



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Estabilización de la Subrasante Adicionando Ceniza de Bambú y Caucho Granulado en el Diseño del Pavimento Flexible, Carabayllo - Lima, 2022.”

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

**AUTOR:**

Garcia Guzman, Gilder (orcid.org/0000-0003-3419-9022)

**ASESOR:**

Mg. Sigüenza Abanto, Roberto Wilfredo (orcid.org/0000-0001-8850-8463)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

**Lima – Perú**

**(2022)**

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mi Dios por darme fuerzas en los problemas que se presentaban, enseñándome afrontar las adversidades y guiándome siempre por el buen camino.

A mi familia, mis tíos por su apoyo incondicional, consejos, comprensión, ayuda en los momentos difíciles. Me han dado todo lo que soy como persona, principios, valores y perseverancia y coraje para lograr mis objetivos.

### **Agradecimiento**

Tu ayuda a sido sumamente importante, estuviste a mi lado en los momentos y situaciones muy difíciles, sin tu ayuda este proyecto no hubiera sido posible, siempre estuviste motivándome, me ayudaste hasta donde te era posible, muchas gracias Jeydi Margarita Ccoto Trujillo.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y Diseño de investigación.....	17
3.2. Variables y operacionalización.....	17
3.3. Población, muestra y muestreo.....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimiento .....	21
3.6. Método de análisis de datos.....	22
3.7. Aspectos éticos .....	22
IV. RESULTADOS .....	23
V. DISCUSIÓN.....	56
VI. CONCLUSIONES.....	60
VII. RECOMENDACIONES .....	62
REFERENCIAS.....	64
ANEXOS .....	69

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	Normas Técnicas Peruanas.....	13
<b>Tabla 2</b>	Exploración en el campo.....	27
<b>Tabla 3</b>	Granulometría.....	28
<b>Tabla 4</b>	Clasificación de suelos.....	31
<b>Tabla 5</b>	Clasificación de suelos según índice de plasticidad .....	33
<b>Tabla 6</b>	Límites de consistencia.....	33
<b>Tabla 7</b>	Ensayos de Límites de Consistencia del Patrón (C-1) adicionando ceniza y caucho.....	34
<b>Tabla 8</b>	Proctor modificado adicionando de ceniza de bambú.....	35
<b>Tabla 9</b>	Proctor modificado adicionando caucho granulado .....	37
<b>Tabla 10</b>	Proctor modificado adicionando ceniza de bambú + caucho granulado	39
<b>Tabla 11</b>	Categorías de subrasantes según el valor de CBR .....	39
<b>Tabla 12</b>	Conteo de vehículos ligeros.....	45
<b>Tabla 13</b>	Conteo de vehículos pesados.....	46
<b>Tabla 14</b>	Factor de corrección de vehículos ligeros y pesados.....	47
<b>Tabla 15</b>	Tasa de crecimiento vehicular .....	48
<b>Tabla 16</b>	Factor de distribución direccional y de carril (Fd y Fc).....	50
<b>Tabla 17</b>	Desviación estándar (Zr).....	52
<b>Tabla 18</b>	Índice de serviciabilidad inicial (Pi) y final (Pt) .....	53
<b>Tabla 19</b>	Valores de confiabilidad (%R).....	53
<b>Tabla 20</b>	Condición de drenaje .....	54
<b>Tabla 21</b>	Coeficientes estructurales de capa.....	54
<b>Tabla 22</b>	Espesores de diseño.....	55

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Ubicación del dtto. de Carabaylo en el Dpto. de Lima.....	25
<b>Figura 2:</b> Ubicación del proyecto.....	26
<b>Figura 3.</b> Extracción de calicatas.....	27
<b>Figura 4.</b> Granulometría .....	29
<b>Figura 5.</b> Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) .....	30
<b>Figura 6.</b> Sistema de clasificación de suelos AASHTO .....	31
<b>Figura 7.</b> Ensayo de Proctor modificado adicionando ceniza de bambú 3%, 5% y 8% .....	35
<b>Figura 8.</b> Ensayo de Proctor adicionando Caucho granulado con 3%, 5% y 8 %	36
<b>Figura 9.</b> Ensayo de Proctor adicionando Caucho granulado 1%, 2%, 3%, 5% y 8% .....	36
<b>Figura 10.</b> Ensayo de Proctor Modificado, ceniza de bambú caucho + caucho granulado .....	38
<b>Figura 11.</b> Ensayo CBR con ceniza de bambú .....	40
<b>Figura 12.</b> Ensayo CBR con Caucho Granulado .....	41
<b>Figura 13.</b> Ensayo CBR con ceniza de bambú + caucho granulado .....	42
<b>Figura 14.</b> Ensayo de CBR adicionando Ceniza de bambú con caucho granulado .....	43
<b>Figura 15.</b> Módulo de Resiliencia .....	43
<b>Figura 16.</b> Conteo vehicular en noche.....	45
<b>Figura 17.</b> Conteo vehicular en noche.....	46
<b>Figura 18.</b> relacion de cargas por ejes para establecer ejes equivalentes (EE)	50
<b>Figura 19.</b> resultados de los ejes equivalentes (ESAL) .....	51
<b>Figura 20.</b> Espesores de las capas .....	55

## Resumen

La presente investigación se trazó como objetivo, determinar la estabilización de la subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granulado en el diseño del pavimento flexible en Carabayllo – Lima, 2022 empleando una metodología de tipo aplicada con enfoque cuantitativo, con diseño cuasiexperimental, considerando como población del Distrito de Carabayllo, ubicado exactamente entre las progresivas 00+00 hasta la progresiva 00+91 Km. Entre los resultados, se obtuvo que mediante el análisis del comportamiento físico y mecánico de los suelos adicionando ceniza de bambú y caucho granulado, donde se determinó que al adicionar 5% de ceniza de bambú con 1% de caucho, se alcanzará la mayor estabilización, asimismo que el CBR en promedio del terreno natural es de 2,2%, sin embargo, cuando se añade las dosificaciones de 3% se obtuvo un CBR (4.30%) asimismo con la adición del 5% alcanzó un CBR (5.40%), esto al adicionar los aditivos naturales por separado. Concluyó, que la relación proporcional de ceniza de bambú y caucho granular para llegar a una óptima estabilización es 5% de ceniza de bambú más el 1 % de caucho granulado donde se alcanzó un CBR (20.1%) para lograr alcanzar la estabilización de la subrasante del pavimento.

**Palabras clave:** Subrasante, pavimento flexible, ceniza de bambú, caucho granulado

## **Abstract**

The objective of this research was to determine the stabilization of the subgrade by adding bamboo ash and granulated rubber in the design of the flexible pavement in Carabayllo - Lima, 2022 using an applied methodology with a quantitative approach, with a quasi-experimental design, considering as population of the District of Carabayllo, located exactly between stations 00+00 to station 00+91 Km. Among the results, it was obtained that through the analysis of the physical and mechanical behavior of the soils by adding bamboo ash and granulated rubber, where it was determined that by adding 5% of bamboo ash with 1% of rubber, the greatest stabilization will be achieved, also that the average CBR of the natural terrain is 2.2%, however, when the dosages of 3% are added, a CBR (4.30%) also with the addition of 5% reached a CBR (5.40%), this when adding the natural additives separately. He concluded that the proportional relationship of bamboo ash and granular rubber to reach an optimal stabilization is 5% bamboo ash plus 1% of granulated rubber where a CBR (20.1%) was reached to achieve the stabilization of the subgrade. of the pavement.

**Keywords:** Subgrade, flexible pavement, bamboo ash, granulated rubber

# I. INTRODUCCIÓN

En cuanto a la realidad problemática, en el ámbito internacional, en Colombia, consideran uno de los materiales más usados a la hora de estabilizar mecánicamente una subrasante son los afirmados o los terraplenes con suelos seleccionados, estos se encuentran definidos en el manual del INVIAS, con sus respectivas caracterizaciones, granulometrías y diferentes dosificaciones a la hora de su producción, además que las vías terciarias con un volumen bajo de tránsito propuesta por el Instituto en 2015, siendo el pavimento con placa – huella, cuyo mecanismo da respuesta a los esfuerzos producidos por el eje de un vehículo apoyado sobre el suelo, que para efecto de durabilidad debe estar conformado por una capa de Sub Base Granular, indicando que las especificaciones adoptó una espesor de 15 cm. de sub - base granular sobre una subrasante con un CBR del 3% (Vargas, Gutierrez, & Rojas, 2020).

A nivel nacional, en un estudio realizado en Trujillo, se menciona que en el Perú existen muchos lugares con falta de conexión vial, lo cual es de suma importancia para aquellos que cuentan con recursos escasos y a la vez necesitan que vengan de otros lugares donde dichos recursos abundan, esto también genera el problema visto del otro lado en lo cual el comercio no se expande por falta de conectividad vial (Ipince, 2020).

En Huancayo, las carreteras interestatales requieren modelos de conservación y mantenimiento porque el tránsito peatonal y vehicular debe seguir especificaciones acordes a sus requerimientos de mantenimiento para reducir el número de accidentes, que pueden acrecentar, todo por falta de protecciones efectivas de la capa de rodadura (Vilca, 2020).

A partir del mismo contexto en Lima, Se examinaron muestras superficiales locales, donde la primera excavación C-1 realizada por la Asociación de Propietarios de Vivienda Las Diamelas y el Proyecto Habitacional Las Margaritas fue un relleno arcilloso- limoso encontrado durante una exploración a una profundidad de 2.20 m. (Brandan, 2020). En Lima, en el distrito de Carabayllo las avenidas necesitan mejorar para soportar el tránsito, no solo de las personas sino también de los vehículos, es por ello que la investigación busca proponer alternativas de estabilización de suelos, especialmente los expansivos, empleando materiales residuales que aporten a disminuir la contaminación.

La presente investigación responderá al siguiente **problema general**: ¿La estabilización de la subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granulado permitirá el diseño del pavimento flexible en Carabayllo – Lima, 2022?, con **problemas específicos**: **PE1**: ¿Cuáles son los ensayos que permitieron determinar las propiedades mecánicas del suelo en la estabilización de la subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granulado? **PE2**. ¿De qué manera la estabilización de la subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granulado para el diseño del pavimento flexible mejora el comportamiento físico – mecánico? **PE3**. ¿De qué manera la estabilización de la subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granulado establece diferencias físicas y mecánicas? **PE4**. ¿Cuál es la relación proporcional óptima de ceniza de bambú y caucho granular para la estabilización de la subrasante?

A su vez, como **objetivo general** planteado: Determinar la estabilización de la subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granulado en el diseño del pavimento flexible en Carabayllo – Lima, 2022, con **objetivos específicos**, **OE1**. Realizar ensayos para determinar las propiedades mecánicas del suelo, **OE2**. Analizar el comportamiento físico y mecánico de los suelos adicionando ceniza de bambú y caucho granulado, **OE3**. Establecer las diferencia física y mecánica del suelo estabilizado con la adición de ceniza de bambú y caucho granulado, y sin estabilizar, **OE4**. Determinar una relación proporcional de ceniza de bambú y caucho granular para llegar a una óptima estabilización

Finalmente, la **hipotesis** queda planteada de la siguiente manera. La subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granulado se estabiliza significativamente en el diseño del pavimento flexible en Carabayllo – Lima, 2022; con **hipótesis específicas**, **HE1**. Los ensayos realizados para determinar las propiedades mecánicas del suelo permitieron la estabilización de la subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granulado **HE2**. La estabilización de la subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granulado para el diseño del pavimento flexible permitió mejorar su comportamiento físico – mecánico. **HE3**. La estabilización de la subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granulado permitió establecer diferencias físicas y mecánicas. **HE4** La relación proporcional de ceniza de bambú y caucho granulado para llegar a una óptima estabilización de

la subrasante es 3%, 5% y 8%, adicional con una mezcla de ambos aditivos (1% de caucho granulado + 3% de ceniza de bambú) y (1% de caucho granulado + 5% de ceniza de bambú).

## **II. MARCO TEÓRICO**

Con respecto a los **antecedentes de estudio**, en Cuba Sánchez et al (2020). “Propuesta de espesores mínimos de superficie y coeficientes de equivalencia de espesores para el diseño de pavimentos flexibles” permitió analizar el comportamiento de diferentes estructuras flexibles, cuyo diseño se basa en la NC 334/2004, (Pavimentos flexibles. Métodos de cálculo), respecto a las deformaciones verticales y flechas provocadas por las cargas del tráfico. Dichos resultados muestran que la estructura del pavimento es una subrasante, con un CBR de 5% y un volumen de tránsito de  $1.3 \times 10^5$  equivalente, que es el más alto en la clasificación ligera, y en la estructura 2 tenemos una subrasante con un CBR de 10 % y  $1.0 \times 10^6$  equivalente, que es el más alto en la clasificación media, y finalmente el lecho de la carretera, el CBR es 15%, y el flujo es equivalente a  $4.0 \times 10^6$ , el flujo es muy grande. Se concluyó que las estructuras producidas por el espesor superficial mínimo y coeficientes equivalentes de la base y sub base cumplieron con los principios de deformación y del mismo modo, deflexión, a excepción de las estructuras constituidas por la base 300Mpa y la subrasante con 15% de acción de tráfico promedio.

También, en un estudio realizado en Ecuador, Lara et al (2020) “Influencia de las partículas de caucho en la resistencia a la compresión de bloques de concreto” Con el fin de proponer nuevas alternativas, con un enfoque en mitigar el impacto ambiental de la contaminación de las llantas, se propone que este material reciclado sea utilizado en materiales de construcción. En sus resultados muestra el diseño y fabricación de prototipos de bloques de concreto utilizando gránulos de caucho, con diferentes proporciones de reemplazo de agregado fino, con propiedades técnicas y económicas similares a los bloques de concreto convencional tipo B propuestos en la norma NTE INEN 3066 2016-11, que representa el porcentaje en volumen de agregado fino (10%, 15% y 20%) reemplazado con productos de gránulos de caucho molido con neumáticos. Se concluyó que la alternativa es factible bajo los parámetros anteriores, por lo que la resistencia neta mínima a compresión simple de los bloques de concreto con 20% de partículas de caucho de reemplazo es de 3.69 Mpa cumpliendo con lo fundado.

En Colombia, Figueroa y Santanilla (2020) “Desempeño del pavimento con mezcla reciclada-RAP y grano de caucho reciclado-GCR” con la finalidad de determinar el

desempeño de pavimentos elásticos utilizando asfalto reciclado - RAP y gránulos de caucho reciclado - GCR. En sus resultados incluyen un análisis de las materias primas en su estado original y recomendaciones de mejora, teniendo en cuenta la deflación de la elaboración de gases efecto invernadero y que tienen un mayor impacto en la implementación de los RAP, donde además de la parámetros necesarios para asegurar la uniformidad del RAP seleccionado, las pruebas de fatiga para la mixtura de RAP íntegramente virgen sin aglutinante no se completaron debido a la pérdida completa de la pegajosidad debido al proceso de envejecimiento. En conclusión, se efectuó la adecuación con la emulsión CRL-1 + GCR, confrontando el comportamiento a fatiga de la mixtura 100% RAP y RAP + GCR, que claramente fue resultado de la adición de las emulsiones CRL-1 y GCR de manera significativa con desempeño mejorado.

Cardoza et al (2019) "Pavimento flexible utilizando una mezcla asfáltica con grano de caucho reciclado para su sostenibilidad en Colombia" se trazó como objetivo recaudar búsqueda de informaciones sobre los granos de caucho y su utilización en el asfalto. Cuyos resultados, señaló que usar una mezcla asfáltica que contiene partículas de caucho reciclado para hacer un pavimento resiliente es costoso, pero el uso de este pavimento funciona muy bien porque es compacto, más duradero y más eficiente. Según las cargas de tracción anteriores, si hablamos de gestión de pavimentos, el costo aumentará si no invertimos en la restauración de la infraestructura vial, puesto que resulta con frecuencia este problema. Se concluyó que el reciclaje de llantas nos permite mejorar nuestro medio ambiente al realizar el revestimiento GCR, lo cual es muy prometedor en el futuro ya que es posible cuantificar el costo económico de manera que si se produjera más y tratar de ser pioneros en esta reducción a nivel mundial.

Por su parte, los antecedentes nacionales, en Lambayeque, Hoyos et al (2021) "Uso del caucho granulado en mezclas asfálticas: Una revisión literaria" El objetivo fue descifrar el proceso y la aplicación de CR, determinar el porcentaje óptimo y la mejora que proporciona en la mezcla asfáltica. Como resultado, la relación CR óptima en la mezcla asfáltica varía dependiendo de cómo se agregue al asfalto, desplazando el 20 % en peso del asfalto cuando se agrega al asfalto, es decir, la utilización al agregar del 1 % al 3 % del peso total de la mezcla en el

agregado, use el 1% del peso total cuando se agrega a la mezcla para garantizar la resistencia y una larga vida útil. La conclusión es que el uso de CR le otorga a la mixtura diversas ventajas como resistencia al arranque indirecto, sensibilidad, humedad, formación de surcos, así como permeabilidad.

También en un estudio realizado en Huancavelica, Camacllanqui y Rivera (2021) “Estabilización de subrasante adicionando ceniza de madera y fibra de coco en la Av. Andrés Avelino Cáceres, Huancavelica – 2021” se plantearon como objetivo, conocer cómo interviene la incorporación de ceniza de madera, como también fibra de coco en la plasticidad subrasante. Entre sus resultados, mostró que la adición de 0%, 7%, 13% y 18% de ceniza de madera y fibra de coco a la masa del suelo no aumentó los atributos mecánicos del suelo, como plasticidad, compacidad y resistencia; sumando 13% y 18%, el índice de rendimiento disminuyó en 100%, respectivamente 2,53 para NP y NP para mejorar suelos no plásticos; aumentó en un 7%, la densidad seca máxima aumentó en un 2,11%, dando el valor de 1,90 g/cm<sup>3</sup> a 1,94 g/cm<sup>3</sup>, aumentando la compresión. Concluyendo que la adición de 7% de CBR aumentó en un 25% y el valor de 20% a 25%, lo que mejoró la resistencia del suelo en concordancia a los límites de Atemberg, Proctor y CBR.

En Piura, Sánchez (2021) “Mejoras mecánicas de la mezcla asfáltica con la incorporación de caucho como parte del agregado fino para la ciudad de Piura” donde se planteó como objetivo determinar el porcentaje adecuado de caucho regenerado que se debería considerar en el peso total del agregado, se prepararon probetas a base de 3 mezclas asfálticas: regulares, 1% modificadas y las que contenían 2% de caucho, las mismas se ensayaron 3 veces: Marshall, Lottman Modificado y Creep para calcular sus propiedades mecánicas, sensibilidad al agua y deformación. En los resultados tenemos que, las mezclas asfálticas con el 1% de caucho cumplen con los parámetros Marshall especificados en las normas MTC E 504 y 505, no superan ni se desvían del porcentaje óptimo de cemento asfáltico, tienen mayor estabilidad, cumplen con los requisitos mínimos de AASHTO T 283%, mejor que la mezcla de caucho con 2% de aumento en la resistencia a la tracción indirecta y deformación unitaria reducida. Donde determino que las mezclas asfálticas con 1% de caucho fueron la mejor alternativa a las mezclas asfálticas convencionales.

En Lima, Brandan (2020), planteó como objetivo evaluar el efecto de aplicar 5 tipos de ceniza de madera de fondo sobre la estabilidad de la calzada. En los resultados, a través de la medición del tamaño de partícula y prueba de clasificación de suelo de SUCS, se determina que es de tipo SC-SM (arena limosa arcilla), el cual presenta menor compresión y expansión, bajo drenaje y conductividad hidráulica, y valor estable como relleno. Es medianamente bueno para pavimentación y es tipo A-1-b (0) para clasificación por el método AASHTO. La conclusión es que el material granular está compuesto por arena gruesa y una pequeña cantidad de material plástico aglutinante del suelo.

Reyes (2020) “Diseño de pavimento flexible con adición de caucho para mejorar la resistencia del estacionamiento de UCV Piura 2020” se trazó para determinar el aporte de los aditivos de caucho a la estructura de pavimento flexible para mejorar la durabilidad del estacionamiento de dicha universidad. En los resultados obtenidos, la adición de pequeños porcentajes de 0,5 %, 1,0 % y 1,5 % de caucho sigue las normas del Instituto de Investigación del Asfalto, y la tasa de 0,5 % es la capacidad más adecuada, lo que se traduce en una mayor estabilidad de la capa asfáltica, mejorando así las propiedades del asfalto convencional. En conclusión, para tener un buen pavimento elástico adicionando caucho es necesario no solo estudiar la mecánica del suelo sino también diseñar una buena mezcla de concreto asfáltico, respetando el proceso constructivo en vitalidad y de condición duradera. Por supuesto, el uso de caucho reciclado nos permite impregnar la firmeza de la carretera.

