



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## **FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante  
adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles,  
Lima-2022

#### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO CIVIL**

##### **AUTORES:**

Durand Balandra, Jhon Stephane (orcid.org/0000-0003-1878-9014)

Lobato Guerrero, Leyla Marita (orcid.org/0000-0001-6500-8669)

##### **ASESOR:**

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (orcid.org/0000-0002-4136-7189)

##### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

##### **LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**CALLAO – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, a mi familia que siempre han estado dando su apoyo incondicional y también a todas las personas que me apoyaron para lograr.

## **Agradecimiento**

A Dios porque ha estado con nosotros en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar; a nuestros padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo nuestro apoyo incondicional en todo momento.

## Índice de Contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen .....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III.METODOLOGÍA.....	29
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	29
3.2 Variables y operacionalización .....	29
3.3 Población, muestra y muestreo .....	31
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
3.5 Procedimientos.....	33
3.6 Método de análisis de datos .....	36
3.7 Aspectos éticos .....	42
IV RESULTADOS .....	43
V. DISCUSIÓN.....	82
VI CONCLUSIONES .....	102
VII.RECOMENDACIONES.....	107
REFERENCIAS .....	108
ANEXOS.....	113

## Índice de tablas

Tabla 1.	Análisis químico de las cenizas de fondo y volantes .....	13
Tabla 2.	Componentes químicos de la ceniza de eucalipto .....	14
Tabla 3.	Clasificación de suelo según la dimensión de sus partículas .....	24
Tabla 4.	Clasificación del suelo bajo su IP.....	25
Tabla 5.	Categoría de la subrasante.....	26
Tabla 6.	Clasificación de subrasante .....	28
Tabla 7.	Puntos de investigación según el tipo de vía.....	31
Tabla 8.	Profundidad de las calicatas .....	39
Tabla 9.	Granulometría de la C-01 del suelo natural.....	48
Tabla 10.	Composición granulométrica .....	49
Tabla 11.	Granulometría de la C-02 del suelo natural .....	50
Tabla 12.	Composición granulométrica .....	50
Tabla 13.	Granulometría de la C-03 del suelo natural .....	52
Tabla 14.	Composición granulométrica .....	52
Tabla 15.	Contenido de humedad del suelo natural.....	53
Tabla 16.	Clasificación de los suelos.....	55
Tabla 17.	Límites de consistencia del suelo natural.....	56
Tabla 18.	Límites de consistencia adicionando CE y CS al suelo natural C-02	58
Tabla 19.	Límites de consistencia adicionando CE y CS al suelo natural C-03	60
Tabla 20.	Óptimo contenido de humedad y MDS del suelo natural .....	63
Tabla 21.	MDS y OCH del suelo natural adicionando CE y CS .....	65
Tabla 22.	Resultados del CBR del suelo natural .....	68
Tabla 23.	Resultados del CBR del suelo natural con adición de CE y CS .....	69
Tabla 24.	Influencia de la dosificación de la CE y CS.....	73

## Índice de figuras

Figura 1.	Ceniza de volante Fuente: Portal de ingenieros españoles (2014) ..	13
Figura 2.	Composición de la ceniza vista desde SEM .....	13
Figura 3.	Composición químicos de la ceniza de eucalipto .....	14
Figura 4.	Hojas de eucalipto .....	15
Figura 5.	Beneficios múltiples de la hoja de eucalipto.....	16
Figura 6.	Beneficios múltiples de la hoja de eucalipto.....	16
Figura 7.	Madera eucalipto generando humo .....	17
Figura 8.	Planta de eucalipto .....	17
Figura 9.	Planta de Sauco .....	18
Figura 10.	Planta de Sauco .....	19
Figura 11.	Té de Sauco .....	20
Figura 12.	Mejoramiento de subrasante .....	20
Figura 13.	Capas del pavimento .....	21
Figura 14.	Equipo para ensayo de CBR .....	21
Figura 15.	Técnica de aditivo para estabilizar el suelo.....	22
Figura 16.	Suelo arcilloso sin estabilizar .....	22
Figura 17.	Compactación de la subrasante .....	23
Figura 18.	Granulometría del suelo .....	24
Figura 19.	Límite de consistencia del suelo .....	25
Figura 20.	Ensayo de límite líquido del suelo.....	25
Figura 21.	Carta de clasificación SUCS.....	26
Figura 22.	Definición del CBR .....	27
Figura 23.	Explicación del CBR .....	28
Figura 24.	Procedimiento de la investigación.....	35
Figura 25.	Ubicación de la hoja de eucalipto y sauco – zona El Salvador.....	36
Figura 26.	Recolección de las hojas de eucalipto .....	36
Figura 27.	Recolección de las hojas de sauco.....	37
Figura 28.	Recolección de las hojas de sauco y eucalipto .....	37
Figura 29.	Tamizaje de las hojas de sauco y eucalipto.....	38
Figura 30.	Colocación de hojas en el horno para su calcinación .....	38
Figura 31.	Cenizas activadas a 600 °C.....	39
Figura 32.	Vista de la Av. Saco Rojas.....	39

