gr.)	8,63	7,56		
PESO DEL AGUA	(gr.)	1,94	2,35		
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	10,87	12,65		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	17,85	18,58		18,2
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES R² = 0,9993					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LÍMITE LÍQUIDO (%)		26,9			
LÍMITE PLÁSTICO (%)		18,2			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)		8,7			
ELABORADO POR: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO			APROBADO POR: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762		
Firma:			Firma:		
Nombre:			Nombre:		
Fecha:			Fecha:		



A&A TERRA LAB S.A.C.

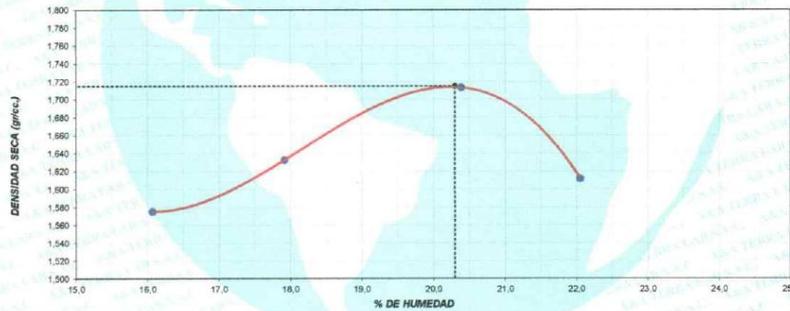
Proyecto	Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima		
Solicitante	VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2975)	Muestreado por :	Solicitante
Asesor:	Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X)	Ensayado por :	A. Morales
Ubicación de Proyecto	Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima	Fecha de Ensayo:	01/10/2020
Material	MATERIAL PROPIO	Turno:	Diurno
Entidad	Universidad Cesar Vallejo	Profundidad:	1.5 m
Sondaje / Calicata	C-2	Norte:	---
N° de Muestra	M-2	Este:	---
Progresiva		Cota:	---

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1883**

		Volumen Molde	2113	cm ³			
		Peso Molde	5865	gr.			
NUMERO DE ENSAYOS			1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	9728	9933	10223	10021		
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3863	4068	4358	4156		
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,828	1,925	2,062	1,967		
Recipiente Numero		0	0	0	0		
Peso de la Tara	gr.	0,0	0,0	0,0	0,0		
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	514,1	402,9	474,3	510,5		
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	443,0	341,7	394,0	418,2		
Peso del agua	gr.	71,2	61,2	80,3	92,2		
Peso del suelo seco	gr.	443	342	394	418		
Contenido de agua	%	16,1	17,9	20,4	22,1		
Densidad Seca	gr/cc	1,575	1,633	1,713	1,612		

Densidad Máxima Seca: 1,715 gr/cm³. **Contenido Humedad Óptima:** 20,30 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Firma:	Firma:
A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO	A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR - LIMA - PERU
Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				AA-00-PR-023-01
	ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 / ASTM D1983				REVISION: 01
					Página 01 de 03
INFORMACIÓN DEL CLIENTE					
Proyecto	: Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima				
Solicitante	: VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575)			Muestreado por :	Solicitante
Atención	: Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4458-484X)			Ensayado por :	A. Morales
Ubicación de Proyecto	: Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima			Fecha de Ensayo:	01/10/2020
Material	: MATERIAL PROPIO			Turno:	Diurno
Entidad	: Universidad Cesar Vallejo			Profundidad:	1.5
Procedencia	: C-2				
N° de Muestra	: M-2				
Volumen Molde		2113	cm ³		
Peso Molde		5865	gr.		
NUMERO DE ENSAYOS					
		1	2	3	4
Densidad Humeda	gr.	1,828	1,925	2,062	1,967
Contenido de Humedad	%	16,1	17,9	20,4	22,1
Densidad Seca	gr/cc	1,575	1,633	1,713	1,612
Densidad Máxima Seca:		1,715 gr/cm ³		Contenido Humedad Optima: 20,3 %	
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA					
<p>The graph plots Dry Density (gr/cc) on the y-axis (ranging from 1.500 to 1.740) against Moisture Content (%) on the x-axis (ranging from 15.0 to 25.0). A smooth curve is drawn through four data points, with a vertical dashed line indicating the peak at approximately 20.3% moisture content and 1.715 gr/cc dry density.</p>					
OBSERVACIONES:					
* Muestra provista e identificada por el solicitante					
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.					
ELABORADO POR:			APROBADO POR:		
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO			Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMANI JEFE DE LABORATORIO CIP 149762		
Nombre:			Nombre:		
Fecha:			Fecha:		

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
 administracion@ayaterrallab.com / gerencia@ayaterrallab.com / www.ayaterrallab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		ASA-CC-PR-005/01											
ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. ASTM D1883		REVISIÓN 01											
		Página 02 de 03											
INFORMACIÓN DEL CLIENTE													
Proyecto	Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima												
Solicitante	VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575)	Muestreado por	Solicitante										
Atención	Mg. Ing. BENTES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4456-484X)	Ensayado por	A. Morales										
Ubicación de Proyecto	Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima	Fecha de Ensayo	05/10/2020										
Material	MATERIAL PROPIO	Turno	Diumo										
Identificación	Universidad Cesar Vallejo	Profundidad	1.5 m										
Procedencia	C-2												
Nº de Muestra	M-2												
CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde N°	15	16	17										
Número de capas	5	5	5										
Número de golpes	56	25	10										
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO										
Peso suelo + molde (gr.)	11390	11404	11220										
Peso molde (gr.)	6730	6730	7172										
Peso suelo compactado (gr.)	4660	4674	4058										
Volumen del molde (cm³)	2248	2248	2117										
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.073	2.079	1.931										
Densidad Seca (gr./cm³)	1.715	1.708	1.581										
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0										
Tara + suelo húmedo (gr.)	386.7	280.5	308.4										
Tara + suelo seco (gr.)	319.8	214.0	255.2										
Peso de agua (gr.)	66.9	46.5	53.3										
Peso de suelo seco (gr.)	319.8	214.0	255.2										
Humedad (%)	20.9	21.7	20.9										
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01*	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión			
				mm	%		mm	%		mm	%		
01-oct	10:20	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00		
02-oct	10:20	24	6	0.15	0.13	20	0.51	0.44	54	1.37	1.18		
03-oct	10:20	48	19	0.48	0.41	32	0.81	0.70	65	1.65	1.42		
04-oct	10:20	72	23	0.58	0.50	45	1.14	0.98	77	1.96	1.68		
05-oct	10:20	96	28	0.70	0.60	57	1.45	1.24	88	2.24	1.92		
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 15				Molde N° 16				Molde N° 17			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025	15	0.7			5	0.4			4	0.2			
0.050	36	1.8			18	0.9			5	0.5			
0.075	62	3.1			23	1.2			13	0.7			
0.100	70.307	96	4.9	5.2	7.4	54	2.8	2.6	3.7	28	1.4	1.3	
0.150		133	6.8			66	3.4			30	1.5		
0.200	105.480	180	9.2	9.5	9.0	94	4.8	5.0	4.7	52	3.2	3.0	
0.300		233	11.9			124	6.3			81	4.1		
0.400		285	14.5			158	8.0			106	5.4		
0.500		335	17.1			192	9.8			136	6.9		
ELABORADO POR:		APROBADO POR:											
Firma:		Firma:											
A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO		A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762											
Nombre:		Nombre:											
Fecha:		Fecha:											