Rojas (2019) “Mejoramiento de la subrasante incorporando caucho granular reciclado en la Avenida Bonavista, Carabaylo, Lima - 2019”, se trazó como objetivo determinar el efecto de las partículas de caucho reciclado en el desempeño del asfalto. En los resultados obtenidos, tanto la consistencia seca máxima como el contenido de agua óptimo en suelos naturales disminuyeron al 30% de contenido de caucho en relación con la masa del suelo, mientras que las ventajas del suelo de densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad máximo tiende a reducirse. La densidad óptima y la capacidad de humedad disminuyeron, lo que revela que estas propiedades del suelo tienden a disminuir con más aditivos de caucho. Se concluye que el Proctor modificado de suelos y sus respectivas

dosificaciones mostró que cuanto más caucho se mezclaba con el suelo, más se reducía la densidad seca máxima y el óptimo contenido de humedad como efecto del proceso de compactación.

Entre los **fundamentos teóricos**, se indica que la **ceniza de bambú**, son residuos orgánicos e inorgánicos de la quema de fibras de madera blanqueadas; estas son características físicas y químicas de la ceniza de madera y varían ampliamente entre las especies, las maderas duras como el arce, el roble y las nueces habitualmente originan más ceniza que las coníferas como el pino, pino y cedro (Gonzales, 2019). Además, que el **caucho granular**, es un material particular de caucho, que proviene de la trituración de llantas desechadas, además se caracteriza por su elasticidad, su resistencia eléctrica y la repelencia que este tiene con el agua, eso se debe a la microestructura, que está conformada por cadenas elastomérica (Fonseca, Lancheros, & Soto, 2018).

Por lo consiguiente, las propiedades mecánicas del caucho, se encuentran conectadas entre la energía liberada de la superficie del material terminado, la distancia entre sí de sus compuestos y las condiciones climáticas en las que el caucho fue establecida, donde se encuentran múltiples estudios, que indican que la mezcla de cauchos a temperaturas aproximadas a los 100°C genera un material con una resistencia del 50% más alta a comparación de uno a temperatura ambiente. (Fonseca, Lancheros, & Soto, 2018).

La caracterización de la subrasante, con el objetivo de establecer las propiedades físicas y/ o mecánicas del sustrato, se efectuarán ensayos mediante pozos de exploración o pozos de investigación con una profundidad de al menos 1.5 m; número mínimo de excavaciones por kilómetro (1 calicata por kilómetro). Las calicatas se dispondrán verticalmente y alternativamente en un carril del ancho de la calzada con espaciado aproximadamente igual, y luego, si se considera indispensable, mejorará el descubrimiento de las singularidades de la pista de carreras. La construcción y gerencia (Instituto de la construcción y gerencia, 2015), la estabilización de suelos se precisa como la mejora de las propiedades físicas del suelo mediante una combinación de tratamientos mecánicos y productos químicos, naturales o sintéticos. Esta estabilización se suele realizar sobre suelos débiles o insuficientes, suelos asfálticos, calcáreos y otros.

La estabilización de suelos envuelve conceder de resistencia mecánica y la firmeza de estas propiedades en el tiempo. Estas técnicas varían desde agregar otro suelo hasta agregar uno o más estabilizadores continuado de un proceso de compactación, los criterios geotécnicos son los siguientes: Dar como solución a los suelos con subrasante pobre o inadecuada, que presentan humedad o sean áreas blandas; estabilizando de manera mecánica o con geo sintéticos. Se implementará capa de material anticontaminante de 10 cm en suelo que sea arcillosa o limosa, por ser penetrables al humedecerse. Nivel de capa freática mínimo 0.60m de la superficie, cuando la subrasante sea muy buena. En lugares sobre los 4 000 msnm. se evaluará la acción de las heladas en los suelos. Determinar los tipos de suelos, limos, arcillas, arenas limosas y arenas arcillosas. Optar el método más útil de estabilización.

El propósito de la estabilización mecánica es optimizar los materiales del suelo existentes sin cambiar su organización y constitución básica. Como herramienta para lograr esta estabilidad, se utiliza la compactación para reducir el volumen vacío presente en el suelo. En el caso de estabilización por mezcla de suelo, en este caso la estabilización se logrará mezclando el suelo primario con un material de buena calidad (prestado). La capa de suelo existente se subdividirá y/o labrará a una profundidad de unos 15 cm, después de lo cual se colocará el material prestado. Las partículas de más de 75 mm de diámetro se descartan y la muestra se humedece hasta obtener la relación de densidad óptima.

Luego, el suelo se mezcla, se extiende y se compacta de acuerdo con la densidad y el espesor requeridos hasta que alcanza el nivel de subsuelo requerido por el edificio. El material de préstamo será utilizado en el sitio designado para el ensayo de suelos, aplicando la cantidad y calidad requerida de la mezcla garantizada (suelo con material de préstamo) cumpla con los parámetros requeridos en la Sección 207 de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras 2013. En el caso de la estabilización alternativa del suelo, donde se requiere una cimentación que consista solo en materiales seleccionados, solo hay dos opciones, en primer lugar, colocar la capa directamente sobre el suelo natural y, en segundo lugar, tener que excavar y reemplazar con materiales adicionales.

Para el Instituto de la construcción y gerencia, en el primer caso, el suelo debe ser removido inicialmente, enseguida acomodado y compactado a la densidad especificada para el cuerpo principal del terraplén a una profundidad de 15 cm. Una vez terminado, el contrapiso sobre el que se apoya se considera listo para la aplicación. Luego, la aprobación del espesor del material se realiza sobre la base de pruebas de diseño que cumplen con los niveles requeridos y la densidad del sustrato; el uso de técnicas y equipos de compactación apropiados; para una compactación adecuada, la tierra removida se humedece o airea según sea necesario, hasta alcanzar el óptimo contenido de humedad deseada. En el segundo caso, mejorar con material completamente nuevo significa reemplazar completamente el suelo existente, de acuerdo con el espesor de diseño, después de que la excavación alcance un cierto nivel, el material prestado se estratificará y compactará hasta alcanzar el espesor de diseño con el nivel requerido (Instituto de la construcción y gerencia, 2015).

El método para establecer el espesor de reemplazo en función a la capacidad de soporte o resistencia del suelo, se empleará únicamente en casos de sub rasantes pobres que tienen un  $CBR \geq 3\%$  y  $<6\%$ , se tendrá en cuenta las fórmulas de:

$$\Delta SN = SNe - SNm$$

y se debe tener en cuenta el espesor de reemplazo en cm:

$$E = \Delta SN / (a_i \times m_i)$$

Donde  **$a_i$** : es el coeficiente estructural del material a colocar y  **$m_i$**  es el coeficiente de drenaje del material a colocar. El suelo estabilizado con cal, obtenido mezclando bien suelo, cal y agua. La cal utilizada es óxido de calcio (anhidrita o cal viva) o hidróxido de calcio (cal apagada) obtenida por calentamiento de materias primas de piedra caliza. Por otro lado, estas calles también se denominan áreas por su propiedad de endurecerse en el aire cuando se mezclan con agua bajo la acción del anhídrido de carbónico.

El mejor suelo estabilizado con cal es un suelo de grano fino con cierta plasticidad. En los huecos de excavación donde se vea lodo, incluso el terraplén, es recomendable añadir un poco de cal al suelo para asegurar la nivelación y crear una base para la construcción de la capa de rodadura. El suelo base estabilizado con cemento, un material conocido como cemento base, se obtiene mezclando

completamente el suelo base con cemento, agua y otros posibles aditivos, seguido de compactación y curado adecuado. De este modo, el material base se convierte en un material duro más resistente. Sin embargo, a diferencia del concreto, las partículas de suelo no están incrustadas en el mortero endurecido, sino que están conectadas en puntos. Por lo tanto, la resistencia y el módulo elástico de la base de cemento son menores que los de la base de hormigón.

En suelos estabilizados con escoria y cal, la relación másica de cal se estima entre 1,5 y 3% y el porcentaje en volumen de escoria entre 35 y 45%. El uso de una pendiente con un tamaño máximo de arena limitado facilita el trabajo de mantenimiento sin desgaste prematuro de las divisiones de nivelación ni dejar rastros. Existen muchas maneras de estabilizar los suelos con diferentes técnicas y materiales, los cuales nos proporciona el Instituto de la construcción y gerencia. Las normas técnicas peruanas, se emplearán normas técnicas peruanas para realizar el proceso adecuado de estabilización de los suelos. En la siguiente tabla se muestra la lista de normas a utilizar:

**Tabla 1**

*Normas Técnicas Peruanas*

<b>Norma</b>	<b>Código</b>
Método de ensayo para el análisis granulométrico	NTP 339.128:1999
Método de Ensayo para los límites de atterberg	NTP 339.129
Ensayo de Proctor Modificado	NTP 339.141
Método de Ensayo de CBR	NTP 339.145: 1999

Fuente: Elaboración propia

La estabilización del suelo en la construcción de carreteras se puede definir como el proceso de aumentar la resistencia del suelo mediante la disminución de la sensibilidad del suelo a los efectos del agua y las condiciones de la carretera durante un período de tiempo razonable. Los materiales listos para la carretera se pueden manipular estabilizando, donde son empleados en la construcción de caminos de bajos costo (Garnica et al., 2016).

A su vez, estabilizadores del tipo y grado de estabilidad deseados, dependiendo en cada caso fundamentalmente de la disponibilidad y coste de los materiales utilizados, del mismo modo, de su compatibilidad con las condiciones del terreno existentes, indicando el tráfico previsto y las condiciones climáticas del lugar son importantes al elegir un método de estabilización apropiada (Garnica et al., 2016).

La ceniza volante, se convierte en un subproducto de la quema de carbón, a menudo asociado con las centrales eléctricas. Un polvo fino, que consiste principalmente en silicio, aluminio y varios óxidos, esencialmente puzolánica, que reacciona con la cal apagada para formar productos cementantes (Garnica et al., 2016).

La subrasante del suelo y el pavimento se construye a través de la estructura del pavimento y puede desarrollarse sobre un terreno natural plano para que descansa la estructura del pavimento, en el cual se tendrán en cuenta las características aceptables de compactación y analizadas para su resistencia, en condiciones menos estables. términos, es decir, en el mejor de los casos, no se ve afectado por la futura carga de transporte que se analiza. Por lo tanto, la capacidad del área donde se realizará el trabajo durante la vida proyectada del proyecto para soportar las cargas de diseño del pavimento y el análisis del tráfico de acuerdo con los criterios básicos para el diseño del pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

La fase de construcción, es decir, los últimos 0,30 m de suelo debajo de la capa superior del sustrato, deben compactarse al 95% de la máxima densidad seca conseguida por la prueba de Proctor modificado (MTC EM 115).

Siguiendo el mismo contexto, el ensayo Proctor, consta de un ensayo de compactación diseñado en laboratorio, el óptimo contenido de humedad y el peso unitario seco de la subrasante, es posible encontrar con este ensayo, denominado curva de compactación, todo dicho molde 101.6 o 152.4 milímetros de diámetro y un pistón de 44.5 newtons, este se deja caer en una altura de 457 milímetros (MTC 2016). Lo que establece, la Sociedad Americana de Prueba y Materiales (ASTM) que es la encargada de verificar que estos materiales sean resistentes a la mezcla del betún con partículas de caucho reciclado, por ejemplo, mezclas de asfalto que

consisten en una gran cantidad de partículas recicladas arrastradas por el aire, esta relación está relacionada con un porcentaje adicional del 15 % (Cardoza et al., 2019).

En cuanto a la composición química de la ceniza de las hojas de bambú, se incinero a temperatura controlada de 900°C en el laboratorio de JJ Geotecnia sac, para posteriormente determinar su composición química a través de la Fluorescencia de Rayos X, mediante el Laboratorio Labicer perteneciente a la Universidad Nacional de Ingeniería, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 2**

*Componentes químicos de la ceniza de las hojas de bambú*

<b>Componentes químicos</b>	<b>Ceniza de las hojas de bambú %</b>
Oxido de silicio, SiO <sub>2</sub>	62.966
Oxido de potasio, K <sub>2</sub> O	9.243
Oxido de magnesio, MgO	8.065
Oxido de calcio, CaO	7.867
Oxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.746
Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.286
Oxido de fosforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.249
Oxido de titanio, TiO <sub>2</sub>	0.185
Oxido de azufre, SO <sub>3</sub>	0.141
Oxido de manganeso, MnO	0.129
Oxido de zinc, ZnO	0.084
Oxido de circonio, ZrO <sub>2</sub>	0.020
Oxido de estroncio, SrO	0.011
Oxido de cobre, CuO	0.010

Fuente: Elaborado por el investigador

### **III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo y Diseño de investigación**

La presente investigación es de tipo aplicada, debido a que se emplearán teorías, que permitan sustentar las variables de estudios. Ñaupas et al (2018) indica que las investigaciones aplicadas, hacen referencia a los resultados de las investigaciones denominadas como básicas y a la vez se encuentran orientadas en resolver problemas en la sociedad.

Es de enfoque cuantitativo, por lo que se encuentra vinculada con números y procesos numéricos, en lo cual reúne alternativas grupales con la intención, de comparar las hipótesis. Además, permitirá demostrar las razones establecidas al principio del estudio (Hernández y Mendoza, 2018).

Además, es de diseño experimental dado, que se manipularán las variables en mención. Para Hernández y Mendoza (2018) señala que los diseños experimentales, se desarrollan mediante una intervención intencionada de las variables y se aprecia el análisis correspondiente.

Utilizaremos en distintos porcentajes la ceniza de bambú y el caucho granular que es nuestra variable independiente, con la finalidad de transformar y evaluar nuestra variable dependiente que es la subrasante de la Av. Universitaria en Carabayllo-Lima.

### **3.2. Variables y operacionalización**

**Variable independiente:** Ceniza de bambú y Caucho Granular.

#### **Definición conceptual**

##### **Ceniza de bambú**

Son residuos orgánicos e inorgánicos obtenidos de la quema de las hojas de la planta de bambú, las propiedades físicas y químicas de las hojas de las plantas de bambú son diferentes a los de muchos árboles como las hojas de caduca, como el de la madera de arce, el roble y nogal americano que por lo general producen más ceniza, que otros árboles de coníferas como el cedro y el pino (Gonzales, 2019).

##### **Caucho granulado**

Es un material particular de caucho, que proviene de la trituración de llantas desechadas, además se caracteriza por su elasticidad, su resistencia eléctrica y la

repelencia que este tiene con el agua, eso se debe a la microestructura, que está conformada por cadenas elastomérica (Fonseca, Lancheros, & Soto, 2018).

### **Definición operacional**

La adición de ceniza de bambú y caucho granular, será medido en base de la dosificación mediante adición al 3%, 5% y 8%, asimismo el peso específico se evaluará de acuerdo el peso volumen y densidad, finalmente la granulometría por el tamaño de partículas y muestras.

### **Variable dependiente** Estabilización de la Subrasante

#### **Definición conceptual**

La estabilización del suelo tiende a mejorar las propiedades físicas, mecánicas y de resistencia y continúa en el tiempo. El diseño de estabilizadores aditivos incluye la clasificación del suelo, la determinación del tipo y la cantidad de estabilizador y el procedimiento de estabilización (Fonseca, Lancheros, & Soto, 2018).

#### **Definición operacional**

La estabilización de subrasante, será evaluado de acuerdo a la máxima densidad seca, que se evalúa el peso, volumen y muestras. Capacidad portante, consta de las características del suelo, zonificación y máxima presión. El módulo de resiliencia consta de energía, tamaño de espécimen, así como la magnitud de esfuerzo aplicado.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

La población esta referido al universo, al conjunto de elementos sobre lo que se investiga o se realizan estudios. Y la **Muestra** es una parte o sub- conjunto de elementos que eligen anticipadamente de una población para ejecutar un estudio. Por lo tanto, en la presente investigación, hemos tomado como muestra 1050m. lineales, comprende la Av. Universitaria desde la intersección con la Av. Manuel Prado hasta la intersección con la Av. Santa Luzmila en el distrito de Carabayllo – Lima.

Su geografía, la podemos ubicar en las coordenadas UTM: Cuya coordenada del inicio del tramo es (-77.870269 con -77.021035), con una elevación de 3680 msnm con coordenadas finales (-11.862919 con -77.014380).

En esta presente investigación se tomará 5 muestras de suelo en estado natural, mediante calicatas, localizadas a lo largo la Av. Universitaria en un tramo de 1050 m., basándose en las normativas peruanas.

En este contexto, la muestra de investigación presenta un muestreo no probabilístico, debido que ha sido seleccionada a criterios de los investigadores (Arias, 2021). Para el presente estudio, la población lo representa la muestra, dado que tiene la probabilidad, porque en cualquier lugar del nivel integración tiene la probabilidad de ser elegida para formar parte de la misma y se determinará haciendo uno de la muestra.

$$n = \frac{1000 * 2.33^2 * 0.50 * 0.5}{0.02^2 * (1000 - 1) + 2.33^2 * 0.5 * 0.5} = 772.54 m$$

Ante el resultado obtenido, se busca realizar el estudio 1050 m. lineales en la Av. Universitaria en Carabaylo, ubicado exactamente entre las progresivas 00+00 hasta la progresiva 00+91 Km.

**Tabla 3**

*Cantidad de puntos de investigación*

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

Fuente: Elaborado por el investigador

Las muestras no probabilísticas, son la elección de las unidades que no dependen de la probabilidad, sino de razones relacionadas con las características y contexto de la investigación (Hernández y Mendoza, 2018). En la muestra de estudio, se extrajeron 33 muestras de suelo, para cada dosis del aditivo. Para luego se aplicó el Ensayo de CBR.

**Tabla 4***Tabla de muestreos*

Ensayos de CBR %	C – 1
Patrón	3
3 % de ceniza de bambú	3
5% de ceniza de bambú	3
8% de ceniza de bambú	3
1% de caucho granular	3
2% de caucho granular	3
3% de caucho granular	3
5% de caucho granular	3
8% de caucho granular	3
3% de ceniza de bambú + 1% de caucho granular	3
5% de ceniza de bambú + 1% de caucho granular	3
Total	33

**Fuente:** Elaborado por el investigador

### **3.4. Las técnicas e instrumentos de recolección de datos**

En esta investigación, se usará la técnica de la observación, dado que es una técnica que se establece entre el investigador y el objetivo estudiada, donde esta direccionado por instrumentos de observación (Ñaupas et al., 2018). Incluye herramientas de recopilación de datos, hojas de observación que se utilizarán para evaluar cada método y una hoja de cálculo de Microsoft Excel que le permite describir sus observaciones durante el estudio. Para Arias (2021) la ficha de observación, accede al investigador registrar las situaciones o acontecimientos, donde el investigador observa durante la investigación.

**Tabla 5***Instrumento de recolección de datos*

Dimensiones	Instrumentos		Norma
	Técnica	Análisis de resultados	
Ceniza de madera y caucho granular	Observación y recolección	Dosificación	
Exploración de suelos	Observación y recolección	Extracción de calicata	(ASTM D420-69)
Estudio de mecánicas de suelos	Observación y recolección	Granulometría por tamizado	(ASTM D422) MTC E107
Estudio de mecánica de suelo	Observación y recolección	Limite liquido	(ASTM D4318 – 17) MTC E110
Estudio de mecánica de suelo	Observación y recolección	Limite plástico	(ASTM D4318 – 17) MTC E111
Estudio de mecánica de suelo	Observación y recolección	Clasificación SUCS Y ASSHTO	(ASTM D2487-17) (ASTM D3282-17) MTC E145
Contenido de humedad	observación	Proctor modificado	(ASTM D1557-12) MTC E115
Resistencia del esfuerzo	Observación	(CBR)	(ASTM D 1883 – 16) MTC E132

Fuente: Elaboración propia

Lo que respecto, la validez, consta de la expresión auténtica que representa una variable concerniente a su medición, donde las fichas serán los instrumentos de recolección de datos, haciendo en mención que se debe tener en cuenta para la muestra una selección de unidades (Hernández y Mendoza, 2018).

### 3.5. Procedimiento

Con el propósito de proponer una alternativa de estabilización de subrasante adicional ceniza de bambú y caucho granular, el cual se busca mejorar sus

características mecánicas y físicas, no solo arcillosos, sino que otros tipos de suelos, para lo cual se incorpora diferentes porcentajes de ceniza de bambú y caucho granular, donde se evalúa cual es la proporción óptima, una vez ello se procederá a realizar los ensayos en campo para obtener resultados relevante, por último el análisis correspondiente.

### **Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)**

Este ensayo se maneja para evaluar la calidad de un suelo considerando su resistencia que consiste en el rango de la relación soporte. Además, es usado para la evaluación de la resistencia potencial de las características del pavimento. Este ensayo se basa en la norma MTC E132, donde menciona que una vez que se halla clasificado el suelo por el sistema SUCS Y AASHTO, se determinara que el CBR es el valor de soporte del suelo.