Figura 33.	Ubicación política de Carabayllo.....	43
Figura 34.	a) Vista del distrito de Carabayllo b) Plaza de armas de Carabayllo .	44
Figura 35.	Accesibilidad a la zona de estudio desde el centro de Lima .....	45
Figura 36.	Inicio de calicatas en la Av. Saco Rojas.....	46
Figura 37.	Cuarteo del material .....	47
Figura 38.	Realización de la granulometría en la C-03 .....	48
Figura 39.	Curva Granulométrica C-01 .....	49
Figura 40.	Curva Granulométrica C-02.....	51
Figura 41.	Curva Granulométrica C-03.....	53
Figura 42.	Curva del contenido de humedad .....	54
Figura 43.	Contenido de humedad del suelo natural.....	54
Figura 44.	Límite líquido del suelo natural .....	56
Figura 45.	Límite plástico del suelo natural.....	56
Figura 46.	Límite de consistencia del suelo natural .....	57
Figura 47.	Límite líquido adicionando 3%CE + 1%CS (C-01) .....	58
Figura 48.	Límites de consistencia con adición de CE y CS (C-02) .....	59
Figura 49.	Límites de consistencia con adición de CE y CS (C-03) .....	61
Figura 50.	Ensayo de proctor modificado .....	63
Figura 51.	Óptimo contenido de humedad del suelo natural .....	63
Figura 52.	Máxima densidad seca MDS (g/cm <sup>3</sup> ).....	64
Figura 53.	Proctor modificado adicionando CE y CS (C-02 + 3%CE+1%CS) ....	64
Figura 54.	Óptimo Contenido de humedad adicionando CE y CS.....	66
Figura 55.	Máxima densidad seca adicionando CE y CS .....	67
Figura 56.	Ensayo de CBR .....	68
Figura 57.	CBR al 100% y 95% del SN.....	69
Figura 58.	Ensayo de CBR adicionando CE y CS (C-02 + 3%CE + 1%CS) .....	69
Figura 59.	CBR al 100% y 95% con adición de CE y CS (C-02).....	70
Figura 60.	CBR al 100% y 95% con adición de CE y CS (C-03).....	71
Figura 61.	Índice de plasticidad con dosificación de CE y CS de la C-02 .....	74
Figura 62.	Índice de plasticidad con dosificación de CE y CS de la C-03 .....	75
Figura 63.	Óptimo contenido de humedad adicionando CE y CS en C02 y C03	76
Figura 64.	Máxima Densidad Seca adicionando CE y CS en C-02 y C-03 .....	78
Figura 65.	CBR adicionando CE y CS en C-02 y C-03 .....	80

## Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar cómo influye la adición de cenizas de sauco y eucalipto en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, en el cual se adicionó 1.0%, 3.0% y 5.0% de ceniza de sauco y 3.0%, 6.0% y 8.0% de ceniza de eucalipto con respecto al peso del suelo natural. La metodología que se empleó es tipo aplicada, con diseño cuasiexperimental, nivel explicativo y enfoque cuantitativo. La población está constituida por el material de subrasante de la Av. Saco Rojas, cuya muestra fueron 03 calicatas. Se realizaron los ensayos de análisis granulométrico por tamizado, clasificación de suelos según SUCS y AASHTO, límites de consistencia, Proctor Modificado y CBR. De esta manera se obtiene los resultados de laboratorio indicando como mejor adición al 8.0% de ceniza de Eucalipto con 1.0% de ceniza de Sauco, presentando tanto para C-02 y C-03 una disminución en el IP y OCH y un incremento en la MDS y CBR. Cabe mencionar que con la adición del 8.0% de ceniza de Eucalipto con 3.0% de ceniza de Sauco el CBR tiende a disminuir.

**Palabras clave:** Cenizas, eucalipto, sauco, estabilización, subrasante.

## **Abstract**

The research aimed to evaluate how the addition of elder and eucalyptus ash influences the subgrade of the flexible pavement on Av. Saco Rojas, in which 1.0%, 3.0% and 5.0% elder ash and 3.0%, 6.0% and 8.0% of eucalyptus ash were added with respect to the weight of natural soil. The methodology used is applied type, with quasi-experimental design, explanatory level and quantitative approach. The population is constituted by the subgrade material of Av. Saco Rojas, whose sample was 03 calicatas. The tests of granulometric analysis by sieve, soil classification according to SUCS and AASHTO, consistency limits, Modified Proctor and CBR were carried out. In this way, laboratory results are obtained indicating as the best addition to 8.0% of Eucalyptus ash with 1.0% of Elder ash, presenting for both C-02 and C-03 a decrease in IP and OCH and an increase in MDS and CBR. It is worth mentioning that with the addition of 8.0% Eucalyptus ash with 3.0% Saucó ash the CBR tends to decrease.