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. ASTM D1883	A&A-OC-PR-023-01 REVISION 01 Páginas 03 de 03
INFORMACIÓN DEL CLIENTE		
Proyecto : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima Solicitante : VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575) Atención : Mg. Ing. BENITES ZURIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X) Ubicación de Proyecto : Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima Material : MATERIAL PROPIO		
Muestreado por : Solicitante Ensayado por : A. Morales Fecha de Ensayo : 05/10/2020 Turno : Diurno		Profundidad: 1.5 m
Identificación : Universidad Cesar Vallejo Procedencia : C-2 N° de Muestra : M-2		
Datos de muestra Máxima Densidad Seca : 1.715 gr/cm ³ Máxima Densidad Seca al 95% : 1.629 gr/cm ³ Optimo Contenido de Humedad : 20.30 %		
 C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 7.4 %	 C.B.R. (0.1") 28 GOLPES : 3.7 %	 C.B.R. (0.1") 10 GOLPES : 1.8 %
CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 7.4 % C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 4.7 %	CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 9.0 % C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 8.0 %	
OBSERVACIONES: * Muestra provista e identificada por el solicitante * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.		
ELABORADO POR: Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO	APROBADO POR: Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762	
Nombre: _____ Fecha: _____	Nombre: _____ Fecha: _____	

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
 administracion@ayaterrallab.com / gerencia@ayaterrallab.com / www.ayaterrallab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		A&A-QC-PR-003-01		
	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS ASTM D 4318		REVISIÓN: 01		
DATOS DE LA MUESTRA			Pagina 1 de 1		
PROYECTO : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima SOLICITA : VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575) ASESOR : Mg. Ing. BENITES ZUNIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X)					
UBICACIÓN : Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima ENTIDAD : Universidad Cesar Vallejo MUESTRA : M-1 (Adición 3% Caucho en Polvo) PROF. (m) : 0.00 - 1.50 m.		CALICATA : C-2 N.F. : - FECHA : 01/10/20 HECHO POR : AMMA			
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
Nº TARA		4A	5B	2C	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	31,41	74,89	29,22	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	27,50	69,00	26,34	
PESO DE AGUA	(gr.)	3,91	5,89	2,88	
PESO DE LA TARA	(gr.)	10,23	41,23	12,36	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	17,27	27,77	13,98	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22,64	21,21	20,60	
NUMERO DE GOLPES		16	25	34	
LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)					
Nº TARA		2A	4C		PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	12,24	22,40		
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	11,33	20,27		
PESO DE LA TARA	(gr.)	5,79	7,56		
PESO DEL AGUA	(gr.)	0,91	2,13		
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	5,54	12,71		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	16,43	16,76		16,6
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES R² = 0,9851					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LIMITE LIQUIDO (%)		21,4			
LIMITE PLASTICO (%)		16,6			
INDICE DE PLASTICIDAD (%)		4,8			
Observaciones: _____					
ELABORADO POR:			APROBADO POR:		
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO			Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762		
Nombre:			Nombre:		
Fecha:			Fecha:		

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
 administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		A&A-QC-PR-003-01		
	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS ASTM D 4318		REVISIÓN: 01		
DATOS DE LA MUESTRA					
PROYECTO : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima					
SOLICITA : VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575)		ASESOR : Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X)			
UBICACIÓN : Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima		CALICATA : C-2			
ENTIDAD : Universidad Cesar Vallejo		N.F. : -			
MUESTRA : M-1 (Adición 5% Caucho en Polvo)		FECHA : 01/10/20			
PROF. (m) : 0.00 - 1.50 m.		HECHO POR : AMMA			
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
N° TARA		4A	5B	2C	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	85,34	69,60	29,78	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	80,65	64,24	26,63	
PESO DE AGUA	(gr.)	4,69	5,36	3,15	
PESO DE LA TARA	(gr.)	41,23	41,61	12,36	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	19,42	22,63	14,27	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24,15	23,69	22,07	
NUMERO DE GOLPES		17	26	36	
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)					
N° TARA		1C	4A		PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	26,50	27,73		
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	25,47	26,49		
PESO DE LA TARA	(gr.)	20,39	20,38		
PESO DEL AGUA	(gr.)	1,03	1,24		
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	5,09	6,11		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	20,24	20,29		20,3
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES R² = 0,996					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LÍMITE LÍQUIDO (%)		23,3			
LÍMITE PLÁSTICO (%)		20,3			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)		3,0			
Observaciones: _____					
ELABORADO POR:			APROBADO POR:		
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO			Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762		
Nombre:			Nombre:		
Fecha:			Fecha:		

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
 administracion@ayaterrallab.com / gerencia@ayaterrallab.com / www.ayaterrallab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		A&A-QC-PR-003-01		
	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS ASTM D 4318		REVISIÓN: 01		
			Pagina 1 de 1		
DATOS DE LA MUESTRA					
PROYECTO : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima					
SOLICITA : VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575) ASESOR : Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X)					
UBICACIÓN : Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima		CALICATA : C-2			
ENTIDAD : Universidad Cesar Vallejo		N.F. : -			
MUESTRA : M-1 (Adición 7% Caucho en Polvo)		FECHA : 01/10/20			
PROF. (m) : 0.00 - 1.50 m.		HECHO POR : AMMA			
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
N° TARA		4A	5B	2C	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	70,92	68,45	66,49	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	65,12	63,18	61,35	
PESO DE AGUA	(gr.)	5,80	5,27	5,14	
PESO DE LA TARA	(gr.)	41,26	41,07	38,14	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	23,88	22,11	23,21	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24,31	23,84	22,15	
NUMERO DE GOLPES		15	24	36	
LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 89)					
N° TARA		2A	4C		PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	28,27	27,58		
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	27,01	26,42		
PESO DE LA TARA	(gr.)	20,75	20,81		
PESO DEL AGUA	(gr.)	1,28	1,16		
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	6,26	5,61		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	20,13	20,68		20,4
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES					
R ² = 0,8782					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LIMITE LIQUIDO (%)		23,3			
LIMITE PLASTICO (%)		20,4			
INDICE DE PLASTICIDAD (%)		2,9			
Observaciones: _____					
ELABORADO POR:			APROBADO POR:		
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO			Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762		
Nombre:			Nombre:		
Fecha:			Fecha:		



A&A TERRA LAB S.A.C.