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

Respecto al método de análisis de datos, se realizó un análisis matemático, que permite evidenciar mejoras en las propiedades, donde los resultados fueron presentados mediante tablas y/o figuras, con información significativa, como son los ensayos CBR y más en campo.

### **3.7. Aspectos éticos**

Se consideraron los siguientes aspectos éticos, tales como: Derechos de autor ya que la información ha sido obtenida de investigaciones previas por diferentes autores y por lo tanto se respetarán los derechos de autor donde exista el consentimiento y permítase que corresponda. para investigación. Las citas en todas las referencias se citarán allí de acuerdo con ISO 690 y 690-2. Respeto, teniendo en cuenta mantener el respeto para todos los involucrados directa e indirectamente en el proyecto.

## **IV. RESULTADOS**

En el presente trabajo de investigación, los resultados logrados en el laboratorio de suelos, rocas y pavimentos (JJ GEOTECNIA) de la muestra de la subrasante de la Av. Universitaria en Carabayllo- Lima, de coordenadas latitud -11.867900 y longitud -77.019296, se adiciono ceniza de bambú y caucho granulado con el propósito de lograr los objetivos específicos planteados en el presente proyecto de investigación, toda vez guiados por la norma del ASTM y MTC del manual de ensayo de materiales.

Este proyecto beneficiara a la Av. Universitaria, desde la intersección con la Av. Manuel Prado hasta la intersección con la Av. Santa Luzmila en el distrito de Carabayllo – Lima.

### **Ubicación Geográfica**

#### **Nombre del proyecto**

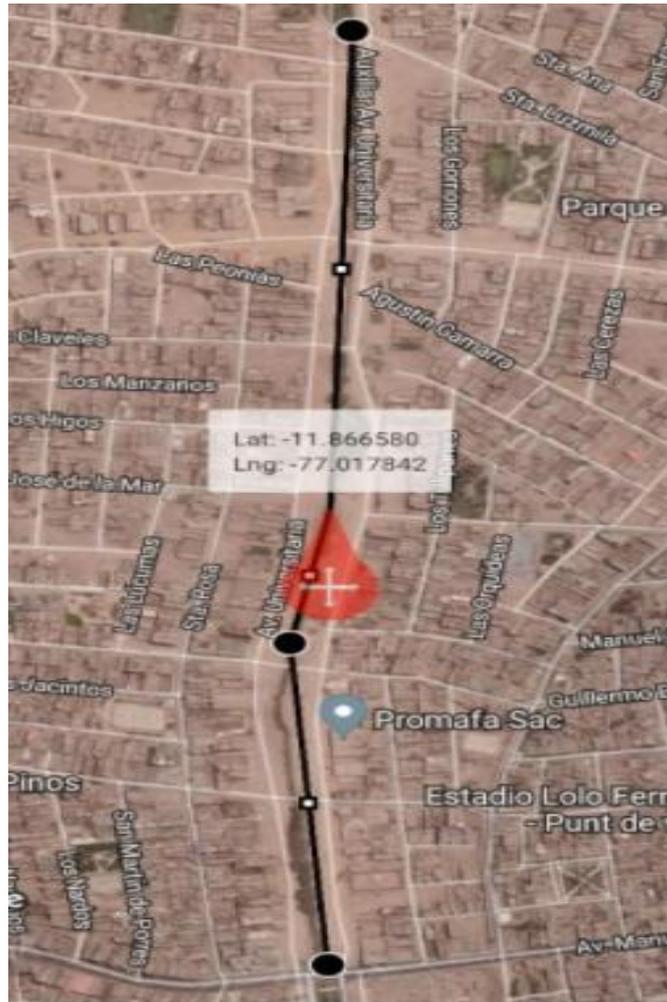
Esta tesis denominada “Estabilización de la Subrasante Adicionando Ceniza de Bambú y Caucho Granulado en el Diseño del Pavimento Flexible en Carabayllo-Lima, 2022”.

#### **Ubicación de la zona de estudio**

La presente investigación será desarrollada en el distrito de Carabayllo en Lima, cuyas coordenadas del inicio del tramo es (-77.870269 con -77.021035), con una elevación de 3680 msnm y tramo final de coordenadas (-11.862919 con -77.014380). Entre las progresivas 00+00 hasta la progresiva 00+1000 m.

Por consiguiente, Carabayllo está dentro de los cuarenta y tres (43) distritos que conforman la Pcia. de Lima, ubicada en el Dpto. de Lima, se ubica al norte de la ciudad, limitando por el Norte y Noreste con el distrito de Santa Rosa de Quives, por el Sur limitando con el distrito de Comas, por el Este limitando con el distrito de San Antonio de Chaclla y Oeste con el distrito de Ancón y con el distrito de Puente Piedra.





**Figura 2:** Ubicación del proyecto

Fuente: Google Map

### **Exploración de campo.**

En la exploración de suelos, extracción de calicatas, basados en el manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, y en la norma ASTM D420-69 se determinó en realizar 5 calicatas en 1 kilómetro en la Av. Universitaria en Carabayllo- Lima



**Figura 3.** Extracción de calicatas

Fuente: Elaborado por el investigador

**Tabla 2**

*Exploración en el campo.*

Nº de calicata	Código	Profundidad	Ubicación
			Av. universitaria
1	C-1	1.50 m	Progresiva: km 0+150
			Av. universitaria
2	C-2	1.50 m	Progresiva: km 0+400
			Av. universitaria
3	C-3	1.50 m	Progresiva: km 0+600
			Av. universitaria
4	C-4	1.50 m	Progresiva: km 0+800
			Av. universitaria
5	C-5	1.50 m	Progresiva: km 0+950

Fuente: Elaborado por el investigador

## Trabajo de laboratorio

Para efectos de esta investigación, las muestras de suelo fueron manipuladas con sumo cuidado para que fueran trasladadas de manera que sus resultados no cambiaran, y el estudio se realizó en base a los parámetros establecidos dentro del código y las disposiciones del establecimiento de normas estandarizadas. procedimientos, ensayos Se realiza en laboratorio y los resultados logrados de los ensayos de laboratorio han conseguido analizar en detalle cada característica y característica de las muestras de suelo obtenidas en las calicatas.

### Ensayo de análisis granulométrico (ASTM D422, MTC E107)

Para conocer las propiedades de las muestras donde realizara el proyecto de investigación, es necesario extraer muestras a lo largo del tramo elegido, para posteriormente determinar sus propiedades en el laboratorio.

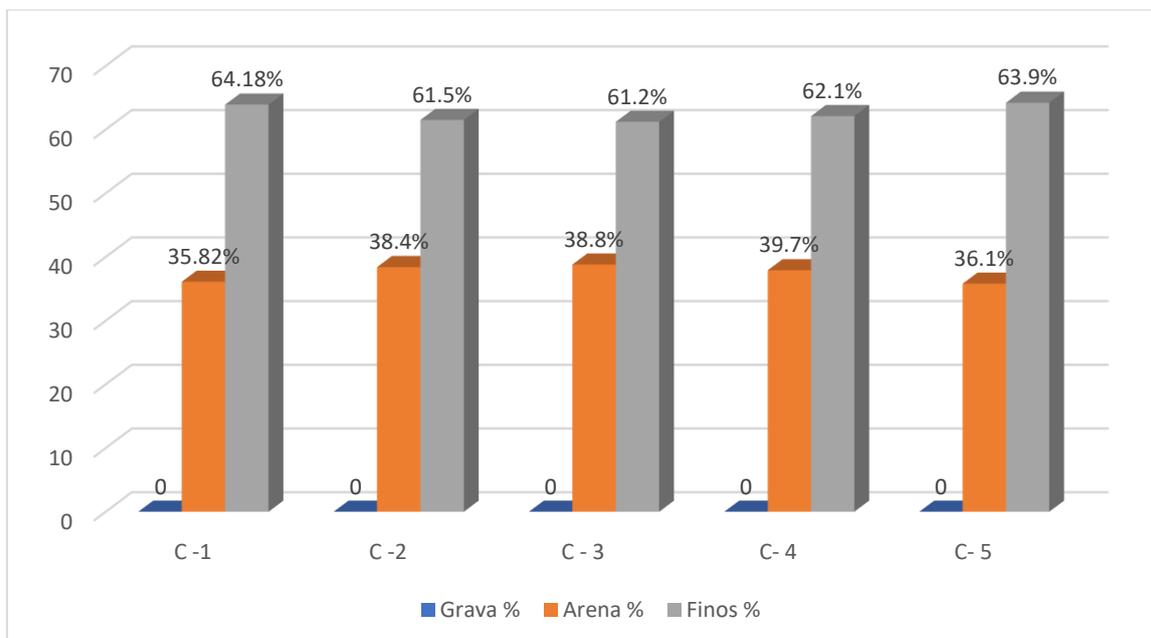
Se realizó un ensayo granulométrico (NTP 339.132, 2014), el cual indicó que las muestras fueron colectadas de la siguiente manera, Cada calicata fue ensayada en su estado natural para establecer la composición granulométrica de las muestras. Los suelos se clasifican por el sistema ASSTHO.

**Tabla 3**

#### Granulometría

Calicatas	C-1	C -2	C - 3	C- 4	C- 5
Grava %	0	0	0	0	0
Arena %	35.82	38,4	38,8	37,9	36.1
Finos %	64.18	61,5	61,2	62,1	63.9

Fuente: Elaborado por el investigador



**Figura 4.** Granulometría

Fuente: Elaborado por el investigador

### **Interpretación.**

El presente ensayo de granulometría se realizó a través de la norma ASTM D422, para cumplir con el Manual de Carreteras 2014, donde los resultados que nos presenta la tabla 7, se consigue apreciar que los materiales de la subrasante de las 5 calicatas estudiadas, la más crítica es la C-5, lo cual contiene un 36,1% de Arena y un 63,9% de finos, ante ello se destaca los ensayos con adición de los aditivos se realizarán en dicha calicata.

### **Clasificación de suelos.**

Se realizó la selección de suelos SUCS con la normativa D2487, usado en todo el estudio de ingeniería y el AASHTO el cual se emplea en todo, netamente en proyectos de pavimentación.

### **Sistema unificado de clasificación de suelos (sucs)**

Se clasifican en granulares gruesos cuando el 50% o más son retenidas en el tamiz N° 200 (0.075mm) entre ellas tenemos a las gravas y arena, y suelos de grano fino

cuando más del 50% pasa el tamiz N° 200 (0.075mm) entre ellas están los limos y las arcillas.

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACION DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3  Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:  $< 5\% \rightarrow$ GW, GP, SW, SP. $> 12\% \rightarrow$ GM, GC, SM, SC.  5 al 12% $\rightarrow$ casos límite que requieren usar doble símbolo.	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		
	MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA ES RETENIDA POR EL TAMIZ NÚMERO 4 (4,76 mm)	(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ .  Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .  $Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3  Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
			Arenas limpias	SW		Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
			(pocos o sin finos)	SP		Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
	MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ NÚMERO 200	MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA POR EL TAMIZ NÚMERO 4 (4,76 mm)	(apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ .  Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .
				SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	
	SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	<b>Abace de Casagrande</b> 
Límite líquido menor de 50			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.		
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.		
			MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.		
Limos y arcillas:			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.		
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.		
			PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.		
Suelos muy orgánicos						

Figura 5. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Fuente: geotecnia y mecánica de suelos ABC

## Sistema ASSHTO.

Fracciona a los suelos inorgánicos en 7 grupos, designados del A-1 al grupo A-7, este sistema considera que el grupo A-1 es el adecuado para ser utilizado en la subrasante, es un material bien graduado conformado por arena y grava, con la mínima cantidad de arcilla como agente cementante.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:											
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	-			35 máx	-			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 Limite líquido Indice de plasticidad	-		-	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo				

(1): No plástico  
 (2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30  
 El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

**Figura 6.** Sistema de clasificación de suelos AASHTO

Fuente: geotecnia y mecánica de suelos

**Tabla 4**

*Clasificación de suelos*

Muestra	Calicata	Sucs (ASTM D2487)	Aashto (ASTM D3282)	Descripción
C-1	1	CL	A-4 (5)	Arcilla arenosa de baja plasticidad
C-2	2	CL	A-4 (4)	Arcilla arenosa de baja plasticidad
C-3	3	CL	A-4 (4)	Arcilla arenosa de baja plasticidad
C-4	4	CL	A-4 (4)	Arcilla arenosa de baja plasticidad
C-5	5	CL	A-4 (4)	Arcilla arenosa de baja plasticidad

Fuente: Elaboración propia

## **Interpretación.**

En la presente tabla 8, se logra apreciar que los resultados conseguidos por los ensayos de laboratorio todos son homogéneos, de acuerdo al método aashto, donde la clasificación de la subrasante está ubicada en la categoría de A-4 (4), y mediante la clasificación SUCS, denominado arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

## **Límites de Atteber ASTM 4318**

Los ensayos de atterberg nos permiten determinar el Límite Líquido, Límite Plástico y el Índice de Plasticidad, son de gran importancia para determinar la clasificación del suelo en estudio, basados en las normas del MTC E110 y MTC E111.

### **Límite líquido (LL)**

Está definido como el contenido de humedad en porcentaje, para ello el suelo se halla entre el límite entre los estados líquido y plástico, mediante este ensayo se determina la humedad haciendo uso de la cuchara de Casagrande.

### **Límite plástico (LP).**

Está definido como el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico, el límite plástico es la humedad oportuna en la cual el suelo se cuarteo y quiebra al formar pequeños rollitos de unos 3.2 mm (1/8") de diámetro aprox., dando vueltas dicho suelo con la palma de la mano sobre una superficie lisa, no permitiendo que se desmoronen, junto con el límite líquido, el L. P es utilizado en la identificación y clasificación de suelos.

### **Índice de plasticidad (IP)**

Se define como la diferencia entre su límite líquido y límite plástico, cuando no se puede establecer el límite líquido y el límite plástico, el índice de plástico se representará mediante la abreviatura NP (No plástico).

$$IP = LL - LP$$

### **Contenido de Humedad.**

Mediante este ensayo se determinará la cantidad de agua presente en cierta cantidad de suelo en términos de su peso en seco, este ensayo se realiza mediante la norma ASTM D2216.

**Tabla 5***Clasificación de suelos según índice de plasticidad*

<b>Índice de Plasticidad</b>	<b>Plasticidad</b>	<b>Características</b>
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	Mediana	Suelos arcillosos
IP > 7		
IP < 7	Baja	Suelos pocos arcillosos plasticidad
IP = 0	No plástico	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos por el laboratorio, el límite líquido, el límite plástico, el índice plástico y el contenido de humedad.

**Tabla 6***Límites de consistencia*

<b>N° MUESTRA</b>	<b>N° CALICATA</b>	<b>L. LIQUIDO</b>	<b>L. PLASTICO</b>	<b>I. PLASTICO</b>	<b>CLASIFICACION</b>	<b>CONTENIDO HUMEDAD</b>
C-1	1	32	22	10	Arcilla de baja plasticidad	11.7%
C-2	2	31	22	09	Arcila de baja plasticidad	11.4%
C-3	3	32	23	09	Arcilla de baja plasticidad	11.2%
C-4	4	31	21	10	Arcila de baja plasticidad	11.0 %
C-5	5	33	23	10	Arcilla de baja plasticidad	11.8

Fuente: Elaborado por el investigador

**Tabla 7***Ensayos de Límites de Consistencia del Patrón (C-1) adicionando ceniza y caucho*

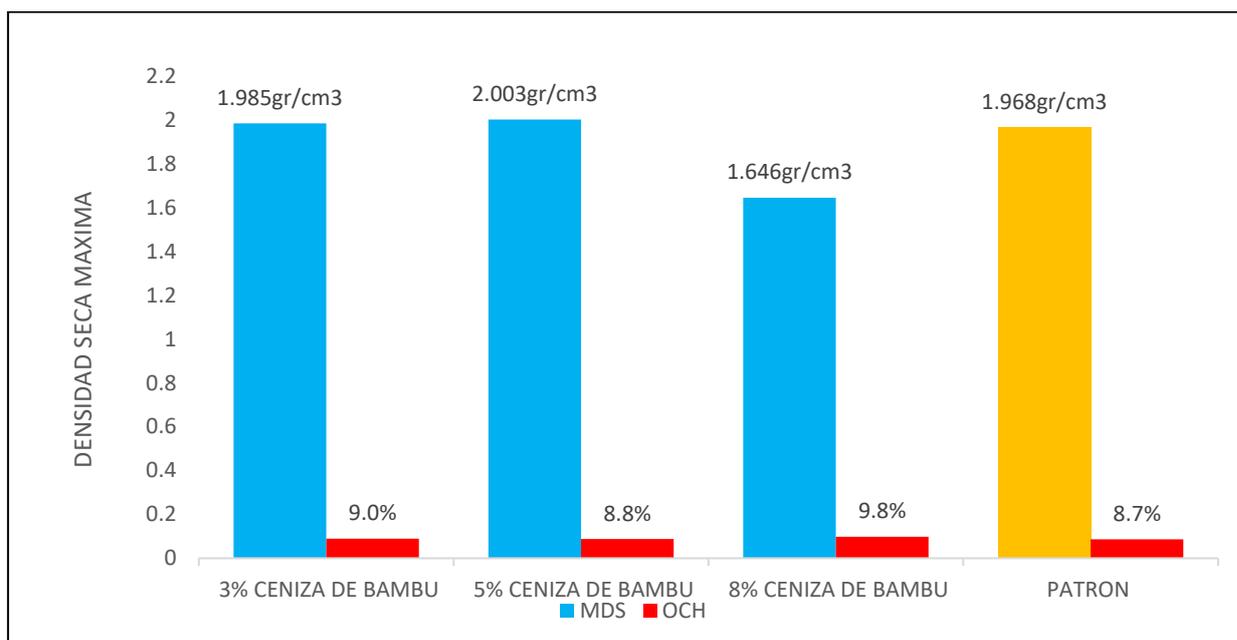
<b>Muestra</b>	<b>Límite Líquido</b>	<b>Límite Plástico</b>	<b>Índice de Plasticidad</b>
Muestra-Patrón (C-1)	33	23	10
M + 3% ceniza de bambú	30.9	24.5	6.4
M+ 5% ceniza de bambú	29.8	25.5	4.3
M + 8% ceniza de bambú	28.4	26.2	2.2
M +1% de caucho granulado	33	23	10
M+ 2% de caucho granulado	33	23	10
M+ 3% de caucho granulado	33	23	10
M+ 5% de caucho granulado	33	23	10
M+ 8% de caucho granulado	33	23	10
M+3% ceniza de bambú + 1% de caucho granulado	30.9	24.5	6.4
M+ 5% ceniza de bambú + 1% de caucho granulado	29.8	25.5	4.3

Fuente: Elaborado por el investigador

**Ensayo de Proctor modificado**

Este ensayo tiene como finalidad establecer la relación entre la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad en la compactación de los materiales a utilizar en el diferente trabajo de ingeniería civil, asimismo en el control de calidad de la compactación de obra, este ensayo se basará en la norma MTC E115. Este ensayo presenta 3 métodos alternativos (A, B Y C), para lo cual el método utilizado para el presente trabajo de investigación es el método "C", basado en las especificaciones del material a ser ensayado.

## Proctor modificado adicionando 3%, 5% y 8% adicionando ceniza de bambú



**Figura 7.** Ensayo de Proctor modificado adicionando ceniza de bambú 3%, 5% y 8%

Fuente: Elaborado por el investigador

**Interpretación:** luego de haber obtenido los resultados del ensayo realizado con la muestra C-1, a esto se adiciono 3%, 5% y 8% de ceniza de bambú, el cual adicionando 3% de ceniza de bambú se obtuvo una densidad seca máxima de 1.985 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 9.0%; en la muestra adicionando 5% de ceniza de bambú se obtuvo una densidad seca máxima de 2.003 gr/mc<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad 8.8%; en la muestra adicionando 8% de ceniza de bambú se obtuvo una densidad seca máxima de 1.646 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad 9.8%.

Se puede observar que el mejor resultado obtenido se da adicionando a la muestra 5% de ceniza de bambú con una densidad seca máxima de 2.003 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad de 8.8% para su compactación.