Proyecto	Mejoramiento de la Suoresente con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima					
Solicitante	VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2675)			Muestreado por :	Solicitante	
Asesor:	Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X)			Ensayado por :	A. Morales	
Ubicación de Proyecto	Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima			Fecha de Ensayo:	01/10/2020	
Material	MATERIAL PROPIO			Turno:	Diurno	
Entidad	: Universidad Cesar Vallejo			Profundidad:	1,5 m	
Sondaje / Calicata	: C-2			Norte:	---	
N° de Muestra	: M-2 (adición de caucho en Polvo 3%)			Este:	---	
Progresiva				Cota:	---	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 / ASTM D1883						
		Volumen Molde	2113	cm ³		
		Peso Molde	5865	gr.		
NUMERO DE ENSAYOS						
		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	9768	9888	10162	10098	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3903	4121	4297	4233	
Peso Volumétrico Humedo	gr.	1,847	1,950	2,034	2,003	
Recipiente Numero		0	0	0	0	
Peso de la Tara	gr.	0,0	0,0	0,0	0,0	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	344,7	289,5	428,0	488,2	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	299,0	248,3	358,0	399,8	
Peso del agua	gr.	45,7	43,3	70,0	89,4	
Peso del suelo seco	gr.	299	248	358	399	
Contenido de agua	%	15,3	17,6	19,6	22,4	
Densidad Seca	gr/cc	1,602	1,659	1,701	1,636	
Densidad Máxima Seca:		1,705 gr/cm³.		Contenido Humedad Óptima:		19,90 %
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA						
<p>The graph plots Dry Density (gr/cc) against % Humidity. The y-axis ranges from 1.500 to 1.800 gr/cc, and the x-axis ranges from 13.0 to 25.0 % humidity. A red curve shows the relationship, with a peak at approximately 19.9% humidity and 1.705 gr/cc dry density. Dashed lines indicate the peak values.</p>						
OBSERVACIONES:						
<ul style="list-style-type: none"> * Muestra provista e identificada por el solicitante * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C. 						
ELABORADO POR:			APROBADO POR:			
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO			Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762			
Nombre:			Nombre:			
Fecha:			Fecha:			

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
 administracion@ayaterrallab.com / gerencia@ayaterrallab.com / www.ayaterrallab.com



A&TERRA LAB S.A.C.

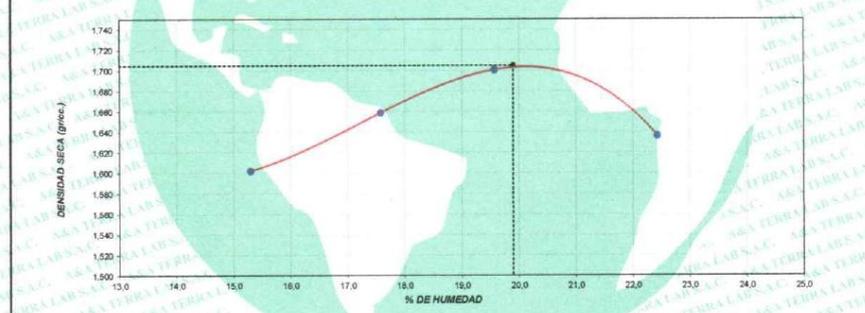
	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	AAA-02-PR-023-01
	ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR	REVISION: 01
	ASTM D1557 / ASTM D1683	Página 01 de 03

INFORMACION DEL CLIENTE			
Proyecto	Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima		
Solicitante	VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1290-2575)		
Atención	Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X)		
Ubicación de Proyecto	Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima		
Material	MATERIAL PROPIO		
Entidad	Universidad Cesar Vallejo	Muestreado por :	Solicitante
Procedencia	C-2	Ensayado por :	A. Morales
Nº de Muestra	M-2 (adicion de caucho en Polvo 3%)	Fecha de Ensayo :	01/10/2020
		Turno:	Diurno
		Profundidad:	1,5

		Volumen Molde	2113	cm ³		
		Peso Molde	5865	gr.		
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
Densidad Humeda	gr.	1,847	1,950	2,034	2,003	
Contenido de Humedad	%	15,3	17,6	19,6	22,4	
Densidad Seca	gr/cc	1,802	1,859	1,701	1,836	

Densidad Máxima Seca: 1,705 gr/cm³ Contenido Humedad Optima: 19,9 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&TERRA LAB S.A.C.

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Firma: A&TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TECNICO	Firma: A&TERRA LAB S.A.C. Ing JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

A&TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		AAA-QC-PR-033-01										
	ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. ASTM D1883		REVISIÓN 01 Página 02 de 03										
INFORMACIÓN DEL CLIENTE													
Proyecto	Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantarayo cuadro 5, San Martín de Porres - Lima			Solicitante									
Solicitante	VALVERDE ORELLUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575)			Muestreado por									
Atención	Mg. Ing. BENITES LUJÁN JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X)			Ensayado por									
Ubicación de Proyecto	Av. Tantarayo cuadro 5, San Martín de Porres-Lima			Fecha de Ensayo									
Material	MATERIAL PROPIO			Turno									
Entidad	Universidad Cesar Vallejo		Profundidad: 1.5 m										
Procedencia	C-2												
N° de Muestra	M-2 (adición de caucho en Polvo 3%)												
CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde N°	8		1		2								
Número de capas	5		5		5								
Número de golpes	55		25		10								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso suelo + molde (gr.)	11115	11130	12398	12430	12145	12128							
Peso molde (gr.)	6740	6740	6020	6020	6070	6070							
Peso suelo compactado (gr.)	4376	4390	4378	4410	4075	4058							
Volumen del molde (cm³)	2141	2141	2315	2315	2209	2269							
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.045	2.050	1.891	1.905	1.796	1.788							
Densidad Seca (gr./cm³)	1.705	1.695	1.576	1.572	1.496	1.483							
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Peso de tara (gr.)	0.0		0.0		0.0								
Tara + suelo húmedo (gr.)	375.3		455.6		389.1								
Tara + suelo seco (gr.)	213.7		379.7		324.1								
Peso de agua (gr.)	62.6		75.9		64.9								
Peso de suelo seco (gr.)	313.7		379.7		324.1								
Humedad (%)	20.0		20.0		20.0								
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tempo Hr	Dial 0.01*		Expansión								
			mm	%	mm	%							
01-oct	11:40	0	0.00	#/DIVI0	0	0.00							
02-oct	11:40	24	5	0.13	19	0.48							
03-oct	11:40	48	17	0.43	30	0.76							
04-oct	11:40	72	21	0.53	43	1.09							
05-oct	11:40	96	26	0.66	54	1.37							
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 8				Molde N° 1				Molde N° 2			
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección				
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		12	0.6			7	0.4			3	0.2		
0.050		33	1.7			15	0.8			7	0.4		
0.075		69	3.0			21	1.1			12	0.6		
0.100	70.307	91	4.6	4.9	7.0	49	2.5	2.4	3.4	26	1.3	1.2	1.7
0.150		139	6.8			62	3.2			21	1.6		
0.200	105.480	170	8.7	9.0	9.5	80	4.5	4.8	4.8	58	3.0	2.9	2.7
0.300		228	11.8			119	6.1			78	4.0		
0.400		380	14.3			153	7.8			104	5.3		
0.500		529	16.6			186	9.5			131	6.7		
OBSERVACIONES:													
* Muestra provista e identificada por el solicitante													
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C													
ELABORADO POR:							APROBADO POR:						
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO							Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762						
Nombre:							Nombre:						
Fecha:							Fecha:						



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. ASTM D1883	A&A-OC-PR-023-01 REVISIÓN: 01 Página 03 de 03
	INFORMACIÓN DEL CLIENTE	
Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima Solicitante: VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575) Atención: Mg. Ing. BENITES ZURIGA, JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X) Ubicación de Proyecto: Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima Material: MATERIAL PROPIO	Muestreado por : Ensayado por : Fecha de Ensayo: 05/10/2020 Turno:	Solicitante: A. Morales Diumo
Entidad: Universidad Cesar Vallejo Procedencia: C-2 N° de Muestra: M-2 (adición de caucho en Polvo 3%)	Profundidad: 1.5 m	
Datos de muestra Máxima Densidad Seca: 1,705 gr./cm ³ Máxima Densidad Seca al 95%: 1,620 gr./cm ³ Optimo Contenido de Humedad: 19.90 %		
<p>C.B.R. (0.1') 56 GOLPES: 7.0 %</p>	<p>C.B.R. (0.1') 25 GOLPES: 3.4 %</p>	<p>C.B.R. (0.1') 10 GOLPES: 1.7 %</p>
CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557 <p>C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 7.0 % C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 4.5 %</p>	CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA <p>C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 8.5 % C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 5.8 %</p>	
OBSERVACIONES: • Muestra provisoria e identificada por el solicitante • Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.		
ELABORADO POR: Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO	APROBADO POR: Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762	
Nombre: Fecha:	Nombre: Fecha:	

Nº 001802



A&A TERRA LAB S.A.C.

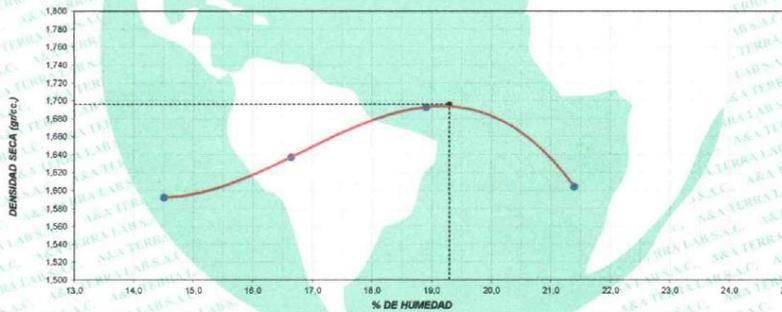
Proyecto	Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantaranayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima		Muestreado por :	Solicitante
Solicitante	VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575)		Ensayado por :	A. Morales
Asesor:	Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X)		Fecha de Ensayo:	01/10/2020
Ubicación de Proyecto	Av. Tantaranayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima		Turno:	Diurno
Material	MATERIAL PROPIO		Profundidad:	1,5 m
Entidad	Universidad Cesar Vallejo		Norte:	---
Sondaje / Calicata	C-2		Este:	---
N° de Muestra	M-2 (edición de caucho en Polvo 5%)		Cota:	---
Progresiva				

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1883**

	Volumen Molde	2113	cm ³			
	Peso Molde	5865	gr.			
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	9718	9900	10118	9990	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3853	4035	4253	4115	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,823	1,910	2,013	1,947	
Recipiente Numero		0	0	0	0	
Peso de la Tara	gr.	0,0	0,0	0,0	0,0	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	301,2	452,0	304,7	366,6	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	263,0	387,5	256,3	302,0	
Peso del agua	gr.	38,2	64,5	48,5	64,6	
Peso del suelo seco	gr.	263	388	256	302	
Contenido de agua	%	14,5	16,6	18,9	21,4	
Densidad Seca	gr/cc	1,592	1,637	1,693	1,604	

Densidad Máxima Seca: 1,696 gr/cm³. Contenido Humedad Óptima: 19,30 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.

ELABORADO POR:		APROBADO POR:	
Firma:		Firma:	
	A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO		A&A TERRA LAB S.A.C. Ing JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762
Nombre:		Nombre:	
Fecha:		Fecha:	

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
administracion@ayaterrallab.com / gerencia@ayaterrallab.com / www.ayaterrallab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

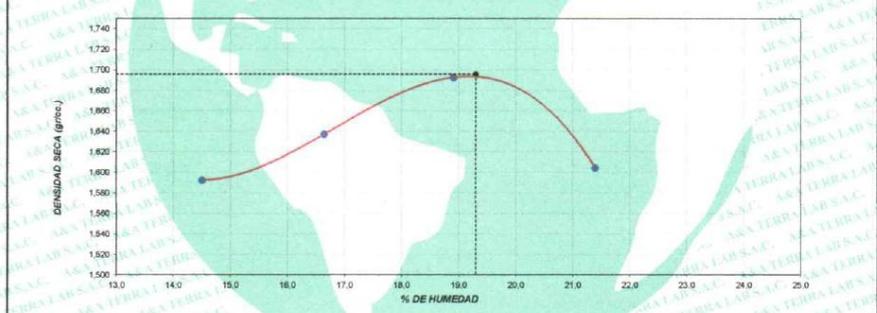
	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	ASA-OC-PR-023-01
	ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR	REVISIÓN: 01
	ASTM D1557 / ASTM D1883	Página 01 de 03

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Proyecto	: Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima		
Solicitante	: VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575)		
Atención	: Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X)		
Ubicación de Proyecto	: Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima		
Material	: MATERIAL PROPIO		
Entidad	: Universidad Cesar Vallejo	Muestreado por	Solicitante
Procedencia	: C-2	Ensayado por	A. Morales
Nº de Muestra	: M-2 (adición de caucho en Polvo 5%)	Fecha de Ensayo	01/10/2020
		Turno	Diurno
		Profundidad	1.5

	Volumen Molde	2113	cm ³
	Peso Molde	5865	gr.
NUMERO DE ENSAYOS			
Densidad Humeda	gr.	1,823	1,910
Contenido de Humedad	%	14,5	16,6
Densidad Seca	gr/cc	1,592	1,637