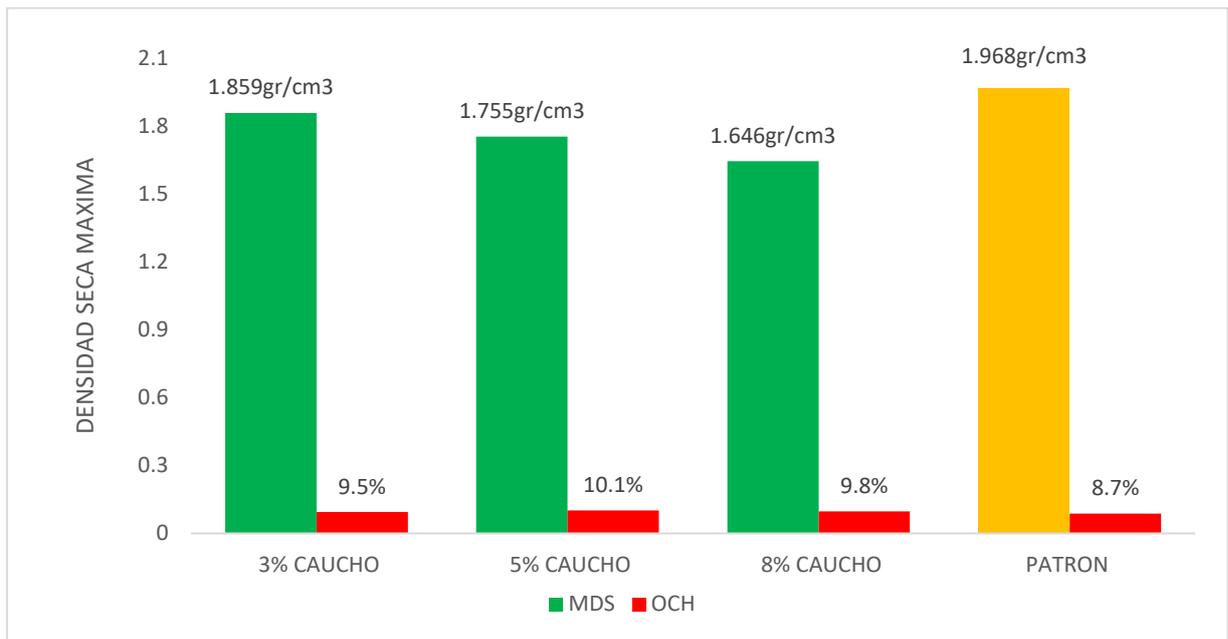
**Tabla 8**

*Proctor modificado adicionando de ceniza de bambú*

MUESTRA	DENSIDAD MAXIMA SECA	O.C.H
M + 5% ceniza bambú	2.003 gr/cm <sup>3</sup>	8.8%

Fuente: Elaborado por el investigador

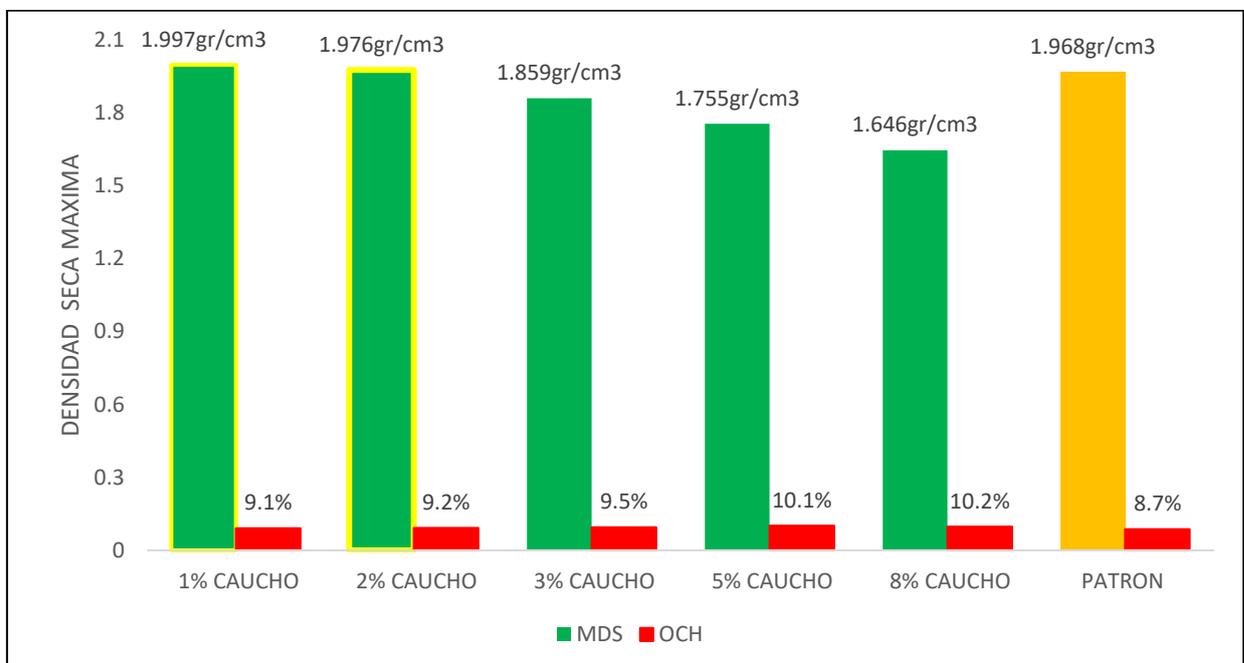
### Proctor modificado adicionando 3%, 5% y 8% caucho granulado.



**Figura 8.** Ensayo de Proctor adicionando Caucho granulado con 3%, 5% y 8 %

Fuente: Elaborado por el investigador

### Proctor modificado adicionando 1%, 2%, 3%, 5% y 8% caucho granulado



**Figura 9.** Ensayo de Proctor adicionando Caucho granulado 1%, 2%, 3%, 5% y 8%

Fuente: Elaborado por el investigador

**Interpretación:** luego de haber obtenido los resultados del ensayo realizado con la muestra C-1, a esto se adiciono 1%, 2%, 3%, 5% y 8% de caucho granulado, el cual adicionando 1% de caucho granulado se obtuvo una densidad seca máxima de 1.997gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 9.1%; en la muestra adicionando 2% de caucho granulado se obtuvo una densidad seca máxima de 1.976 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad 9.2%; en la muestra adicionando 3% de caucho granulado se obtuvo una densidad seca máxima de 1.859 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad 9.5%; en la muestra adicionando 5% de caucho granulado se obtuvo una densidad seca máxima de 1.755 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad de 10.1%; en la muestra adicionando 8% de caucho granulado se obtuvo una densidad seca máxima de 1.646 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad de 9.8%

Se puede observar que el mejor resultado obtenido se da adicionando a la muestra 1% de caucho granulado con una densidad seca máxima de 1.997 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad de 9.1% para su compactación.

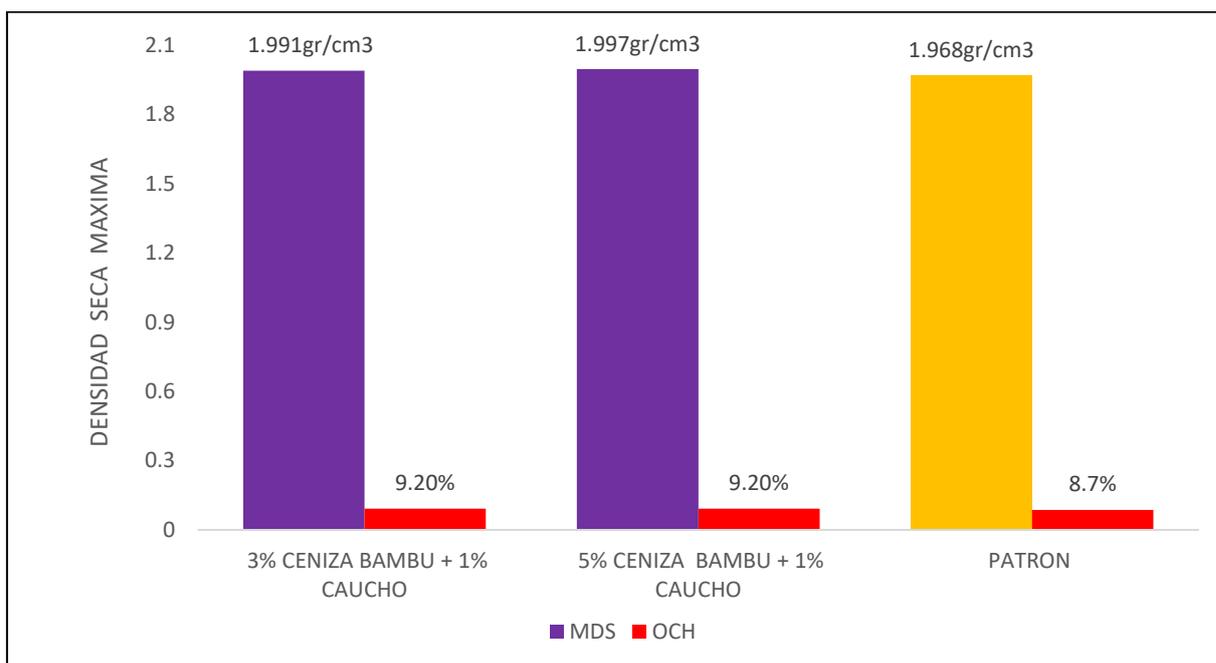
**Tabla 9**

*Proctor modificado adicionando caucho granulado*

<b>Muestra</b>	<b>Densidad Máxima Seca</b>	<b>O.C.H</b>
M+ 1% Caucho Granulado	1.997 gr/cm <sup>3</sup>	9.1

Fuente: Elaborado por el investigador

## Proctor modificado adicionando ceniza de bambú + caucho granulado.



**Figura 10.** Ensayo de Proctor Modificado, ceniza de bambú caucho + caucho granulado

Fuente: Elaborado del investigador

**Interpretación:** luego de haber obtenido los resultados del ensayo realizado, en la muestra adicionando 3% de ceniza de bambú + 1% de caucho granulado, 5% se obtuvo una densidad seca máxima de 1.991 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad de 9.2%; en la muestra adicionando 5% de ceniza de bambú + 1% de caucho granulado se obtuvo una densidad seca máxima de 1.997 gr/mc<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad 9.2.

Se puede observar que el mejor resultado obtenido se da adicionando a la muestra 5% de ceniza de bambú + 1% de caucho granulado se obtuvo una densidad seca máxima de 1.997 gr/mc<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad 9.2. para su compactación, indicando que son los % de aditivos aceptables.

**Tabla 10***Proctor modificado adicionando ceniza de bambú + caucho granulado*

Muestra	Densidad Máxima Seca	O.C.H
M+ 5% de ceniza de bambú +1% Caucho Granulado	1.997 gr/cm <sup>3</sup>	9.2%

Fuente: Elaborado por el investigador

**Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)**

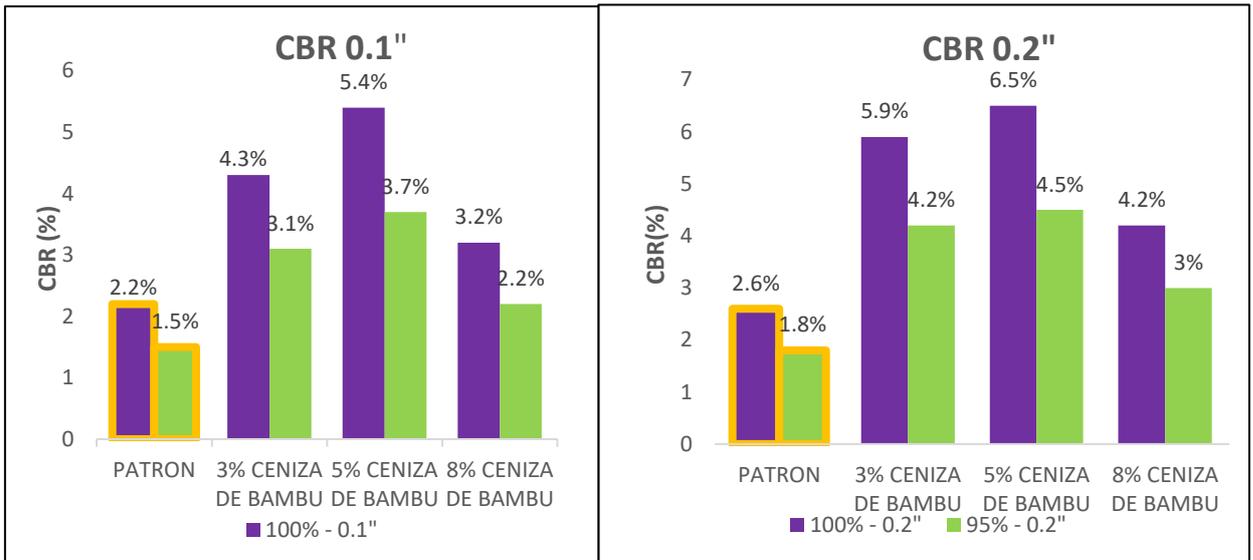
Este ensayo se maneja para estudiar la calidad de un suelo considerando su resistencia nombrado valor de la relación soporte. Este ensayo es usado para evaluar la resistencia potencial de subrasante, sub-base y la base del pavimento. Este ensayo se basa en la norma MTC E132, donde menciona que una vez que se halla clasificado los suelos por el sistema SUCS Y AASHTO, se determinara que el CBR es la capacidad de soporte de un suelo.

**Tabla 11***Categorías de subrasantes según el valor de CBR*

<b>Categoría de subrasante</b>	<b>CBR</b>
Subrasante inadecuada	CBR < 3%
Subrasante insuficiente	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
Subrasante regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
Subrasante buena	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
Subrasante muy buena	De CBR ≥ 20 a CBR < 30%
Subrasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: elaboración propia

**ENSAYO DE CBR ADICIONANDO CENIZA DE BAMBU**



**Figura 11.** Ensayo CBR con ceniza de bambú

Fuente: Elaborado por el investigador

**CBR- PATRON < 3%**

SUBRASANTE INADECUADA

**CBR (5% DE CENIZA DE BAMBU) ≥ 3%<6%  
6%<10%**

SUBRASANTE INSUFICIENTE

**CBR- PATRON < 3%**

SUBRASANTE INADECUADA

**CBR (% DE CENIZA DE BAMBU) ≥**

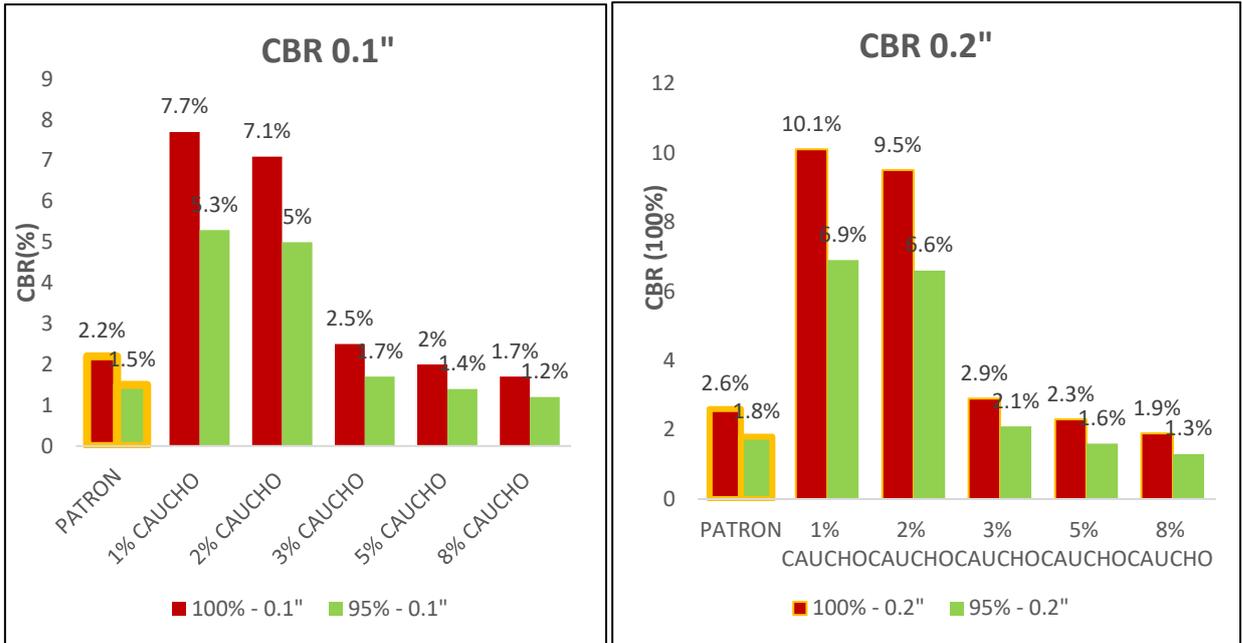
SUBRASANTE REGULAR

**INTERPRETACION:**

El CBR (95% con una penetración de 0.1") en promedio del terreno natural es de 1.8%, sin embargo, cuando se añade las dosificaciones de 3% de ceniza de bambú se obtuvo un CBR (3.7%), asimismo con la adición del 5% de ceniza de bambú alcanzó un CBR (2.9%), seguido de la adición de 8% de ceniza de bambú alcanzó un CBR (4.2%).

El ensayo de CBR se ejecutó de acuerdo a la norma ASTM D1883 y al manual de carreteras 2014, para así alcanzar establecer el índice de resistencia que tienen los suelos, también conocido como el valor de relación de soporte, este ensayo se maneja para la evaluación de la resistencia de la subrasante, El valor se halla referido al 95% de la máxima densidad seca con una penetración de carga de 0.1".

## ENSAYO CBR ADICIONANDO CAUCHO GRANULADO



**Figura 12.** Ensayo CBR con Caucho Granulado

Fuente: Elaborado por el investigador

**CBR- PATRON < 3%**

SUBRASANTE INADECUADA

**CBR (1% DE CAUCHO) ≥ 6% < 10%**

SUBRASANTE REGULAR

**CBR- PATRON < 3%**

SUBRASANTE INADECUADA

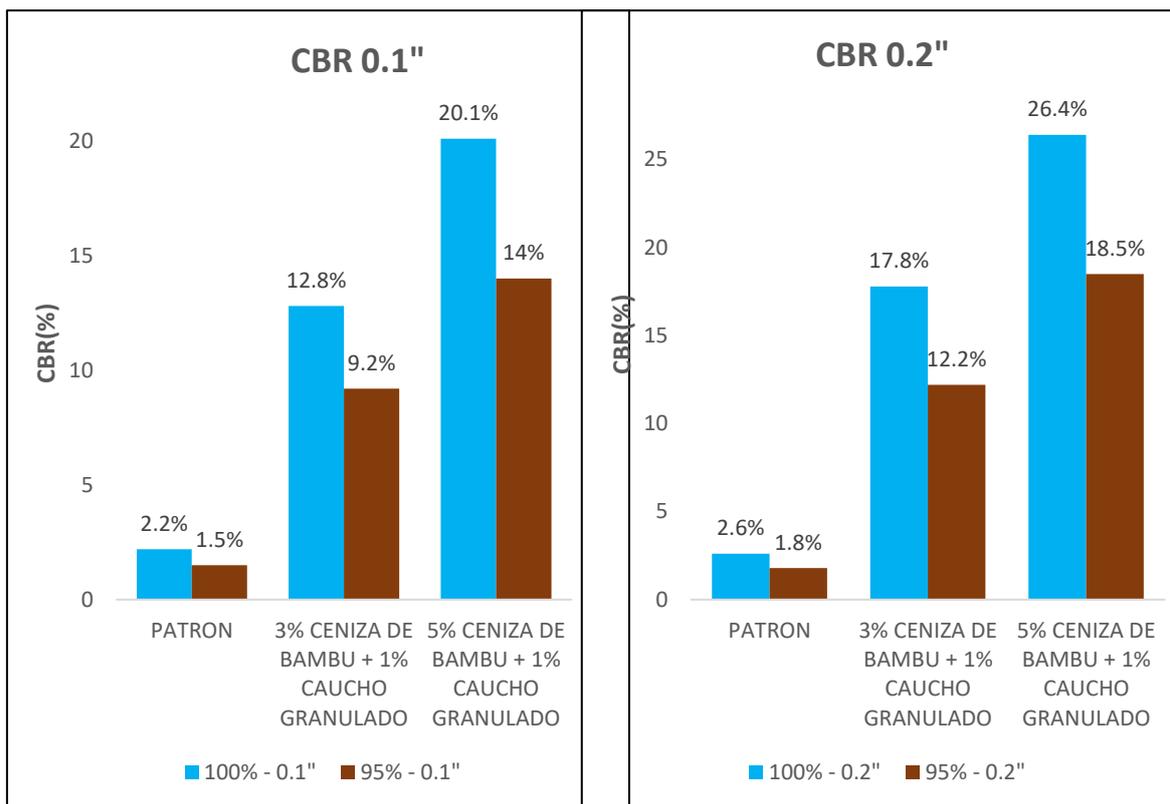
**CBR (1% DE CAUCHO) ≥ 10% < 20%**

SUBRASANTE BUENA

### INTERPRETACION:

El CBR (95% con una penetración de 0.1") en promedio del terreno natural es de 1.8%, sin embargo, cuando se añade las dosificaciones de 1% de Caucho granulado se obtuvo un CBR (5.3%), asimismo con la adición del 2% de caucho granulado alcanzó un CBR (5%), seguido de la adición de 3% de caucho granulado alcanzó un CBR (1.7%), seguido de la adición de 5% de caucho granulado alcanzo un CBR (1.4%) y con la adición de 8% de caucho granulado alcanzo un CBR (1.2%) Este ensayo de CBR se ejecutó de acuerdo a la norma Normativa ASTM D1883 y al manual de carreteras 2014, para así conseguir establecer el índice de resistencia que tienen los suelos, igualmente conocido como el valor de relación de soporte, este ensayo se maneja para la evaluación de la resistencia de la subrasante, este valor hace referencia al 95% a la máxima densidad seca con una penetración de carga de 0.1".