Densidad Máxima Seca: 1,698 gr/cm³ Contenido Humedad Optima: 19,3 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante
 * Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO	Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
 administracion@ayaterrallab.com / gerencia@ayaterrallab.com / www.ayaterrallab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. ASTM D1883				A&A-CC-PR-023-01 REVISIÓN 01 Página 02 de 03							
INFORMACION DEL CLIENTE													
Proyecto	Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima						Muestreado por	Solicitante					
Solicitante	VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575)						Ensayado por	A. Morales					
Atención	Mg Ing. BENTES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-404X)						Fecha de Ensayo	05/10/2020					
Ubicación de Proyecto	Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima						Turno	Diurno					
Material	MATERIAL PROPIO												
Entidad	Universidad Cesar Vallejo				Profundidad:		1.5 m						
Procedencia	C-2												
Nº de Muestra	M-2 (adición de caucho en Polvo 5%)												
CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde Nº	3		4		5								
Número de capas	5		5		5								
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO						
Peso suelo + molde (gr.)	12547	12863	12342	12370	12133	12115							
Peso molde (gr.)	8040	8040	8120	8120	8130	8130							
Peso suelo compactado (gr.)	4607	4823	4222	4250	4003	3985							
Volumen del molde (cm³)	2274	2274	2271	2271	2259	2250							
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.026	2.083	1.859	1.871	1.779	1.771							
Densidad Seca (gr./cm³)	1.897	1.891	1.557	1.552	1.490	1.481							
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
Tara + suelo húmedo (gr.)	426.1	505.0	388.8	439.1	377.4	425.1							
Tara + suelo seco (gr.)	357.0	420.1	325.7	364.1	316.0	350.7							
Peso de agua (gr.)	69.1	84.9	63.1	75.0	61.4	74.5							
Peso de suelo seco (gr.)	357.0	420.1	325.7	364.1	316.0	350.7							
Humedad (%)	19.4	20.2	19.4	20.6	19.4	21.2							
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Expansión		Expansión					
				mm	%	mm	%	mm	%				
01-oct	14:30	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00				
02-oct	14:30	24	4	0.10	0.09	16	0.41	0.35	45				
03-oct	14:30	48	14	0.38	0.31	28	0.71	0.61	53				
04-oct	14:30	72	19	0.48	0.41	39	0.89	0.65	65				
05-oct	14:30	96	22	0.56	0.48	49	1.24	1.07	75				
PENETRACIÓN													
Penetración (PMB)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde Nº 3				Molde Nº 4				Molde Nº 5			
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		11	0.6			3	0.3			3	0.2		
0.050		31	1.8			13	0.7			6	0.3		
0.075		57	2.9			18	0.9			11	0.6		
0.100	70.307	88	4.5	4.8	6.8	47	2.4	2.3	3.3	22	1.2	1.2	1.7
0.150		125	6.4			59	3.0			29	1.5		
0.200	100.480	166	8.5	8.3	8.3	86	4.4	4.7	4.5	55	3.0	2.8	2.7
0.300		221	11.3			115	5.9			75	3.8		
0.400		265	13.5			147	7.5			99	5.0		
0.500		321	16.3			180	9.2			129	6.6		
OBSERVACIONES:													
* Muestra provista e identificada por el solicitante													
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.													
ELABORADO POR:							APROBADO POR:						
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALEJANDRO MORALES INGENIERO EN CIVIL							Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762						
Nombre:							Nombre:						
Fecha:							Fecha:						



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. ASTM D1883	A&A-00-PR-023-01 REVISIÓN 01 Página 03 de 03
	INFORMACIÓN DEL CLIENTE	
Proyecto : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima Solicitante : VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575) Atención : Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-484X) Ubicación de Proyecto : Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima Material : MATERIAL PROPIO		
Entidad : Universidad Cesar Vallejo Procedencia : C-2 N° de Muestra : M-2 (adición de caucho en Polvo 5%)		Muestreado por : Solicitante Ensayado por : A. Morales Fecha de Ensayo : 05/10/2020 Turno : Diurno
Profundidad : 1.5 m		
Datos de muestra Máxima Densidad Seca : 1,696 gr/cm ³ Máxima Densidad Seca al 95% : 1,611 gr/cm ³ Optimo Contenido de Humedad : 19.30 %		
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 6.8 % C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 3.3 % C.B.R. (0.1") 10 GOLPES : 1.7 %		
CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557		
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 6.8 % C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 4.4 %		
CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA		
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 8.3 % C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 6.7 %		
OBSERVACIONES: * Muestra provista e identificada por el solicitante * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.		
ELABORADO POR		APROBADO POR
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO		Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149767
Nombre: _____ Fecha: _____		Nombre: _____ Fecha: _____

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
 administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com

Nº 001806



A&A TERRA LAB S.A.C.

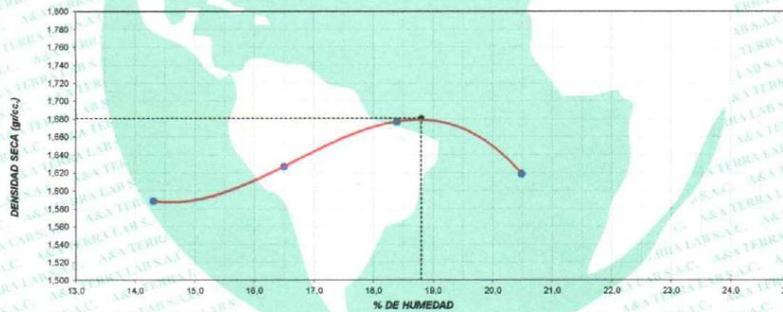
Proyecto	Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantarayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima		Muestreado por :	Solicitante
Solicitante	VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2975)		Ensayado por :	A. Morales
Asesor:	Mg. Ing. BENITES ZUNIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X)		Fecha de Ensayo:	06/10/2020
Ubicación de Proyecto	Av. Tantarayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima		Turno:	Diurno
Material	MATERIAL PROPIO			
Entidad	Universidad Cesar Vallejo		Profundidad:	1,5 m
Sondaje / Calicata	C-2		Norte:	---
N° de Muestra	M-2 (edición de caucho en Polvo 7%)		Este:	---
Progresiva			Cota:	---

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1983**

		Volumen Molde	2113	cm ³			
		Peso Molde	5885	gr.			
NUMERO DE ENSAYOS			1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	9702	9870	10060	9966		
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3837	4005	4195	4121		
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,816	1,895	1,985	1,950		
Recipiente Numero		0	0	0	0		
Peso de la Tara	gr.	0,0	0,0	0,0	0,0		
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	419,5	322,7	372,6	400,0		
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	367,0	277,0	314,9	332,0		
Peso del agua	gr.	52,5	45,7	57,9	68,0		
Peso del suelo seco	gr.	367	277	315	332		
Contenido de agua	%	14,3	16,5	18,4	20,5		
Densidad Seca	gr/cc	1,589	1,627	1,677	1,619		

Densidad Máxima Seca: 1,681 gr/cm³. **Contenido Humedad Óptima:** 18,80 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.

ELABORADO POR:		APROBADO POR:	
Firma:		Firma:	
	A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO		A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762
Nombre:		Nombre:	
Fecha:		Fecha:	

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
administracion@ayaterrallab.com / gerencia@ayaterrallab.com / www.ayaterrallab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 / ASTM D1883		A&A-OC-PR-023-01 REVISIÓN: 01 Página: 01 de 03		
INFORMACIÓN DEL CLIENTE						
Proyecto : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima. Solicitante : VALVERDE ORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575) Atención : Mg. Ing. BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X) Ubicación de Proyecto : Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima Material : MATERIAL PROPIO						
Entidad : Universidad Cesar Vallejo Procedencia : C-2 N° de Muestra : M-2 (adicion de caucho en Polvo 7%)				Muestreado por : Solicitante A. Morales Ensayado por : Fecha de Ensayo: 06/10/2020 Turno: Diurno Profundidad: 1.5		
		Volumen Molde	2113	cm ³		
		Peso Molde	5865	gr.		
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
Densidad Humeda	gr.	1,816	1,895	1,865	1,950	
Contenido de Humedad	%	14,3	16,5	18,4	20,5	
Densidad Seca	gr/cc	1,589	1,627	1,677	1,619	
Densidad Máxima Seca:		1,681 gr/cm ³		Contenido Humedad Optima:		18,8 %
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA						
OBSERVACIONES: * Muestra provista e identificada por el solicitante * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.						
ELABORADO POR:			APROBADO POR:			
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO			Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762			
Nombre:			Nombre:			
Fecha:			Fecha:			

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
administracion@ayaterrallab.com / gerencia@ayaterrallab.com / www.ayaterrallab.com



A&A TERRA LAB S.A.C.

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				AAA-CC-PR-033-01							
		ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. ASTM D1983				REVISIÓN 01							
						Página 01 de 01							
INFORMACIÓN DEL CLIENTE													
Proyecto	Mejoramiento de la Subrasante con la incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima												
Solicitante	VALVERDE ORIEL LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0003-1280-2575)				Muestreado por	Solicitante							
Atención	Mg. Ing. BENTINÉS ZUÑIGA JOSÉ LUIS (https://orcid.org/0000-0003-4459-494X)				Ensayado por	A. Morales							
Ubicación de Proyecto	Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima				Fecha de Ensayo	10/07/2020							
Material	MATERIAL PROPIO				Turno	Diurno							
Entidad	Universidad Cesar Vallejo				Profundidad	1.5 m							
Procedencia	C-2												
Nº de Muestra	M-2 (adición de caucho en Polvo 7%)												
CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde Nº	6		14		1								
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Número de capas	5	5	5	5	5	5							
Número de golpes	50	50	25	25	10	10							
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso suelo + molde (gr.)	10994	11000	12260	12308	12700	12113							
Peso molde (gr.)	8720	8720	8120	8120	6320	6020							
Peso suelo compactado (gr.)	4274	4280	4160	4188	4080	4093							
Volumen del molde (cm³)	2141	2141	2269	2269	2315	2315							
Densidad húmeda (gr./cm³)	1.996	1.999	1.833	1.846	1.763	1.768							
Densidad Seca (gr./cm³)	1.681	1.676	1.543	1.537	1.454	1.450							
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
Tara + suelo húmedo (gr.)	330.2	390.0	501.4	445.7	429.0	480.0							
Tara + suelo seco (gr.)	278.0	327.0	421.9	371.1	361.2	393.7							
Peso de agua (gr.)	52.2	63.0	79.5	74.6	67.8	86.3							
Peso de suelo seco (gr.)	276.0	327.0	421.9	371.1	361.2	393.7							
Humedad (%)	18.8	19.3	18.8	20.1	18.8	21.9							
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Dial 0.0"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión			
				mm	%		mm	%		mm	%		
06-oct	10:16	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00		
07-oct	10:15	24	3	0.08	0.07	14	0.36	0.31	48	1.22	1.05		
08-oct	10:15	48	12	0.30	0.26	25	0.64	0.55	57	1.45	1.24		
09-oct	10:15	72	17	0.43	0.37	35	0.89	0.76	69	1.76	1.51		
10-oct	10:15	96	20	0.51	0.44	45	1.17	1.00	80	2.03	1.75		
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde Nº 6				Molde Nº 14				Molde Nº 1			
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección		
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025	9	0.5	0.4	0.2	0.2	3	0.2	0.2	0.2	3	0.2	0.2	0.2
0.050	28	1.4	1.1	0.6	0.6	6	0.3	0.3	0.3	6	0.3	0.3	0.3
0.075	54	2.8	2.2	1.2	1.2	10	0.5	0.5	0.5	10	0.5	0.5	0.5
0.100	70.307	3.5	2.8	1.5	1.5	14	0.7	0.7	0.7	14	0.7	0.7	0.7
0.150		121	6.2	3.2	3.2	24	1.4	1.4	1.4	24	1.4	1.4	1.4
0.200	105.460	181	9.2	4.8	4.8	31	1.9	1.9	1.9	31	1.9	1.9	1.9
0.300		215	10.9	5.8	5.8	41	2.5	2.5	2.5	41	2.5	2.5	2.5
0.400		259	13.2	7.0	7.0	49	3.1	3.1	3.1	49	3.1	3.1	3.1
0.500		349	15.9	8.4	8.4	63	3.9	3.9	3.9	63	3.9	3.9	3.9
ELABORADO POR:		APROBADO POR:											
Firma:		Firma:											
A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO		A&A TERRA LAB S.A.C. Ing. JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO CIP 149762											
Nombre:		Nombre:											
Fecha:		Fecha:											



A&A TERRA LAB S.A.C.

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. ASTM D1883	A&A-OC-PR-023-01 REVISIÓN 01 Página 03 de 03
	INFORMACIÓN DEL CLIENTE	
Proyecto : Mejoramiento de la Subrasante con la Incorporación del Caucho en Polvo en la Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres - Lima Solicitante : VALVERDE GORE LUIS DAVID (https://orcid.org/0000-0002-1280-2575) Ubicación de Proyecto : Av. Tantamayo cuadra 5, San Martín de Porres-Lima Material : MATERIAL PROPIO	Muestreado por : Ensayado por : Fecha de Ensayo : Turno :	Solicitante : A. Morales 10/10/2020 Diurno
Entidad : Universidad Cesar Vallejo Procedencia : C-2 N° de Muestra : M-2 (adición de caucho en Polvo 7%)	Profundidad: 1.5 m	
Datos de muestra Máxima Densidad Seca : 1,681 gr/cm ³ Máxima Densidad Seca al 95% : 1,597 gr/cm ³ Óptimo Contenido de Humedad : 18,90 %		
<p>C.B.R. (0.1') 56 GOLPES: 6,4 %</p>	<p>C.B.R. (0.1') 25 GOLPES: 2,8 %</p>	<p>C.B.R. (0.1') 10 GOLPES: 1,6 %</p>
CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557 <p>C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 6,4 % C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 4,2 %</p>		CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA <p>C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 8,0 % C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 5,8 %</p>
OBSERVACIONES: * Muestra provista e identificada por el solicitante * Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de A&A TERRA LAB S.A.C.		
ELABORADO POR: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. RESPONSABLE TÉCNICO	APROBADO POR: A&A TERRA LAB S.A.C. Ing JUNIOR CARLOS ROJAS VILCAHUAMAN JEFE DE LABORATORIO C.I.P 149762	
Nombre: Fecha:	Nombre: Fecha:	

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR – LIMA – PERU
 Teléfono (511) 301-9466 / cel. +51 999030506
 administracion@ayaterrallab.com / gerencia@ayaterrallab.com / www.ayaterrallab.com

Anexo 7: Certificado de Calibración de Equipos.