## ENSAYO CBR ADICIONANDO CENIZA DE BAMBU + CAUCHO GRANULADO



**Figura 13.** Ensayo CBR con ceniza de bambú + caucho granulado

Fuente: Elaborado por el investigador

**CBR- PATRON < 3%**

SUBRASANTE INADECUADA

**CBR (5% DE CENIZA + 1% DE CAUCHO)**

**≥ 20% < 30% - SUBRASANTE MUY BUENA  
BUENA**

**CBR- PATRON < 3%**

SUBRASANTE INADECUADA

**CBR (5% DE CENIZA + 1% DE CAUCHO)**

**≥ 20% < 30% - SUBRASANTE MUY BUENA**

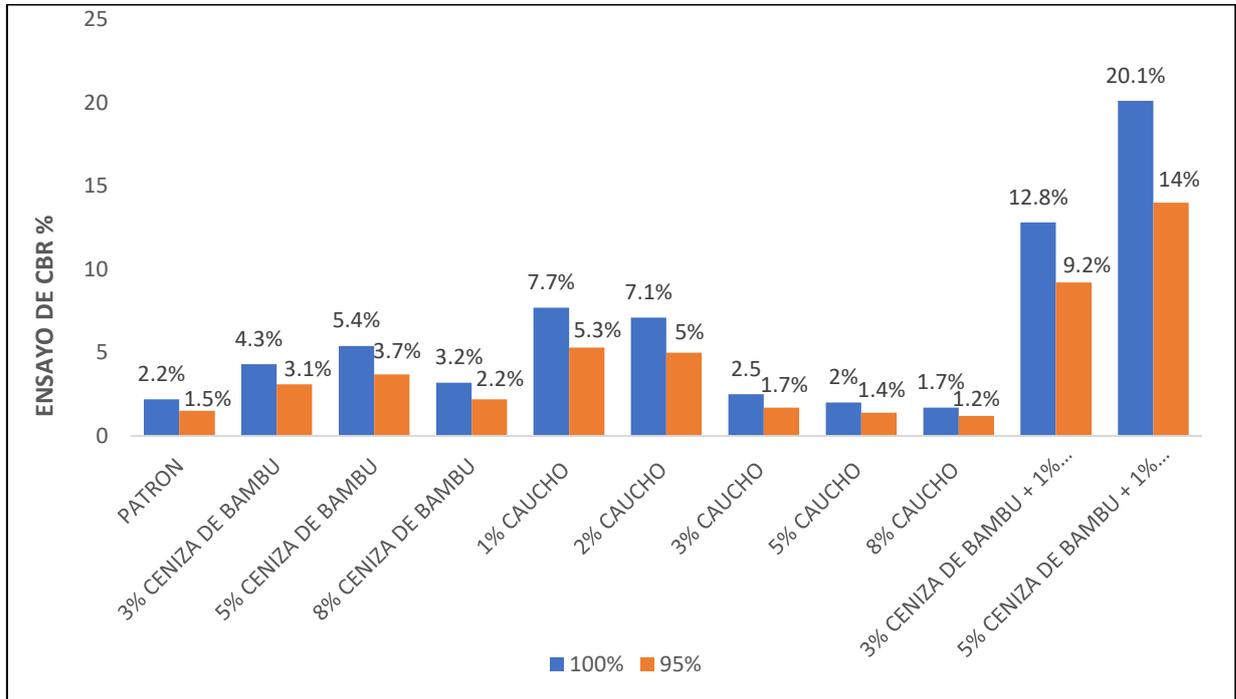
### INTERPRETACION:

El CBR (95% con una penetración de 0.1") en promedio del terreno natural es de 1.8%, sin embargo, cuando se añade las dosificaciones de 3% de ceniza de bambú + 1% caucho granulado se obtuvo un CBR (9.2%), asimismo con la adición del 5% de ceniza de bambú + 1% de caucho granulado alcanzó un CBR (14%).

El ensayo de CBR se realizó de acuerdo a la norma ASTM D1883 y al manual de carreteras 2014, para así conseguir establecer el índice de resistencia que tienen los suelos, también conocido como el valor de la capacidad de soporte, este ensayo

se maneja en la evaluación de la resistencia de la subrasante, este valor hace referencia al 95% a la máxima densidad seca con una penetración de carga de 0.1”.

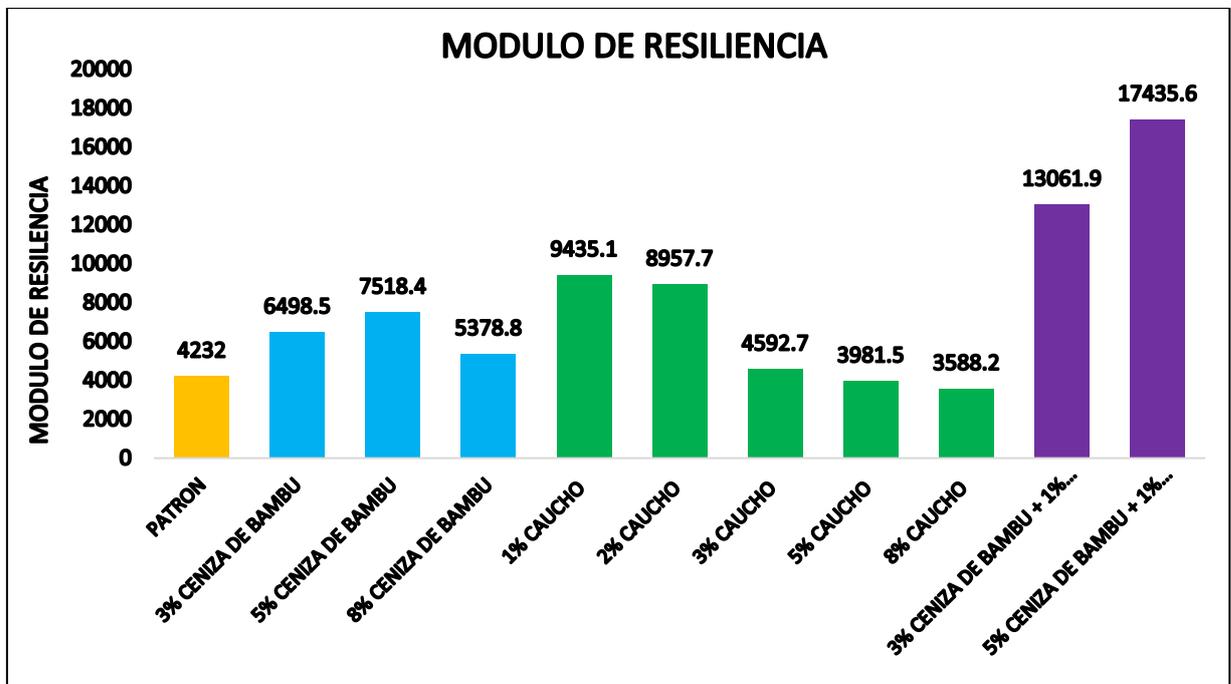
**ENSAYO CBR ADICIONANDO CENIZA DE BAMBU + CAUCHO GRANULADO**



**Figura 14.** Ensayo de CBR adicionando Ceniza de bambú con caucho granulado

Fuente: Elaborado por el investigador

**MODULO DE RESILIENCIA**



**Figura 15.** Módulo de Resiliencia

Fuente: Elaborado por el investigador

## INTERPRETACIÓN

El módulo de resiliencia en promedio del terreno natural 4232 PSI, sin embargo, cuando se añade la dosificación de ceniza de madera y caucho granular, se alcanza un MR para la adición del 8% 5378,8 resaltándose que es la adición más optima de lo encontrado. Por lo consiguiente, se realizó una evaluación con las dosificaciones 1% de caucho + 3% de ceniza alcanzó un Mr.,13061,9, mientras la dosificación de 1% de caucho + 5% de ceniza se generó un Mr. 17435,6.

## Diseño de pavimento flexible

El diseño del pavimento flexible se realiza de acuerdo a normas técnicas, diseñando efectivamente varias capacidades, dando así al proyecto una mayor estabilidad estructural adecuada y resistente. Por tanto, para el diseño y cálculo de las dimensiones de la sección de pavimento, se considera que el procedimiento de cálculo es:

- Método ASSHTO Guide for Design of Pavemnt Structures 1993

Calcula los parámetros básicos del diseño del pavimento, las cargas de tráfico de vehículos impuestas sobre el pavimento y las características de la subrasante en la que se basa el pavimento.

### Módulo de resiliencia.

$$M_r(\text{psi}) = 2555\text{CBR}^{0.64}$$

Para este diseño se toma como resultado de laboratorio un CBR de MDS= 20.1%, obteniendo un resultado de:

**Mr(psi)= 17435.6**

## Conteo vehicular

Tabla 12

### Conteo de vehículos ligeros

DIA	FECHA	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL COMBI	MICRO
Lunes	11/04/2022	2897	1986	978	65	797	435
Martes	12/04/2022	2895	2598	895	72	1113	230
Miércoles	13/04/2022	3852	2256	823	81	892	307
Jueves	14/04/2022	2534	2368	765	74	679	452
Viernes	15/04/2022	2960	2860	642	68	983	321
Sábado	16/04/2022	2558	2598	689	53	865	305
Domingo	17/04/2022	1215	1196	528	52	631	278

Fuente: Ficha técnica estándar – MTC



**Figura 16.** Conteo vehicular en noche

Fuente. Elaborado por el investigador

**Tabla 13**

*Conteo de vehículos pesados*

DIA	FECHA	BUS	BUS	CAM	CAM	CAM	2S1/	2S3	3S1/	3S3	2T2	2T	3T2	3T3
		2E	3E	2E	3E	4E	2S2		3S2					
L	11/04/2022	88	23	108	78	12	9	9	68	28	17	5	18	55
M	12/04/2022	82	18	145	72	18	11	3	45	16	13	7	11	35
M	13/04/2022	115	15	115	79	10	14	11	57	25	9	3	12	46
J	14/04/2022	87	21	86	65	22	10	5	72	17	12	4	19	35
V	15/04/2022	94	19	112	42	13	17	7	61	23	11	8	14	29
S	16/04/2022	115	17	96	38	11	11	8	58	21	16	4	13	33
D	17/04/2022	81	12	105	51	17	8	6	47	19	15	3	15	41

Fuente: Elaborado por el investigador



**Figura 17.** Conteo vehicular en noche

Fuente. Elaborado por el investigador

### **Indice medio diario anual (IMDA)**

Es el resultado de los estudios de conteo vehicular realizados durante una semana, esto multiplicado por un factor de correccion.

Formula:

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

IMDS: Indice medio diari semanal

FC: Factor de correccion estacional

Al realizar la sumatoria de todos los promedios diarios del conteo vehicular, dio como resultado un **IMDS 2022: 7445.43** vehiculos.

### **Factor de corrección.**

Este resultado se obtuvo con los datos obtenidos del peaje mas cercanos, siendo el peaje de Corcona usado para este proyecto, atravez del MTC.

### **Tabla 14**

*Factor de corrección de vehículos ligeros y pesados*

Tipo	Factor de correccion
Vehiculos ligeros	0.78
Vehiculos pesados	0.98

Fuente. Elaborado por el investigador

IMDS	2,701.57	2,266.00	760.00	66.43	851.43	332.57	94.57	17.86	109.57	60.71	14.71	11.43	0.00	7.00	58.29	0.00	21.29	13.29	4.86	14.57	39.29	7,445.43
FE	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
IMDA	2,103.37	1,764.24	591.71	51.72	662.90	258.93	92.29	17.43	106.93	59.25	14.36	11.15	0.00	6.83	56.88	0.00	20.77	12.96	4.74	14.22	38.34	5,889.02
2022	Autos	STATION	Pick up	PANEL	COMBI	Micros	B2	B3	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	TOTAL

IMDA 2022 = IMDS X FC = 5889.02

### Tasa de crecimiento vehicular

Los proyectos se realizan con la propósito de proponer una buena serviciabilidad a los usuarios del tránsito vehicular y peatonal por muchos años, es por ello que se realizó el cálculo de acuerdo al Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos. Estos resultados fueron obtenidos del INEI

**Tabla 15**

*Tasa de crecimiento vehicular*

Lugar	Tasa de crecimiento vehicular de vehículo ligero	Tasa de crecimiento vehicular de vehículos pesados (buses)	Tasa de crecimiento vehicular de vehículos pesados (micro)
lima	5.1%	3%	2.3%

Fuente. Elaboración propia (INEI)

Fórmula para la proyección futura:

$$T_n = T_o * (1 + r)^n$$

Tn: Transito proyectada al año "n"

To: Transito actual

r: Tasa anual de crecimiento

n: Años de periodo de diseño

$$\checkmark \text{ IMDA 2026} = 5889.02 * (1 + 5.3)^4 = \mathbf{7140}$$

$$\checkmark \text{ IMDA 2046} = 7140 * (1 + 5.3)^{20} = \mathbf{18773}$$

$$\# \text{ DE PASADAS} = \text{IMDA 2026} * 365 * \left(\frac{(1+r)^n - 1}{r}\right)$$

$$\# \text{ DE PASADAS 2046} = 7140 * 365 * \left(\frac{(1+5.3)^{20} - 1}{5.3}\right) = \mathbf{52236043.89}$$

### Cálculo de ejes equivalentes (ESAL)

Según el manual de carreteras (suelos, geología, geotecnia y pavimentos), sección: suelos y pavimentos, indica que estos ejes equivalentes simbolizan un factor destructivo de varias cargas por tipo de eje sobre pavimento.

Formula:

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

$\sum f * \text{IMDA}$  = Sumatoria de IMDA corregido

365 = Días en un año

Fd\* Fc = factor de distribución direccional y de carril

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>8.2 ton</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.1}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.1}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	$EE_{TA1} = [P / 13.0]^{4.1}$
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	$EE_{TA2} = [P / 13.3]^{4.1}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	$EE_{TR1} = [P / 16.6]^{4.0}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	$EE_{TR2} = [P / 17.5]^{4.0}$
P = peso real por eje en toneladas	

**Figura 18.** relacion de cargas por ejes para establecer ejes equivalentes (EE)

Fuente: elaboracion propia (manual de carreteras ,seccion suelos y pavimentos)

**Tabla 16**

*Factor de distribucion direccional y de carril (Fd y Fc)*

Numero calzadas	de	Numero sentidos	de	Numero carriles sentido	de por	Factor direccional (Fd)	Factor carril (Fc)	Factor ponderado Fd x Fc para carril de diseño
		1 sentido		1		1.00	1.00	1.00
		1 sentido		2		1.00	0.80	0.80
1 calzada (para IMDA total de la calzada )		1 sentido		3		1.00	0.60	0.60
		1 sentido		4		1.00	0.50	0.50
		2 sentidos		1		0.50	1.00	0.50
		2 sentidos		2		0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador cnetral (para IMDA total de todas las calzadas )		2 sentidos		1		0.50	1.00	0.50
		2 sentidos		2		0.50	0.80	0.40
		2 sentidos		3		0.50	0.60	0.30
		2 sentidos		4		0.50	0.50	0.25

Fuente: elaboraci3n propia (base de datos Gu3a AASHTO'93)

**Fd = 0.50 y Fc= 0.80**

TIPO DE VEHICULO		IMDA	TIPO	NUMERO	CARGA	f	f.IMDA
		2026	EJE	LLANTAS	EJE T <sub>n</sub>		
VEHICULOS LIGEROS	Autos	2567	SIMPLE	2	1	0.000527	1.35
		2567	SIMPLE	2	1	0.000527	1.35
	STATION	2153	SIMPLE	2	1	0.000527	1.13
		2153	SIMPLE	2	1	0.000527	1.13
	Pick up	722	SIMPLE	2	1	0.000527	0.38
		722	SIMPLE	2	1	0.000527	0.38
	PANEL	64	SIMPLE	2	1	0.000527	0.03
		64	SIMPLE	2	1	0.000527	0.03
	COMBI	809	SIMPLE	2	1	0.000527	0.43
		809	SIMPLE	2	1	0.000527	0.43
	Micros	316	SIMPLE	2	1	0.000527	0.17
		316	SIMPLE	2	1	0.000527	0.17
BUSES	B2	104	SIMPLE	2	7	1.265367	131.60
		104	SIMPLE	4	11	3.238287	336.78
	B3	20	SIMPLE	2	7	1.265367	25.31
		20	TANDEM	6	16	1.365945	27.32
CAMIONES	C2	118	SIMPLE	2	7	1.265367	149.31
		118	SIMPLE	4	11	3.238287	382.12
	C3	65	SIMPLE	2	7	1.265367	82.25
		65	TANDEM	8	18	2.019213	131.25
	C4	16	SIMPLE	2	7	1.265367	20.25
		16	TRIDEM	10	23	1.508184	24.13
	T2S1	13	SIMPLE	2	7	1.265367	16.45
		13	SIMPLE	4	11	3.238287	42.10
		13	SIMPLE	4	11	3.238287	42.10
	T2S2	0	SIMPLE	2	7	1.265367	0.00
		0	SIMPLE	4	10	2.211734	0.00
		0	TANDEM	8	18	2.019213	0.00
	T2S3	8	SIMPLE	2	7	1.265367	10.12

Figura 19. resultados de los ejes equivalentes (ESAL)

Fuente: Elaboración propia

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

$$ESAL = 2731.56 * 365 * 0.5 * 0.8 * \left(\frac{(1+0.05)^{20} - 1}{0.05}\right) = 8014932$$

### Diseño de la estructura

Ecuación para el diseño de la estructura de un pavimento

$$\log_{10}(w_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

W18 = trafico

Confiabilidad= %R

Confiabilidad= %R

Desviacion estandar= Zr

Desviacion estandar combinado = So

Indice de serviciabilidad inicial = Pi

Indice de serviciabilidad final = Pt

Diferencia de serviciabilidad = ( $\Delta PSI$ )

Módulo de resiliencia = Mr

**Tabla 17**

Desviación estándar (Zr)

Tipos de caminos	Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Desviación estándar
Restos de caminos	Tp 8	7500,000	10000,000	-1.285

Fuente: Elaboración propia

Zr = -1.285

### Desviación estándar combinada (So)

Según el manual de carreteras – guía AAshto, recomienda tomar valores de 0.40 y 0.50, para la presente tesis de promedio ambos valores y se optó por el valor de:

**So = 0.45**

### Índice de serviciabilidad inicial (Pi) y índice de serviciabilidad final (Pt)

De acuerdo a la guía AAshto su valor varía entre 5 y 0

**Tabla 18***Índice de serviciabilidad inicial (Pi) y final (Pt)*

<b>Tipos de caminos</b>	<b>Trafico</b>	<b>Ejes equivalentes acumulados</b>		<b>Pi</b>	<b>Pt</b>
Restos de caminos	Tp 8	7500,000	10000,000	4.00	2.50

Fuente: Elaborado por el investigador

**Nivel de confiabilidad (%R)**

Este valor se emplea para para asegurarnos que el comportamiento estructural este dentro de los parámetros previstos dentro del parámetro de diseño.

**Tabla 19***Valores de confiabilidad (%R)*

<b>Tipos de caminos</b>	<b>Trafico</b>	<b>Ejes equivalentes acumulados</b>		<b>F. de confiabilidad (%R)</b>
Restos de caminos	Tp 8	7500,000	10000,000	90%

Fuente: Elaborado por el investigador

**%R = 90%**

$$\log_{10}(w_{18}) = Z_R S_D + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Periodo de diseño (años) = 20

Numero de ejes equivalentes total (w18) = 8014931.68

Serviciabilidad inicial (pi)= 4.00

Serviciabilidad inicial (pi)= 2.50

Factor de confiabilidad (r)= 90%

Desviación estándar (Zr) = -1.281

Desviacion estandar combinado So = 0.45

### Coeficiente de drenaje

Condiciones de drenaje, dependiendo de la zona donde se ubica el proyecto, buen drenaje, drenaje natural dentro de 1 día, por lo tanto, los valores de  $m_2$  y  $m_3$  se determinan de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 20**

Condición de drenaje

Calidad drenaje	Tiempo en que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	El agua no evacua

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 93

**Tabla 21**

Coeficientes estructurales de capa

	$a_i$	$m_i$
Carpeta asfáltica	0,17	
Base Granular	0,052	1
Sub - base	0,047	1
Subrasante		

Fuente. Elaborado por el investigador

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 m_2 + a_3 d_3 m_3$$

$$SNR = (0,170 \times 10) + (0,052 \times 25 \times 1) + (0,047 \times 25 \times 1) = 3.65$$

$$SNR (RESULTADO) > SNR (REQUERIDO)$$

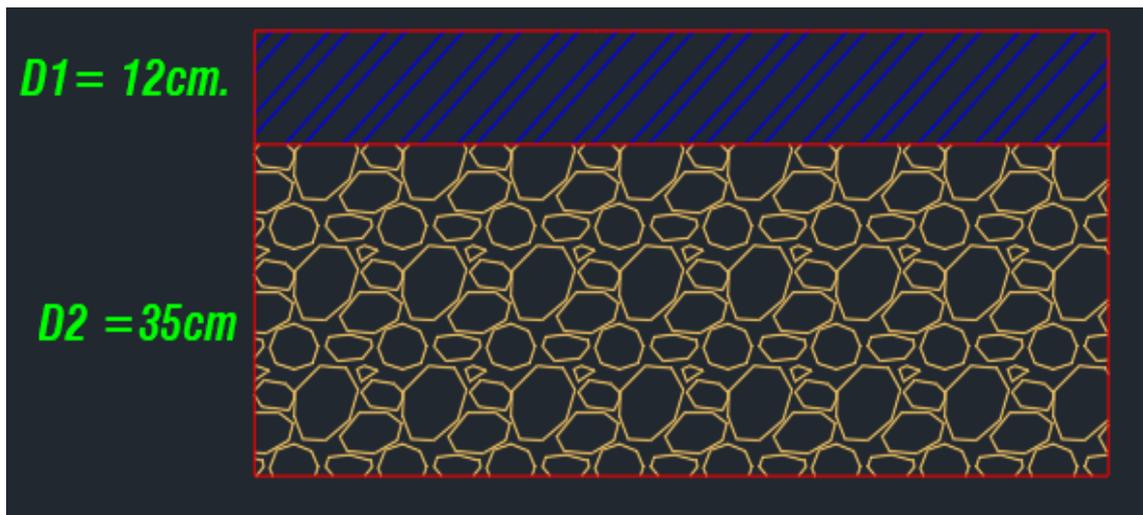
$$3.86 > 3,65$$

**Tabla 22**

*Espesores de diseño*

d1	d2	d3
12cm	35 cm	0
Capa superficial	Base	Sub - Base
SNR (Requerido)	3.65	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)
SNR (Resultado)	3.86	SI CUMPLE

Fuente: elaborado por el autor



**Figura 20.** Espesores de las capas

fuelle: elaborado por el autor

Los espesores que se encuentran representados en la tabla 26, se tomaron teniendo en consideración el SNR requerido (3.65) el cual debe ser menor que el SNR del resultado (3.86), se consideraron los siguientes espesores, debido al alto volumen de tráfico y a su vez la manera más accesible para la realización del proyecto.

## **V. DISCUSIÓN**

En la presente investigación, se estableció el ensayo de la granulometría se establece que de las 5 calicatas estudiadas, la más favorable es la C – 1, lo cual contiene un 36,1% de Arena y un 63,9% de finos, ante ello se destaca los ensayos con adición de los aditivos se realizarán en dicha calicata, resultados que se comprueban con el aporte de Cuba Sánchez et al (2020) que sus resultados muestran la estructura del pavimento es una subrasante, con un CBR de 5% y un volumen de tránsito de  $1.3 \times 10^5$  equivalente, que es el más alto en la clasificación ligera, y en la estructura 2 tenemos una subrasante con un CBR de 10 % y  $1.0 \times 10^6$  equivalente, que es el más alto en la clasificación media, y finalmente el lecho de la carretera, el CBR es 15%, y el flujo es equivalente a  $4.0 \times 10^6$ , el flujo es muy grande.

Con respecto al estudio de la máxima densidad seca con adición 8% ceniza + 8% de caucho, se obtuvo un alcance superior del Proctor, indicando que se debe continuar con los estudios para alcanzar lo indicado, resultados que corroboran con el aporte de Lara et al (2020) muestra que el diseño y fabricación de prototipos de bloques de concreto utilizando gránulos de caucho, con diferentes proporciones de reemplazo de agregado fino, con propiedades técnicas y económicas similares a los bloques de concreto convencional tipo B propuestos en la norma NTE INEN 3066 2016-11, que representa el porcentaje en volumen de agregado fino (10%, 15% y 20%) reemplazado con productos de gránulos de caucho molido con neumáticos.

Con respecto al estudio de la máxima densidad seca con adición 3% ceniza + 3% de caucho, se obtuvo un alcance mayor del Proctor, indicando favorable para el estudio, por lo tanto resultados que corroboran con el aporte de Cardoza et al (2019) señaló que usar una mezcla asfáltica que contiene partículas de caucho reciclado para hacer un pavimento resiliente es costoso, pero el uso de este pavimento funciona muy bien porque es compacto, más duradero y más eficiente. Según las cargas de tracción anteriores, si hablamos de gestión de pavimentos, el costo aumentará si no invertimos en la restauración de la infraestructura vial, puesto que resulta con frecuencia este problema. Hoyos et al (2021) demuestra la relación CR óptima en la mezcla asfáltica varía dependiendo de cómo se agregue al asfalto, desplazando el 20 % en peso del asfalto cuando se agrega al asfalto, es decir, la

utilización al agregar del 1 % al 3 % del peso total de la mezcla en el agregado, use el 1% del peso total cuando se agrega a la mezcla para garantizar la resistencia y una larga vida útil.

Con respecto al estudio de la máxima densidad seca con adición 8% ceniza + 8% de caucho, se obtuvo un alcance superior del Proctor, indicando que se debe continuar con los estudios para alcanzar lo indicado, resultados que corroboran con el aporte de Camacllanqui y Rivera (2021) mostraron que la adición de 0%, 7%, 13% y 18% de ceniza de madera y fibra de coco a la masa del suelo no aumentó los atributos mecánicos del suelo, como plasticidad, compacidad y resistencia; sumando 13% y 18%, el índice de rendimiento disminuyó en 100%, respectivamente 2,53 para NP y NP para mejorar suelos no plásticos; aumentó en un 7%, la densidad seca máxima aumentó en un 2,11%, dando el valor de 1,90 g/cm<sup>3</sup> a 1,94 g/cm<sup>3</sup>, aumentando la compresión.

Por su parte, Brandan (2020) indicó que medianamente bueno para pavimentación y es tipo A-1-b (0) para clasificación por el método AASHTO. La conclusión es que el material granular está compuesto por arena gruesa y una pequeña cantidad de material plástico aglutinante del suelo. Reyes (2020) señala que la adición de pequeños porcentajes de 0,5 %, 1,0 % y 1,5 % de caucho sigue las normas del Instituto de Investigación del Asfalto, y la tasa de 0,5 % es la capacidad más adecuada, lo que se traduce en una mayor estabilidad de la capa asfáltica, mejorando así las propiedades del asfalto convencional. Rojas (2019) indica que la consistencia seca máxima como el contenido de agua óptimo en suelos naturales disminuyeron al 30% de contenido de caucho en relación con la masa del suelo, mientras que las ventajas del suelo de densidad seca máxima y contenido de agua máximo se reducen. La densidad óptima y la capacidad de humedad disminuyeron, lo que revela que estas propiedades del suelo tienden a disminuir con más aditivos de caucho.

El CBR en promedio del terreno natural es de 2,2%, sin embargo cuando se añade las dosificaciones de 3% se obtuvo un CBR (5,30%) asimismo con la adición del 5% alcanzó un CBR (4,20%), seguido de la adición de 1% de caucho + 3% de ceniza alcanzó un CBR (12,80%), mientras la dosificación de 1% de caucho + 5% de ceniza se generó un CBR (20,10%) resultados que se comparan con el aporte de,

Sánchez (2021) señala que las mezclas asfálticas con 1% de caucho cumplen con los parámetros Marshall especificados en las normas MTC E 504 y 505, no superan ni se desvían del porcentaje óptimo de cemento asfáltico, tienen mayor estabilidad, cumplen con los requisitos mínimos de AASHTO T 283%, mejor que la mezcla de caucho con 2% de aumento en la resistencia a la tracción indirecta y deformación unitaria reducida. Se concluyó que las mezclas asfálticas con 1% de caucho fueron la mejor alternativa a las mezclas asfálticas convencionales.

El módulo de resiliencia en promedio del terreno natural 4232 PSI, sin embargo, cuando se añade la dosificación de ceniza de madera y caucho granular, se alcanza un MR para la adición del 8% 5378,8 resaltándose que es la adición más óptima de lo encontrado. Por lo consiguiente, se realizó una evaluación con las dosificaciones 1% de caucho + 3% de ceniza alcanzó un Mr 13061,9, mientras la dosificación de 1% de caucho + 5% de ceniza se generó un Mr 17435,6 resultados que se confrontan con el aporte de Figueroa y Santanilla (2020) efectuó la adecuación con la emulsión CRL-1 + GCR, confrontando el comportamiento a fatiga de la mixtura 100% RAP y RAP + GCR, que claramente fue resultado de la adición de las emulsiones CRL-1 y GCR de manera significativa con desempeño mejorado.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Los ensayos que se realizaron para la determinación de las propiedades mecánicas del suelo, son el de compactación Proctor modificado, Análisis granulométrico y de CBR.
2. Se analizó el comportamiento físico y mecánico de los suelos adicionando ceniza de bambú y caucho de granulado, donde se determinó que a mayor adición de ceniza de bambú con 1% de caucho, se alcanzará la mayor estabilización.
3. Se estableció las diferencia física y mecánicas de los suelos estabilizados con la adición de ceniza de bambú y caucho granulado sin estabilizar, demostrando que con la adición se logrará alcanzar mayor compactación.
4. Se determinó la relación proporcional de ceniza de bambú y caucho granulado para llegar a una óptima estabilización es con 1% de caucho granulado con 5% de ceniza de bambú, para lograr alcanzar la estabilización de la subrasante del pavimento.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda efectuar ensayos con dosificaciones superiores de ceniza de manera, para tener una base de datos de la influencia que tiene este desperdicio en estabilizar suelos blandos, así mismo realizar estudios de la incorporación de ceniza de bambú y caucho granulado en subrasantes de diferentes tipos de suelos.
2. Se recomienda analizar diferentes tipos de escorias metalúrgicos para añadir en los diferentes tipos de suelos, debido a que estos residuos pueden reutilizarse para contables infraestructura vial, con el fin de mejorar las propiedades físicos y mecánicos, y obtener una data para los próximos diseños viales y estructurales.
3. Es recomendable realizar un estudio económico acerca de la utilización de los tipos de escoria para evaluar la viabilidad en un proyecto ingenieril que conlleve a mejorar el aspecto social.
4. Se recomienda evaluar el impacto ambiental que tiene la utilización de caucho granulado y cenizas de bambú para diferentes proyectos, donde se ha determinado en cuanto afecta a la población y a los recursos que emplea.

## REFERENCIAS

- Arias Gonzáles, J. L. (2021). *Diseño y Metodología de la Investigación*. Lima: Enfoques Consulting EIRL.
- Brandan, Y. (2020). *Aplicación de ceniza de madera de fondo para estabilizar la subrasante en Avenida San Felipe con Universitaria, Comas 2020*. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55918>
- Brandan, Y. (2020). *Aplicación de Ceniza de madera de fondo para estabilizar la subrasante en Avenida San Felipe con Universitaria, Comas - 2020*. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55918>
- Camacllanqui, G., & Rivera, J. (2021). *Estabilización de la subrasante incorporando cenizas de madera y fibra de coco en la Av. Andrés Avelino Cáceres, Huancavelica-2021*. Universidad César Vallejo. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/67526/Camacllanqui\\_CGJ-Rivera\\_CJS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/67526/Camacllanqui_CGJ-Rivera_CJS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cardoza, M., Palomino, K., & Angulo, G. (2016). *Pavimentos flexibles utilizando una mezcla asfáltica con grado de caucho reciclado para su sostenibilidad en Colombia*. Fundación Universitaria Antonio de Arévalo. Obtenido de <http://revistas.unitecnar.edu.co/index.php/sth/article/view/16/59>
- Cardoza, M., Palomino, K., & Angulo, G. (2019). *Pavimento flexible utilizando una mezcla asfáltica con grano de caucho reciclado para su sostenibilidad en Colombia*”, *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, vol. 10, no. 2, 17-27, 2019. Obtenido de <https://doi.org/10.25213/2216-1872.16>
- Figuroa, A., & Santanilla, E. (2020). *Desempeño del pavimento con mezcla reciclada-RAP y grano de caucho reciclado-GCR*”. *Revista Infraestructura Vial / Lanamme UCR ISSN electrónico: 2215-3705 / Volumen 22 / Número 39 / Julio, 2020 / p.p. 20-28*. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/41205/43479>
- Fonseca, L., Lancheros, D., & Soto, M. (2018). *Granulares de Caucho: uso e implementación como aditivo en concreto y pavimentos*. In *L'Ésprit Ingenieux*.

Vol 10 - 1, oo.47 a 144. Obtenido de <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/2119/1832>

Gamica, P., Gómez, J., & Sesma, J. (2016). Mecánica de materiales para pavimentos. Instituto Mexicano del Transporte. ISSN 0188 - 7297. Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt197.pdf>

Gonzales, M. (2019). ¿Que son los beneficios de la ceniza de madera?

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). Metodología de la Investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw-Hill Interamericana Editores.

Hoyos, L., Puicon, K., & Muñoz, S. (2021). Uso del caucho granulado en mezclas asfálticas: Una revisión literaria. Revista Infraestructura Vial / Lanamme UCR ISSN electrónico: 2215-3705 / Volumen 23 / Número 41 / Febrero, 2021 / p.p. 11- 19. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/infraestructura/v23n41/2215-3705-infraestructura-23-41-11.pdf>

Instituto de la construcción y gerencia. (2015). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Ipince, H. (2020). Mejoramiento de la subrasante agregando ceniza de tusa de maíz en la calle 12 del distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo 2019. Universidad César Vallejo. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48544/Ipince\\_CHA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48544/Ipince_CHA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Lara, E., Guerrero, D., & Altamarino, B. (2020). Influencia de las partículas de caucho en la resistencia a la compresión de bloques de concreto Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, vol. 43, núm. 3, 2020, pp. 134-141. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/6057/605766264004/605766264004.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). D.S. N° 034 - 2008MTC: Manual de Ensayos de Materiales. Lima. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_1582.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1582.pdf)

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de carretera suelos, geología, geotecnia y pavimentos - sección suelos y pavimentos. Lima. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis. Bogotá.
- Poveda, C. (2020). Diseño de estructura de pavimento flexible y rígido sobre la malla vial del SITP en la localidad de Tunjuelito Calle 55SUR entre carreras 19 A Y 19B con estabilización de subrasante incluyendo material tipo rajón. Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37284/PovedaSierraCamiloAndr%c3%a9s2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Reyes, A. (2020). Diseño de pavimento flexible con adición de caucho para mejorar la resistencia del estacionamiento de UCV Piura 2020. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/70114>
- Rojas, R. (2019). Mejoramiento de la subrasante incorporando caucho granular reciclado en la Avenida Bonavista, Carabayllo, Lima - 2019. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/48824>
- Sánchez, H. (2021). Mejoras mecánicas de la mezcla asfáltica con la incorporación de caucho como parte del agregado fino para la ciudad de Piura. Universidad de Piura. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4871/ICI\\_2104.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4871/ICI_2104.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sánchez, M., Pavón, D., & Tejeda, E. (2020). Propuesta de espesores mínimos de superficie y coeficientes de equivalencia de espesores para el diseño de pavimentos flexibles. Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 14, núm. 1, 2020 Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas, Cub. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193962633005>

- Vargas, Y., Gutiérrez, Y., & Rojas, J. (2020). Estabilización de afirmado con ceniza proveniente de desechos de cascarilla de café para aplicar en suelos de construcción de vías. Obtenido de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17462/1/2020\\_RojasVargasGutierrez\\_%20Estabilizaciondeafirmado.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17462/1/2020_RojasVargasGutierrez_%20Estabilizaciondeafirmado.pdf)
- Vilca, D. (2020). Estabilización de suelos con ceniza natural en los Jirones Unión y Primero de Mayo del Distrito de Viquez. Universidad Peruana los Andes. Obtenido de [https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/2406/TRABAJO%20DE%20SUFICIENCIA%20PROFESIONAL%20VILCA%20SALAZAR\\_Rev07.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/2406/TRABAJO%20DE%20SUFICIENCIA%20PROFESIONAL%20VILCA%20SALAZAR_Rev07.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## **ANEXOS**

## Anexo 01. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables		Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología	
<b>Problema general:</b> ¿La estabilización del subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granular permitirá el diseño del pavimento flexible en Carabayllo – Lima, 2022?	<b>Objetivo general:</b> Determinar la estabilización del subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granular en el diseño del pavimento flexible en Carabayllo – Lima, 2022	<b>Hipótesis general:</b> . El subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granular se estabiliza significativamente en el diseño del pavimento flexible en Carabayllo – Lima, 2022	INDEP	ENDE	NTE	Ceniza de bambú y caucho granular	D1: Dosificación	I1: Porcentaje de adición al 3% (patrón)	California Bearing Ratio (CBR)
								I2: Porcentaje de adición al 5%	California Bearing Ratio (CBR)
								I3: Porcentaje de adición al 8%	California Bearing Ratio (CBR)
							D2: Peso específico	I1: Peso	Sistema Internacional (SI)
								I2: Volumen	Sistema Internacional (SI)
								I3: Densidad	Sistema Internacional (SI)
							D3: Granulometría	I1: Tamaño de partículas	Tamices
								I2: Muestra	Balanza
								I1: Peso	Balanza de proctor
<b>Problemas específicos:</b> ¿Cuáles son los ensayos que permitieron determinar las propiedades mecánicas del suelo en la estabilización del subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granular?	<b>Objetivos específicos:</b> OE1. Realizar ensayos para la determinación de las propiedades mecánicas del suelo en la estabilización del subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granular	<b>Hipótesis específicas:</b> HE1. Los ensayos realizados para la determinar de las propiedades mecánicas del suelos permitieron la estabilización del subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granular	DEPE	NDIE	NTE	Estabilización de subrasante	D1: Máxima densidad seca	I2: Volumen	Ensayos de proctor
								I3: Muestras	Ensayos de proctor
							D2: Capacidad Portante	I1: Características del suelo	Norma E 0.50
	I2: Zonificación	Norma E 0.50							
De qué manera la estabilización del subrasante adicionando ceniza de bambú y	OE2. Analizar el comportamiento físico y mecánico de los suelos adicionando ceniza de	HE2. La estabilización del subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granular para el diseño del							

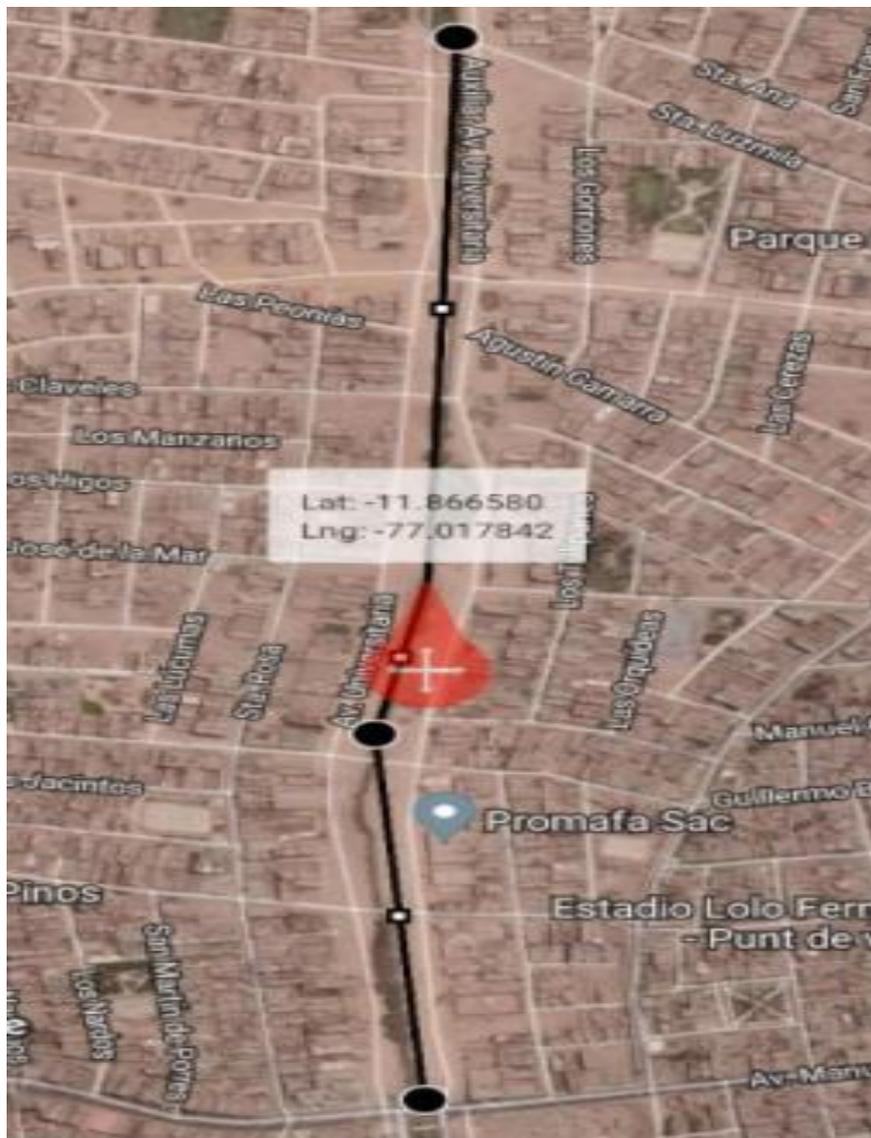
caucho granular para el diseño del pavimento flexible mejora el comportamiento físico – mecánico en 3,%, 5% y 8%?	bambú y caucho de madera en 3,%, 5% y 8%	pavimento flexible permitió mejorar el comportamiento físico – mecánico en 3,%, 5% y 8%				I3: Máxima presión	Capacidad de admisible (q adm)
¿De qué manera la estabilización del subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granular establece diferencias físicas y mecánicas?	OE3.Establecer las diferencia física y mecánicas de los suelos estabilizados con la adición de ceniza de bambú y caucho granular sin estabilizar,	HE3. La estabilización del subrasante adicionando ceniza de bambú y caucho granular permitió establecer diferencias físicas y mecánicas.			D3: Módulo de resiliencia	I1: Energía	Sistema Internacional (SI)
¿Cuál es la relación proporcional óptima de ceniza de bambú y caucho granular para la estabilización del subrasante?	OE4.Determinar una relación proporcional de ceniza de bambú y caucho granular para llegar a una óptima estabilización	HE4 La relación proporcional de ceniza de bambú y caucho granular para llegar a una óptima estabilización del subrasante es 3%, 5% y 8%				I2: Tamaño de espécimen	Sistema Internacional (SI)
						I3: Magnitud de esfuerzo aplicado	Sistema Internacional (SI)

## Anexo 02. Ubicación geográfica



**Figura 1:** ubicación del distrito de Carabayllo en el Dpto. de Lima  
Fuente: elaboración propia

La presente investigación será desarrollada en el distrito de Carabayllo en Lima, cuyas coordenadas del inicio del tramo es (-77.870269 con -77.021035), con una elevación de 3680 msnm y tramo final de coordenadas (-11.862919 con -77.014380). Entre las progresivas 00+00 hasta la progresiva 00+1000 m.