 Punto de Precisión SAC	LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado Registro N° LC - 033
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-148-2020		
Página: 1 de 3		
Expediente : 053-2020	Fecha de Emisión : 2020-03-12	<p>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.</p> <p>Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.</p> <p>PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p>
1. Solicitante : A & A TERRA LAB. S.A.C.	Dirección : MZA. F LOTE. 08 SEC. 2 GRUPO 2 - VILLA EL SALVADOR - LIMA	
2. Instrumento de Medición : BALANZA	Marca : OHAUS	
Modelo : V11P30T	Número de Serie : 30900558	
Alcance de Indicación : 30 kg	División de Escala de Verificación (e) : 0,001 kg	
División de Escala Real (d) : 0,001 kg	Procedencia : NO INDICA	
Identificación : NO INDICA	Tipo : ELECTRÓNICA	
Ubicación : LABORATORIO	Fecha de Calibración : 2020-03-12	
3. Método de Calibración	La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.	
4. Lugar de Calibración	LABORATORIO de A & A TERRA LAB. S.A.C. MZA. F LOTE. 08 SEC. 2 GRUPO 2 - VILLA EL SALVADOR - LIMA	
	 Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631	
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02		

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-148-2020

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	28,8	28,8
Humedad Relativa	58,3	59,2

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	M-0660-2018
	Pesa (exactitud F1)	LM-323-2018
	Pesa (exactitud F1)	LM-324-2018
	Pesa (exactitud F1)	LM-325-2018
	Pesa (exactitud F1)	LM-356-2018
	Pesa (exactitud F2)	LM-114-2019
	Pesa (exactitud F2)	LM-115-2019
	Pesa (exactitud F2)	LM-116-2019

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 30,0001 kg
 Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 19,992 kg para una carga de 20,000 kg
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
 Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
 Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición	Carga L1= 15,000 kg	Inicial		Final		
		Temp. (°C)	28,8	Temp. (°C)	28,8	
N°	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)
1	14,999	0,0004	-0,0010	30,000	0,0008	-0,0004
2	15,001	0,0007	0,0007	30,000	0,0007	-0,0003
3	15,000	0,0004	0,0000	30,000	0,0008	-0,0004
4	15,000	0,0006	-0,0002	29,999	0,0005	-0,0011
5	15,000	0,0006	-0,0002	30,000	0,0009	-0,0005
6	15,000	0,0005	-0,0001	30,000	0,0009	-0,0005
7	15,000	0,0006	-0,0002	30,000	0,0009	-0,0005
8	15,000	0,0007	-0,0003	29,999	0,0006	-0,0012
9	15,000	0,0006	-0,0002	30,000	0,0009	-0,0005
10	15,000	0,0006	-0,0002	30,000	0,0009	-0,0005
Diferencia Máxima			0,0017	0,0009		
Error máximo permitido ±		0,002 kg		±		0,003 kg



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-148-2020

Página: 3 de 3

2	5
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E _s				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (kg)	l (kg)	ΔL (kg)	E _o (kg)	Carga L (kg)	l (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	E _c (kg)
1	0,010	0,010	0,0005	0,0000	10,000	10,000	0,0007	-0,0002	-0,0002
2		0,010	0,0007	-0,0002		10,000	0,0002	0,0003	0,0005
3		0,010	0,0004	0,0001		10,000	0,0007	-0,0002	-0,0003
4		0,010	0,0005	0,0000		10,000	0,0005	0,0000	0,0000
5		0,010	0,0003	0,0002		10,000	0,0006	-0,0001	-0,0003

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 0,002 kg

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (kg)
	l (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	E _c (kg)	l (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	E _c (kg)	
0,0100	0,010	0,0007	-0,0002						
0,0500	0,050	0,0005	0,0000	0,0002	0,050	0,0004	0,0001	0,0003	0,001
0,5000	0,500	0,0006	-0,0001	0,0001	0,500	0,0004	0,0001	0,0003	0,001
2,0000	2,000	0,0005	0,0000	0,0002	2,000	0,0005	0,0000	0,0002	0,001
5,0000	5,000	0,0005	0,0000	0,0002	5,000	0,0004	0,0001	0,0003	0,001
7,0000	7,000	0,0004	0,0001	0,0003	7,001	0,0003	0,0012	0,0014	0,002
10,0000	10,000	0,0005	0,0000	0,0002	10,000	0,0004	0,0001	0,0003	0,002
15,0001	15,000	0,0003	0,0001	0,0003	15,000	0,0002	0,0002	0,0004	0,002
20,0001	20,000	0,0003	0,0001	0,0003	19,999	0,0003	-0,0009	-0,0007	0,002
25,0001	25,000	0,0009	-0,0005	-0,0003	24,999	0,0003	-0,0009	-0,0007	0,003
30,0001	29,999	0,0005	-0,0011	-0,0009	29,999	0,0005	-0,0011	-0,0009	0,003

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 2,57 \times 10^{-6} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{4,34 \times 10^{-7} \text{ kg}^2 + 1,23 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

R : en kg

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0156 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0938-2020	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).
2. Solicitante	A & A TERRA LAB. S.A.C.	
3. Dirección	MZA. F LOTE. 08 SEC. 2 GRUPO 2 LIMA - LIMA - VILLA EL SALVADOR	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad Máxima	30000 g	
División de escala (d)	1 g	
Div. de verificación (e)	1 g	
Clase de exactitud	II	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Marca	OHAUS	
Modelo	R21PE30ZH	
Número de Serie	B847537529	
Capacidad mínima	20 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2020-09-25	

Fecha de Emisión

2020-09-25

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0156 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Tercera Edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Masa de PERUTEST S.A.C.
Jr. La Madrid Mz D Lote 25 Urb. Los Olivos - SMP - LIMA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.7 °C	21.8 °C
Humedad Relativa	56%	56%

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0550-2020
METROIL	JUEGO DE PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0549-2020
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0548-2020
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0547-2020
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1131-2020

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (**) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0156 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	21.7 °C	21.8 °C

Medición N°	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g			
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	14,999	0.3	-0.8	29,999	0.3	-0.8	
2	14,999	0.2	-0.7	30,000	0.5	0.0	
3	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.4	0.1	
4	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.5	0.0	
5	15,000	0.5	0.0	29,999	0.3	-0.8	
6	15,000	0.4	0.1	30,000	0.5	0.0	
7	15,000	0.8	-0.3	30,000	0.4	0.1	
8	14,999	0.2	-0.7	30,000	0.6	-0.1	
9	15,000	0.6	-0.1	30,001	0.7	0.8	
10	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.6	-0.1	
Diferencia Máxima			0.9	Diferencia Máxima			1.6
Error Máximo Permissible			± 2.0	Error Máximo Permissible			± 3.0

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición
de las
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	21.8 °C	21.8 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1		10	0.4	0.1		10,000	0.6	-0.1	-0.2
2		9	0.3	-0.8		10,000	0.6	-0.1	0.7
3	10 g	11	0.9	0.6	10,000	9,999	0.2	-0.7	-1.3
4		10	0.5	0.0		10,000	0.4	0.1	0.1
5		10	0.3	0.2		10,000	0.6	-0.1	-0.3
Error máximo permisible									± 2.0

* Valor entre 0 y 10e

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
 Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
 Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
 E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0156 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	21.8 °C	21.8 °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)
10	10	0.8	-0.3						
20	20	0.6	-0.1	0.2	20	0.7	-0.2	0.1	1.0
100	100	0.6	-0.1	0.2	100	0.6	-0.1	0.2	1.0
500	500	0.5	0.0	0.3	500	0.6	-0.1	0.2	1.0
1,000	1,000	0.6	-0.1	0.2	1,000	0.8	-0.3	0.0	1.0
5,000	5,000	0.7	-0.2	0.1	5,000	0.4	0.1	0.4	2.0
10,000	10,000	0.5	0.0	0.3	10,000	0.6	-0.1	0.2	2.0
15,000	14,999	0.3	-0.8	-0.5	15,000	0.5	0.0	0.3	2.0
20,000	19,999	0.2	-0.7	-0.4	19,999	0.3	-0.8	-0.5	3.0
25,000	24,999	0.3	-0.8	-0.5	24,999	0.2	-0.7	-0.4	3.0
30,000	30,000	0.6	-0.1	0.2	30,000	0.5	0.0	0.3	3.0

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.4306667 \text{ g}^2 + 0.0000000131 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.0000091 R$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1045-101-2020

Página 1 de 3

Fecha de emisión 2020/10/03
Solicitante **A & A TERRA LAB. S.A.C.**
Dirección MZA. F LOTE. 08 SEC. 2 GRUPO 2 LIMA - LIMA - VILLA EL SALVADOR
Instrumento de medición **PRENSA CBR CON CELDA DE CARGA**
Identificación 1045-101-2020
Marca Prensa ARSOU
Modelo PR401
Serie 1010251
Celda de Carga TIPO S
Modelo 101NH-10Kib
Indicador DIGITAL
Modelo DD-KC1
Serie 4919000067
Procedencia PERÚ
Lugar de calibración Laboratorio de ARSOU GROUP S.A.C.
Fecha de calibración 2020/10/03

Método/Procedimiento de calibración

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. de viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga de 5 TN	MT-LF-263-2019 con trazabilidad INF-LE 030-19B.

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 18,3 °c	Final: 18,0 °C
Humedad Relativa	Inicial: 87 %hr	Final: 87 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

TABLA N° 01
CALIBRACION DE ANILLO DE CARGA

SISTEMA DIGITAL "A" Kg	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (Kg)				PROMEDIO "B" Kg	ERROR		RPTBLD Rp %
	SERIE (1) Kg	SERIE (2) Kg	ERROR %	ERROR (2) %		Ep %	Rp %	
500	499.8	499.3	-0.04	-0.14	499.6	-0.09	0.07	
1000	999.4	999.5	-0.06	-0.05	999.5	-0.05	0.01	
1500	1499.6	1499.8	-0.03	-0.01	1499.7	-0.02	0.01	
2000	2000.9	2000.8	0.05	0.04	2000.9	0.04	0.00	
2500	2500.2	2500.5	0.01	0.02	2500.4	0.01	0.01	
3000	3000.2	3000.8	0.01	0.03	3000.5	0.02	0.01	
3500	3500.9	3500.5	0.03	0.01	3500.7	0.02	0.01	
4000	4000.8	4000.2	0.02	0.00	4000.5	0.01	0.01	

NOTAS SOBRE CALIBRACION

1. - La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- 2.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100$$

$$Rp = Error(2) - Error(1)$$
3. - La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



ARSOU GROUP S.A.C.
Fig. Roggerio Arévalo Carrica
METROLOGÍA

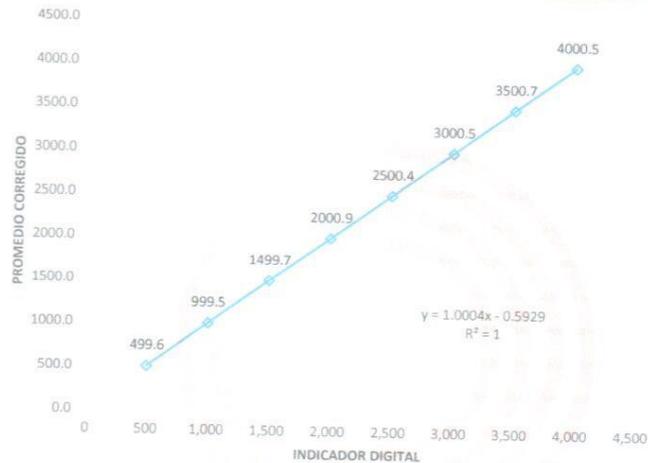
ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. de viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:
Donde: $y = 1,0004x - 0,5929$
Coeficiente Correlación $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kg)
Y : fuerza promedio (kg)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. de viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

Anexo 8: Recibo del pago realizado por los servicios de ensayos de laboratorio.

15/11/2020

::: Boleta de Venta Electronica - Impresion :::

A & A TERRA LAB. S.A.C. MZA. F LOTE. 08 SEC. 2 GRUPO 2 VILLA EL SALVADOR - LIMA - LIMA		BOLETA DE VENTA ELECTRONICA RUC: 20603566794 EB01-5				
Fecha de Vencimiento : Fecha de Emisión : 15/11/2020 Señor(es) : LUIS DAVID VALVERDE ORE DNI : 76758908 Tipo de Moneda : SOLES Observación :						
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
5.00	UNIDAD	ENSAYOS DE LABORATORIO PARA PROYECTO DE TESIS (ENSAYO PROCTOR MODIFICADO)	76.271	0.00	450.00	0.00
2.00	UNIDAD	CLASIFICACION DE SUELOS (INCLUYE GRANULOMETRIA, L.L. L.P. HUMEDAD NATURAL)	110.17	0.00	260.00	0.00
5.00	UNIDAD	ENSAYO C.B.R.	194.916	0.00	1,150.00	0.00
3.00	UNIDAD	LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO INDICE DE PLASTICIDAD	50.845	0.00	180.00	0.00
Otros Cargos :						S/0.00
Otros Tributos :						S/0.00
ICBPER :						S/ 0.00
Importe Total :						S/2,040.00
SON: DOS MIL CUARENTA Y 00/100 SOLES						
(*) Sin impuestos.		Op. Gravada :		S/ 1,728.82		
(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.		Op. Exonerada :		S/ 0.00		
		Op. Inafecta :		S/ 0.00		
		ISC :		S/ 0.00		
		IGV :		S/ 311.18		
		ICBPER :		S/ 0.00		
		Otros Cargos :		S/ 0.00		
		Otros Tributos :		S/ 0.00		
		Importe Total :		S/ 2,040.00		
Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe , en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.						