**Figura 2:** Ubicación del proyecto

Fuente: Google Map

# Anexo 03: RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO



Tel: (01) 632-9183  
 Cel: 980703014 / 921288894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria odra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasa

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JUG
		Fecha	3/01/2022

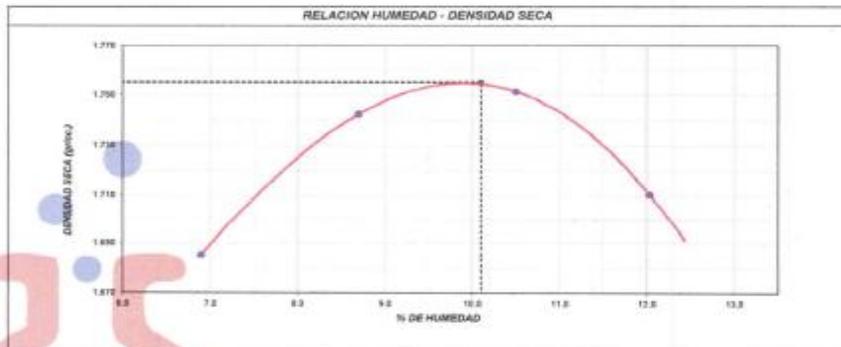
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D1557 / MTC E - 115

**REFERENCIA** : Datos de laboratorio  
**SOLICITANTE** : OS PARA CARRETERA GUZMÁN  
**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE BAMBÚ Y CAUCHO GRANULADO EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CARABAYLLO - LIMA, 2022  
**UBICACIÓN** : Av. UNIVERSITARIA - CARABAYLLO, LIMA.  
**CALICATA** : C-1 Fecha de ensayo: 10/02/2022  
**MUESTRA** : 4% de caucho  
**PROFUNDIDAD** : 1.50 m

Volumen Molde	2116	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6513	gr

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,325	10,521	10,806	10,966	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,812	4,006	4,095	4,095	
Peso Volumetrico Humedo	gr/cm <sup>3</sup>	1,802	1,894	1,935	1,916	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	627,5	602,1	621,4	633,2	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	567,1	563,9	562,4	565,2	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	40,5	48,2	59,0	68,0	
Peso del suelo seco	gr.	587	554	562	565	
Contenido de agua	%	6,9	8,7	10,5	12,0	
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1,685	1,743	1,751	1,711	

Densidad Máxima Seca:	1,755	gr/cm <sup>3</sup> .	Contenido Humedad Óptima:	10,1	%
-----------------------	-------	----------------------	---------------------------	------	---



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

# ENSAYO DE CBR CON 8% DE CAUCHO



Tel.: (01) 632-8183  
 Cel.: 980703014 / 921285894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Al. Universitaria cdra. 59, Vilasol - Los Clivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	30/1/2022
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA SOLICITANTE PROYECTO	: Datos de laboratorio : GILDER GARCIA GUZMAN : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE BAMBÚ Y CAUCHO GRANULADO EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARABAYLLO - LIMA, 2022		
UBICACIÓN	: Av. UNIVERSITARIA - CARABAYLLO, LIMA		
CALICATA	: C-1	Fecha de ensayo :	14/02/2022
MUESTRA	: 8% de caucho		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde Nº	E			F			G						
Número de capas	5			5			5						
Número de golpes	56			25			12						
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO					
Peso suelo + molde (gr.)	12,272			12,031			11,458						
Peso molde (gr.)	8,170			8,089			7,766						
Peso suelo compactado (gr.)	4,102			3,942			3,670						
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,123			2,119			2,108						
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	1,932			1,850			1,743						
Humedad (%)	9.9			10.2			10.1						
Densidad Desea (gr./cm <sup>3</sup> )	1,756			1,833			1,865						
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara+ suelo húmedo (gr.)	658.6			672.1			618.5						
Tara+ suelo seco (gr.)	589.3			609.9			561.6						
Peso de agua (gr.)	69.3			62.2			56.7						
Peso de tara (gr.)													
Peso de suelo seco (gr.)	589.3			609.9			561.6						
Humedad (%)	9.9			10.2			10.1						
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo	Diel	Expansión		Diel	Expansión		Diel	Expansión			
				mm	%		mm	%		mm	%		
11-Feb	08:20:00	24	13	0.33	0.28	16	0.41	0.35	20	0.51	0.44		
12-Feb	09:20:00	46	16	0.41	0.35	22	0.56	0.48	27	0.69	0.59		
13-Feb	06:20:00	72	31	0.53	0.46	28	0.71	0.61	34	0.88	0.74		
14-Feb	08:20:00	96	38	0.71	0.61	34	0.88	0.74	43	1.09	0.94		
PENETRACIÓN													
Penetración (mm)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	E				F				G			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		7	0.4			6	0.3			3	0.2		
0.050		14	0.7			10	0.5			6	0.3		
0.075		21	1.1			16	0.8			9	0.5		
0.100	76.397	26	1.4	1.4	2.0	21	1.0	1.8	1.5	12	0.6	6.8	6.8
0.150		39	2.0			29	1.5			18	0.9		
0.200	99.460	48	2.4	2.5	2.3	36	1.8	1.8	1.7	22	1.1	1.1	1.0
0.300		69	3.3			49	2.5			29	1.5		
0.400		79	4.0			58	3.0			35	1.8		
0.500		85	4.5			66	3.4			40	2.0		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

# ENSAYO DE CBR CON 5% DE CAUCHO



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 921285894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 All. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	<b>Código</b>	FOR-LAB-MS-015
		<b>Revisión</b>	3
		<b>Aprobado</b>	CC-JJO
		<b>Fecha</b>	3/01/2022
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1553 / MTC E - 132</b>			
<b>REFERENCIA SOLICITANTE PROYECTO</b>	Datos de laboratorio GILBERT GARCIA GUZMÁN "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE BAMBÚ Y CAUCHO GRANULADO EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARABAYLLO - LIMA, 2022"		
<b>UBICACIÓN</b>	Av. UNIVERSITARIA - CARABAYLLO, LIMA		
<b>CALICATA</b>	C-1	<b>Fecha de ensayo :</b>	14/02/2022
<b>MUESTRA</b>	5% de caucho		
<b>PROFUNDIDAD</b>	1.50 m		

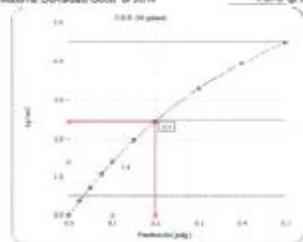
**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca  
 Máxima Densidad Seca al 95%

1.750 gr/cm<sup>3</sup>  
 1.670 gr/cm<sup>3</sup>

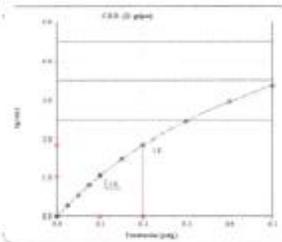
Óptimo Contenido de Humedad

10.10 %



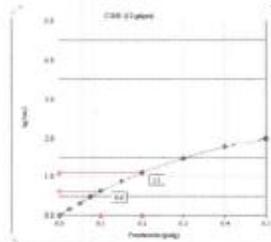
C.B.R. (0.1') 56 GOLPES:

2.0 %



C.B.R. (0.1') 25 GOLPES:

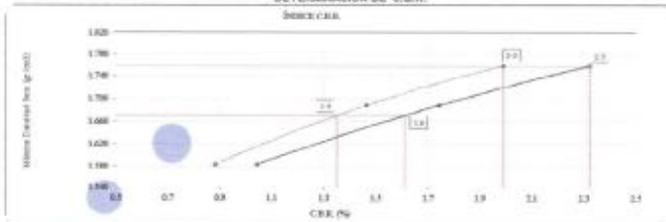
1.5 %



C.B.R. (0.1') 12 GOLPES:

0.8 %

**DETERMINACIÓN DE C.B.R.**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1': 2.0 %  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1': 1.4 %  
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2': 2.3 %  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2': 1.6 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

# ENSAYO DE PROCTOR CON 3% DE CAUCHO



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 921285894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 All. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

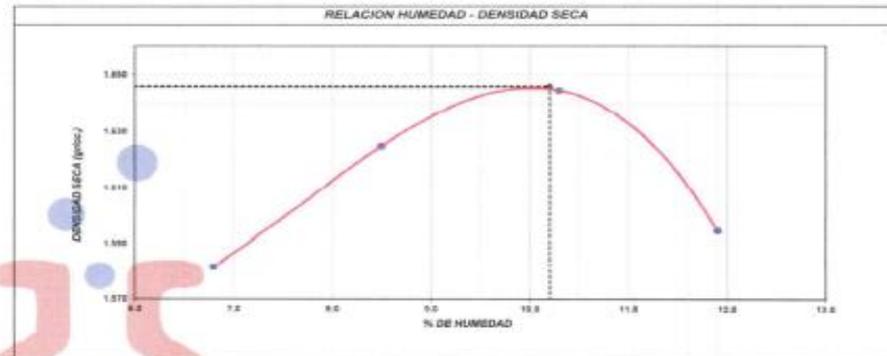
www.jjgeotecnia

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	3/01/2022
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557 / MTC E - 115			
REFERENCIA	: Doble de laboratorio		
SOLICITANTE	: GILDER GARCIA SUZMAN		
PROYECTO	: ESTABILIZACION DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE BAMBU Y CAUCHO GRANULADO EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CARABAYLLO - LIMA, 2022		
UBICACION	: Av. UNIVERSITARIA - CARABAYLLO, LIMA		
CALCATA	: C-1	Fecha de ensayo:	10/02/2022
MUESTRA	: PR de caucho		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

Volumen Molde	2118	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	8513	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,088	10,244	10,352	10,289	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,575	3,731	3,839	3,776	
Peso Volumetrico Humedo	gr/cm <sup>3</sup>	1,690	1,763	1,814	1,784	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	521.6	542.9	579.1	549.6	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	498.4	500.4	525.0	491.3	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	33.2	42.9	54.1	58.5	
Peso del suelo seco	gr.	498	500	525	491	
Contenido de agua	%	6.8	8.5	10.3	11.9	
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.582	1.625	1.645	1.595	

Densidad Máxima Seca:	1.845	gr/cm <sup>3</sup> .	Contenido Humedad Óptima:	10.2	%
-----------------------	-------	----------------------	---------------------------	------	---



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Revisada la repetición parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 270336 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD JJ GEOTECNIA S.A.C. Control de Calidad JJ GEOTECNIA
---	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JUG
		Fecha	3/01/2022

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1853 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	GILDER GARCÍA GUZMÁN
<b>PROYECTO</b>	ESTABILIZACIÓN DE CUDRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE BAMBU Y CAUCHO ORIGINADO EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
<b>UBICACIÓN</b>	CARABAYLLO - LIMA, 2022
	Av. UNIVERSITARIA - CARABAYLLO, LIMA.
<b>CALICATA</b>	C-1
<b>MUESTRA</b>	3% de caucho
<b>PROFUNDIDAD</b>	1.30 m
	Fecha de ensayo : 14/03/2022

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

	B		C		D	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº	5		5		9	
Número de capas	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,241	12,762	12,762	12,762	12,183	12,183
Peso molde (gr.)	8,835	8,848	8,848	8,848	8,251	8,251
Peso suelo compactado (gr.)	4,306	4,114	4,114	4,114	3,912	3,912
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,115	2,108	2,108	2,108	2,131	2,131
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2,036	1,952	1,952	1,952	1,836	1,836
Humedad (%)	9.4	9.3	9.3	9.3	9.8	9.8
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1,861	1,792	1,792	1,792	1,675	1,675

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	B	C	D
Taransuelo húmedo (gr.)	612.6	632.4	594.6
Taransuelo seco (gr.)	593.0	578.6	542.7
Peso de agua (gr.)	52.8	53.8	52.1
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	593.0	578.6	542.7
Humedad (%)	9.4	9.3	9.6

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo HR	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
11-Feb	09:20:00	24	15	0.36	0.33	21	0.53	0.46	27	0.69	0.58
12-Feb	09:20:00	48	20	0.51	0.44	26	0.66	0.57	32	0.81	0.70
13-Feb	09:20:00	72	25	0.64	0.55	31	0.79	0.68	45	1.14	0.96
14-Feb	09:20:00	96	39	0.94	0.72	37	0.94	0.81	52	1.32	1.13

**PENETRACIÓN**

Penetración (mm)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	B				C				D			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.425		10	0.5			6	0.4			5	0.2		
0.550		19	0.9			14	0.7			8	0.4		
0.675		27	1.4			20	1.0			12	0.6		
0.700	78.307	35	1.8	1.8	2.5	28	1.3	1.3	1.9	16	0.8	0.8	1.1
0.750		60	3.0			37	1.9			25	1.1		
0.200	100.460	62	3.1	3.1	2.8	47	2.4	2.3	2.2	28	1.4	1.4	1.3
0.300		61	4.1			61	3.1			39	1.8		
0.400		90	4.9			72	3.6			43	2.2		
0.500		108	5.5			82	4.1			49	2.5		

**OBSERVACIONES:**

- Muestra provista e identificada por el solicitante
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

 <b>Elaborado por:</b> Jefe de Laboratorio	<b>Revisado por:</b>  ELMER GUERRERO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. C.F. N° 210336	<b>Aprobado por:</b>  JJ GEOTECNIA S.A. CONTROL DE CALIDAD
---	---	--

# ENSAYO DE PROCTOR CON 1% DE CAUCHO



Tel: (01) 632-9183  
 Cel: 980703014 / 921285894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

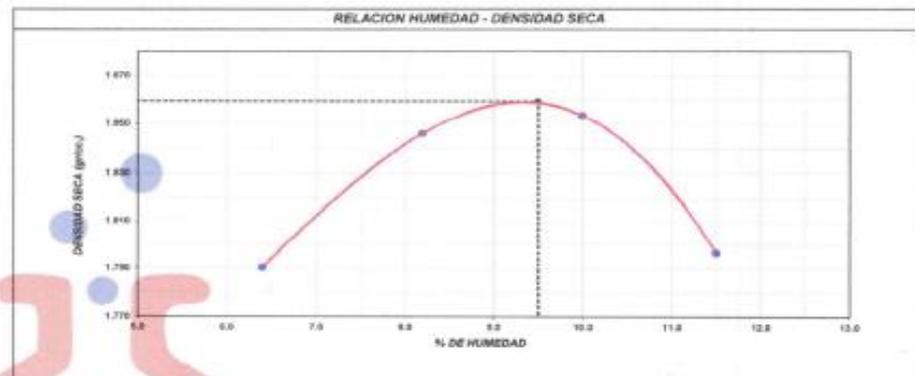
www.jgeot

<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
	<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>	Revisión	3
		Aprobado	CC-JUG
		Fecha	3/01/2022
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557 / MTC E - 115			
<b>REFERENCIA SOLICITANTE PROYECTO</b>	Datos de laboratorio GILDER GARCIA GUZMAN ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE BAMBU Y CAUCHO GRANULADO EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARABAYLLO - LIMA, 2022		
<b>UBICACIÓN</b>	Av. UNIVERSITARIA - CARABAYLLO, LIMA		
<b>CALICATA</b>	C-1	Fecha de ensayo: 10/02/2022	
<b>MUESTRA</b>	1% de caucho		
<b>PROFUNDIDAD</b>	1.50 m		

Volumen Molde	2116	cm <sup>3</sup>	
Peso Molde	0513	gr	

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,544	10,740	10,827	10,752	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,031	4,227	4,314	4,239	
Peso Volumetrico Humedo	gr/cm <sup>3</sup>	1,905	1,995	2,039	2,000	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	567.8	521.8	534.2	556.4	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	533.5	482.3	485.6	499.0	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	34.1	39.5	48.6	57.4	
Peso del suelo seco	gr.	533	482	486	499	
Contenido de agua	%	6.4	8.2	10.0	11.5	
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.790	1.846	1.853	1.797	

Densidad Máxima Seca:	1.859	gr/cm <sup>3</sup>	Contenido Humedad Optima:	9.5	%
-----------------------	-------	--------------------	---------------------------	-----	---



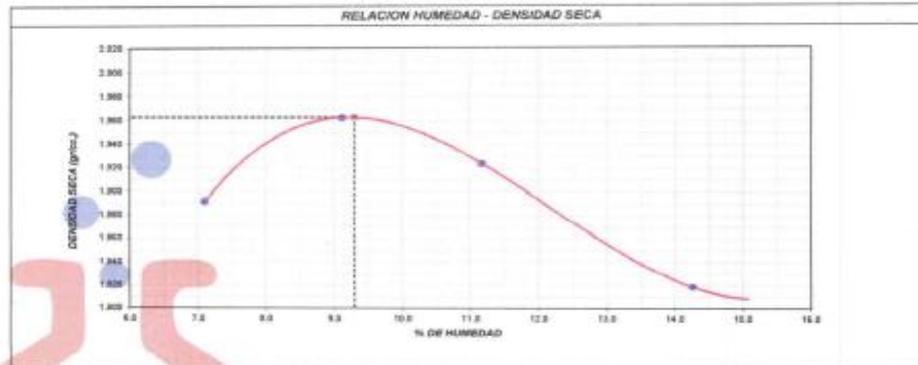
**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	3/01/2022
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557 / MTC E - 115			
REFERENCIA	Datos de Laboratorio		
SOLICITANTE	GILDER GARCIA GUZMAN		
PROYECTO	ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE BAMBÚ Y CAUCHO GRANULADO EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN CARABAYLLO - LIMA, 2022		
UBICACIÓN	CARABAYLLO, LIMA		
CALICATA	C-5	Fecha de ensayo:	08/03/2022
MUESTRA	SUB RASANTE		
PROFUNDIDAD	1.50 m		

	Volumen Molde	2116	cm <sup>3</sup>		
	Peso Molde	8513	gr		
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>					
		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr	10,800	11,045	11,039	10,910
Peso Suelo Humedo Compactado	gr	4,287	4,532	4,526	4,397
Peso Volumetrico Humedo	gr/cm <sup>3</sup>	2,026	2,142	2,139	2,078
Recipiente Número		A	B	C	D
Peso Suelo Humedo + Tara	gr	818.7	874.6	867.1	855.4
Peso Suelo Seco + Tara	gr	575.8	623.3	600.1	588.1
Peso de la Tara	gr	0.0	200.8	0.0	100.0
Peso del agua	gr	40.9	51.3	67.0	89.3
Peso del suelo seco	gr	576	563	600	498
Contenido de agua	%	7.1	9.1	11.2	14.3
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.892	1.963	1.924	1.819

Densidad Máxima Seca:	1.963	gr/cm <sup>3</sup> .	Contenido Humedad Óptima:	9.3	%
-----------------------	-------	----------------------	---------------------------	-----	---



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohíbese la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-M5-016
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	3/01/2022
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA SOLICITANTE PROYECTO	Datos de laboratorio GILDER GARCIA GUZMAN ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE BAMBU Y CALCHO GRANULADO EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN CARABAYLLO - LIMA, 2022		
UBICACIÓN	CARABAYLLO, LIMA		
CALICATA	C-5	Fecha de ensayo:	13/02/2022
MUESTRA	SUSPENSANTE		
PROFUNDIDAD	1,50 m		

CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	10	11	12			
Número de capas	5	5	5			
Número de golpes	60	56	12			
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	11040	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,066	13,041	12,684			
Peso molde (gr.)	8,336	8,507	8,910			
Peso suelo compactado (gr.)	4,730	4,534	4,174			
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,135	2,135	670			
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2,215	2,124	620,300			
Humedad (%)	10,6	10,5	260,8			
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	2,005	1,922	526,740			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara+suelo húmedo (gr.)	519,2	512,1	502,4			
Tara+suelo seco (gr.)	495,7	503,9	526,1			
Peso de agua (gr.)	49,5	99,2	56,3			
Peso de tara (gr.)						
Peso de suelo seco (gr.)	466,7	503,9	326,1			
Humedad (%)	10,6	10,5	10,7			

Fecha	Hora	Tiempo (hr)	Dial	Expansión		Expansión		Dial	Expansión		
				mm	%	mm	%		mm	%	
10-Feb	08:20:00	24	0	0,20	0,17	12	0,30	0,26	14	0,38	0,31
11-Feb	08:20:00	40	12	0,30	0,26	16	0,41	0,35	18	0,49	0,39
12-Feb	08:20:00	72	16	0,48	0,39	22	0,56	0,48	25	0,58	0,50
13-Feb	08:20:00	96	23	0,58	0,50	28	0,71	0,61	30	0,66	0,55

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm <sup>2</sup> )	Molde N° 10				Molde N° 11				Molde N° 12			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %
0,025		27	1,3			20	1,0			0	0,0		
0,050		84	3,2			46	2,4			22	1,1		
0,075		118	5,0			69	4,5			41	2,1		
0,100	70,307	177	9,0	8,8	12,2	132	6,7	6,5	9,2	62	3,1	3,0	4,3
0,150		254	12,9			190	9,7			89	4,5		
0,200	105,480	325	16,0	16,3	15,5	244	12,4	12,2	11,6	114	5,8	5,8	5,5
0,300		443	22,5			332	16,9			155	7,9		
0,400		570	28,9			427	21,7			199	10,1		
0,500		725	36,8			521	26,5			218	11,1		

**OBSERVACIONES:**

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA SAC

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  E. MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL R.C. CIP N° 210308 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	--	--

# ENSAYO DE PROCTOR CON 1% DE CAUCHO + 5% DE CENIZA DE BAMBU



Tel.: (01) 832-8103  
 Cel.: 980703014 / 921295994  
 Av. A. Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdte. 59, Villavieja - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

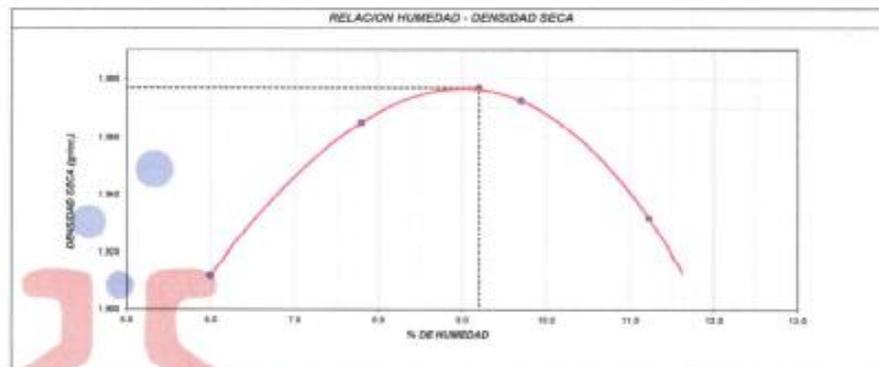
www.jgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JUG
		Fecha	30/03/2022
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557 / MTC E - 115			
REFERENCIA	DISEÑO DE INTERVENCIÓN		
SOLICITANTE	INGENIERO GARCÍA GUZMÁN		
PROYECTO	ESTABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE ADICIONANDO CENIZA DE MADERA Y CAUCHO GRANEADO EN EL TERCIPO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE		
UBICACIÓN	EN CARABAYLLO - LIMA, 2022		
UBICACIÓN	CARABAYLLO, LIMA.		
CALCETA	C-1	Fecha de ensayo:	30/03/2022
MUESTRA	1% de caucho + 5% de ceniza		
PROFUNDIDAD	1,30 m		

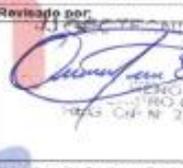
Volumen Molde	2118	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6613	gr

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,802	10,866	11,092	11,060	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,289	4,485	4,579	4,547	
Peso Volumétrico Humedo	g/cm <sup>3</sup>	2,027	2,119	2,164	2,149	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	597,2	592,1	595,2	593,4	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	535,1	540,0	518,9	530,5	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	32,1	42,1	50,3	59,9	
Peso del suelo seco	gr.	535	540	519	534	
Contenido de agua	%	6,0	7,6	9,7	11,2	
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	1,912	1,965	1,973	1,932	

Densidad Máxima Seca:	1,877 g/cm <sup>3</sup> .	Contenido Humedad Óptimo:	9,8 %
-----------------------	---------------------------	---------------------------	-------



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohíbese la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

# ENSAYO DE CBR CON 1% DE CAUCHO + 5% DE CENIZA DE BAMBU



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 921285894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Ab. Universidad adna. Ed. Vilcoz - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	OC-JJC
		Fecha	30/1/2022
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC R - 132			
REFERENCIA	Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	GILBERTO GARCIA GILMAY		
PROYECTO	ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE MADERA Y CAUCHO GRANULADO EN EL CASO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN CARABAYLLO - LIMA, 2022		
UBICACIÓN	CARABAYLLO, LIMA		
CALCATA	C-1	Fecha de ensayo:	16/03/2022
MUESTRA	1% de caucho+5% de ceniza		
PROFUNDIDAD	1.50 m		

CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Módulo N°	0		10		11								
Número de golpes	3		9		9								
Número de golpes	58		25		12								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso suato + molde (gr.)	12.427		12.285		13.882								
Peso molde (gr.)	7.623		8.225		8.207								
Peso suato compactado (gr.)	4.804		4.060		5.675								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2.118		2.125		2.125								
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2.269		2.015		2.666								
Humedad (%)	9.2		9.3		9.2								
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.878		1.808		1.778								
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tartramo húmedo (gr.)	548.3		824.1		887.2								
Tartramo seco (gr.)	498.4		571.0		545.0								
Peso de agua (gr.)	49.9		25.1		26.3								
Peso de suato (gr.)	498.4		571.0		545.0								
Humedad (%)	9.2		9.3		9.2								
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo (h)	Dial		Expansión		Dial		Expansión				
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%			
15-Mar	08:20:00	24	19	0.41	0.38	22	0.98	0.48	37	0.80	0.59		
16-Mar	09:20:00	48	22	0.55	0.48	28	0.71	0.61	32	0.81	0.70		
16-Mar	09:50:00	72	27	0.83	0.68	31	0.79	0.66	38	0.87	0.80		
16-Mar	10:20:00	96	33	0.84	0.72	37	0.84	0.81	43	1.08	0.88		
PENETRACIÓN													
Penetración (mm)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo N° 8				Módulo N° 10				Módulo N° 11			
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección				
		Nº	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	Nº	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	Nº	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %
0-500		38	1.8			28	1.4			17	0.9		
0-500		57	4.8			72	3.7			44	2.2		
0-575		185	9.4			130	7.0			83	4.2		
0-530	16.887	391	14.2	44.4	30.4	210	10.7	16.8	15.4	126	6.4	8.2	8.8
0-530		448	22.0			335	16.9			200	10.2		
0-330	186.468	571	29.0	37.8	26.4	428	21.7	21.8	19.9	287	13.0	12.6	11.8
0-330		777	39.4			583	29.6			380	17.8		
0-400		895	46.5			717	38.4			430	21.8		
0-500		1114	56.6			835	42.4			501	25.5		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

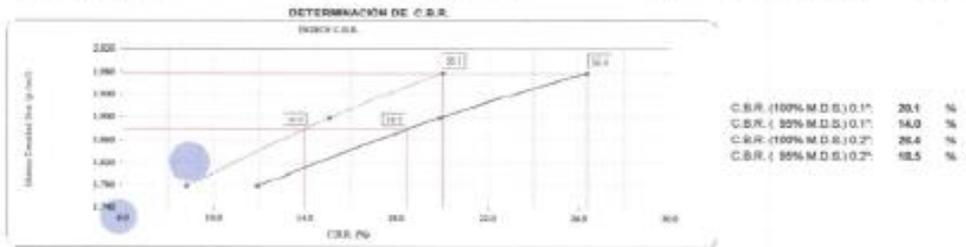
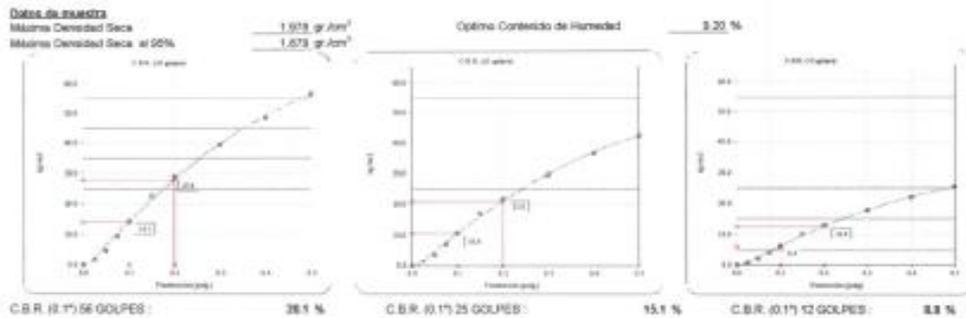
# ENSAYO DE CBR CON 1% DE CAUCHO + 3% DE CENIZA DE BAMBU



Tel: (01) 632-9163  
 Cel: 980703014 / 021285894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 AL, Universidadista cdra. 59, Vilasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	3/01/2023
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557 / MTC E - 132			
REFERENCIA	Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	SILBER GARCIA GUZMÁN		
PROYECTO	ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE AÑADIENDO CENIZA DE MADERA Y CAUCHO GRANULADO EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN CARABAYLLO - LIMA, 2022		
UBICACIÓN	CARABAYLLO, LIMA		
CALICATA	C-7	Fecha de ensayo:	16/03/2023
MUESTRA	1% de caucho+3% de ceniza		
PROFUNDIDAD	1.50 m		



**OBSERVACIONES:**  
 • Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 • Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 JJEOTECNIA S.A.C. LABORATORIO DE MATERIALES Jefe de Laboratorio	 JJEOTECNIA S.A.C. INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 270308 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 JJEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA

## Anexo 04. Certificados de calibración de maquinas



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



### CERTIFICADO DE CALIBRACION

**TC - 07124 - 2021**

PROFORMA : 2506A Fecha de emisión : 2021-05-05

SOLICITANTE : JJ GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : CAL.LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA - LIMA - SAN MARTÍN DE PORRES

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA**

Tipo : ELECTRÓNICA  
Marca : DENVER INSTRUMENTS  
Modelo : AA-250  
N° de Serie : NO INDICA  
Capacidad Máxima : 250 g  
Resolución : 0,0001 g  
División de Verificación : 0,001 g  
Clase de Exactitud : I  
Capacidad Mínima : 0,1 g  
Procedencia : NO INDICA  
N° de Parte : NO INDICA  
Identificación : No Indica  
Ubicación : LABORATORIO  
Variación de  $\Delta T$  Local : 3 °C  
Fecha de Calibración : 2021-04-26

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

#### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de JJ GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

#### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

PGC-16-r08/ Diciembre 2019/Rev.04

Página : 1 de 3



Jr. Condesa de Lemos N°117  
San Miguel, Lima

(01) 262 9536  
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe  
www.testcontrol.com.pe

## CERTIFICADO DE CALIBRACION

**TC - 07123 - 2021**

PROFORMA : 2506A Fecha de emisión : 2021-05-05

SOLICITANTE : JJ GEOTECNIA S.A.C.  
Dirección : CAL.LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA - LIMA - SAN MARTÍN DE PORRES

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN :** BALANZA  
Tipo : ELECTRÓNICA  
Marca : OHAUS  
Modelo : NO INDICA  
N° de Serie : NO INDICA  
Capacidad Máxima : 30000 g  
Resolución : 1 g  
División de Verificación : 1 g  
Clase de Exactitud : II  
Capacidad Mínima : 50 g  
Procedencia : CHINA  
N° de Parte : NO INDICA  
Identificación : No Indica  
Ubicación : LABORATORIO  
Variación de  $\Delta T$  Local : 8 °C  
Fecha de Calibración : 2021-04-26

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar

Gerente Técnico

CFP: 0316

PGC-16-r08/ Diciembre 2019/Rev.04

Página : 1 de 3



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**TC-06445-2021**

PROFORMA : 2506A

Fecha de emisión : 2021 - 05 - 06

Página : 1 de 2

**SOLICITANTE : JJ GEOTECNIA S.A.C.**

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA CBR**

Marca : NO INDICA

Modelo : 315-X6

Nº Serie : HIW0198

Intervalo de indicación : 5000 kg

Resolución : 0,1 kg

Procedencia : No Indica

Ubicación : Laboratorio

Fecha de Calibración : 2021 - 04 - 26

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de sus clientes. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

**METODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó por comparación indirecta utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de unidades.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	23,0 °C	23,2 °C
HUMEDAD RELATIVA	69,0%	70,0%

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



**Lic. Nicolás Ramos Paucar**  
**Gerente Técnico**  
**C.F.P. N° 0316**



Jr. Condesa de Lemos N°117  
San Miguel, Lima

(01) 262 9536  
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe  
www.testcontrol.com.pe

## CERTIFICADO DE CALIBRACION

**TC - 07122 - 2021**

PROFORMA : 2506A Fecha de emisión : 2021-05-05

SOLICITANTE : **JJ GEOTECNIA S.A.C.**  
Dirección : CAL.LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA - LIMA - SAN MARTÍN DE PORRES

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA**  
Tipo : ELECTRÓNICA  
Marca : OHAUS  
Modelo : YA501  
N° de Serie : NO INDICA  
Capacidad Máxima : 500 g  
Resolución : 0,1 g  
División de Verificación : 0,1 g  
Clase de Exactitud : III  
Capacidad Mínima : 2 g  
Procedencia : CHINA  
Identificación : NO INDICA  
Ubicación : LABORATORIO  
Variación de  $\Delta T$  Local : 8 °C  
Fecha de Calibración : 2021-04-26

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**  
Instalaciones de JJ GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**  
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase III y IIII". Primera Edición - Mayo 2019. DM - INACAL.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**TC - 06446 - 2021**

Proforma : 2506A Fecha de emisión : 2021-05-06 Página : 1 de 2

**SOLICITANTE : JJ GEOTECNIA S.A.C.**

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MUFLA**  
 Marca : YF  
 Modelo : No indica  
 N° de Serie : 201251  
 Intervalo de indicación : 0 °C a 1300 °C  
 Resolución : 1 °C  
 Fecha de Calibración : 2021-04-26  
 Ubicación : LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Instalaciones de JJ GEOTECNIA S.A.C.

**PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó por comparación directa usando un patrón de temperatura calibrado.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	23,0 °C	22,9 °C
HUMEDAD RELATIVA	67,0 %hr	67,0 %hr

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento. El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico.  
CFP: 0316

## Anexo 5: Certificado de composición química

### 8.2. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS, % <sup>(1,2)</sup>	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de silicio, SiO <sub>2</sub>	62.966	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva <sup>(3)</sup>
Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O	9.243	
Óxido de magnesio, MgO	8.065	
Óxido de calcio, CaO	7.867	
Óxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.746	
Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.284	
Óxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.249	
Óxido de titanio, TiO <sub>2</sub>	0.185	
Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>	0.141	
Óxido de manganeso, MnO	0.129	
Óxido de zinc, ZnO	0.084	
Óxido de circonio, ZrO <sub>2</sub>	0.020	
Óxido de estroncio, SrO	0.011	
Óxido de cobre, CuO	0.010	

<sup>(1)</sup> Balance de resultados al 100% de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.

<sup>(2)</sup> Resultados expresados en óxidos según pedido del solicitante.

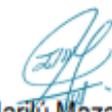
<sup>(3)</sup> Método utilizado aceptado por el solicitante

#### 8. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
Bach. David Rojas M.  
Analista química  
LABICER – UNI



  
M.Sc. Ily Mariú Maza Mejía  
Responsable de análisis  
Jefe de Laboratorio  
CQP 1149

(\*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra

## Anexo 05. Resultados de turnitin

"estabilizacion de subrasante adicionando ceniza de bambu y caucho granulado en el diseño del pavimento flexible, carabaylo - 2022"

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe	5%
	Fuente de Internet	
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	4%
	Trabajo del estudiante	
3	hdl.handle.net	3%
	Fuente de Internet	
4	pirhua.udep.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	eiaenergia.files.wordpress.com	<1%
	Fuente de Internet	
6	go.gale.com	<1%
	Fuente de Internet	
7	justicelawfund.com	<1%
	Fuente de Internet	
8	repositorio.continental.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	

## PANEL FOTOGRÁFICO

### Exploracion de campo



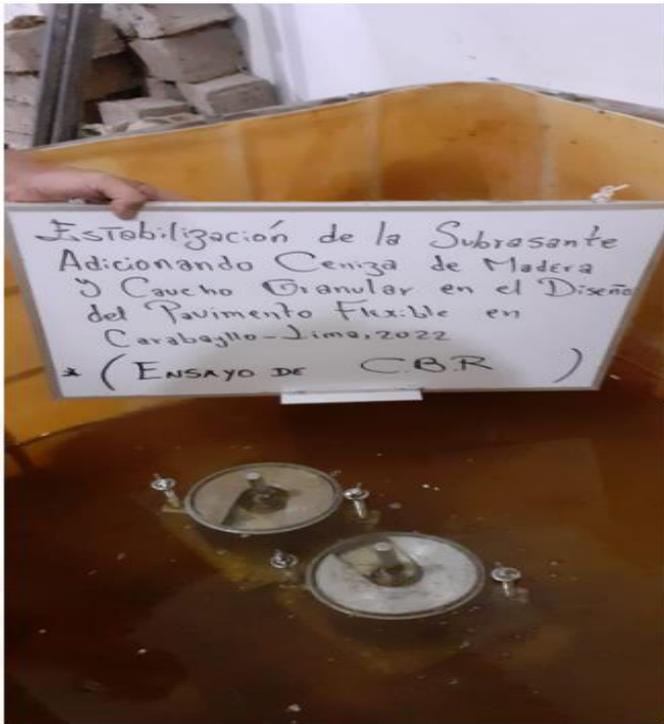
## Ensayo de granulometria



## Ensayo de limites de atterberg y proctor modificado



## Ensayo de CBR



## Conteo vehicular



# Anexo 6. Estudio de Trafico día lunes (Oeste - Este)



## FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO

FORMATO N° 1

TRAMO DE LA CARRETERA		SENTIDO		UBICACION		CAMIONETAS		BUS			CAMION			SEMIRREMOLQUES			
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	20+202	253	25+202	303	
DIAGRAMA VEH.																	
07 a 08 a.m	E																
	S																
08 a 09 a.m	E																
	S																
12 a 01 p.m	E																
	S																
01 a 02 p.m	E																
	S																
05 a 06 p.m	E																
	S																
06 a 07 p.m	E																
	S																

ENCUESTADOR

SUPERV. MTC

JEFE DE BRIGADA