**Keywords:** Ashes, eucalyptus, elderberry, already, subgrade.

## **I. INTRODUCCIÓN**

A nivel internacional, se habla que el suelo, la calidad del mismo y su importancia para tener un buen soporte de pavimento; el suelo es un factor importante, porque es un factor decisivo para las obras viales, pero el natural estado de este no siempre tiene las propiedades y características frente a las influencias del clima y la circulación, haciendo necesario implementar cambios y para satisfacer los requisitos del proyecto. La reparación del terreno en las carreteras se conoce como estabilización del suelo, en el que se realizan correcciones mecánicas o químicas para estabilizarlo en uso donde se deben cumplir criterios de viabilidad económica. Hay distintas tecnologías, pero el uso de químicos para la estabilización, es la más relevante, mezclar el cemento con el suelo, ya que permite generar mayor valor a compresión, durabilidad bajo condiciones climáticas adversas, menor consumo de material y menores costos de mantenimiento, sin embargo, actualmente se vienen implementando nuevas tecnologías, con la finalidad de darle un valor agregado a un desecho como lo es las cenizas, además que se mitiga la contaminación ambiental. En el mundo la estabilización del suelo es una tecnología innovadora, incluido el uso de materiales tradicionales, para el uso de otros materiales, como materiales duraderos, como latas, el pet, caucho, aserrín, cal, y muchas otras más, estas opciones mencionadas permiten mitigar el impacto en el ambiente que es negativo debido a la alta contaminación que viene atravesando la tierra. Teniendo como ejemplo a Irán, el cual induce el método de estabilización del suelo por ello utilizan materiales que son desechados debido a su bajo precio que pueden ser adquiridos evitando que sean puestos en vertederos de los conocidos rellenos sanitarios los cuales son muy perjudiciales para el medio ambiente. Corregir la superficie de la carretera generalmente se convierte en un problema encontrado en la estructura del pavimento por este motivo en Indonesia, utiliza diversos estabilizadores de suelos para que sus propiedades sean mejoradas en línea con la norma vigente en ese país. Hace muchos años atrás España se empezaron a utilizar materiales la ceniza, la cal y el cemento así se logra estabilizar la tierra, logrando dar un mayor soporte al mismo, con un alta soporte de resistencia, cumpliendo con los requerimientos del manual del Instituto Español conocido por sus siglas IECA, el cual indica que el uso de estos estabilizadores se realiza con el propósito o finalidad de modificar las propiedades o el comportamiento de un suelo

de baja calidad o un suelo pobre. Otro ejemplo existe en Brasil, en donde se menciona que se debe conocer la calidad del suelo, para ello es necesario un análisis del mismo, ya que sus propiedades tienen dependencia con el CBR además de requerimientos del Ministerio de Puertos, Transporte y Aviación Civil de Brasil (Romanelli, 2019)

A nivel nacional, en el País se ha incrementado la construcción de carreteras. De acuerdo con los estudios realizados en 2018, se encontró un 13,2% de carreteras pavimentadas localmente y a nivel nacional un valor de 79% que son pavimentadas. Como consecuencia de este evento se producen principalmente abolladuras y fallas, trayendo inconvenientes que son perjudiciales para la sociedad y los vehículos, por lo que varios investigadores de Huaraz, Cajamarca y Libertad (Trujillo) vienen realizando estudios de mecánica de suelos para mejorar sus propiedades mecánicas como el CBR, los límites de consistencia y la densidad máxima, para estos estudios se vienen adicionando materiales sólidos y líquidos aditivos al suelo, ya que contribuye principalmente a las propiedades de calidad del suelo en la construcción de infraestructura vial. Además de reciclar los compuestos, utilizando compuestos minerales, pero también productos naturales como lo son las cenizas de distintas como la de caña de azúcar, cascarilla de arroz, eucalipto, sauco, y otros productos como carbón y cal creando un soporte de suelo más grande (Montejo, 2018). Perú tiene en sus provincias una variedad de distintos suelos donde la estabilidad es necesaria, porque un suelo inestable puede causar daños estructurales al pavimento, por ello en las investigaciones se toma como referencia distintos factores perjudiciales en el pavimento que será construido, uno de estos factores es la pobre o casi nula baja calidad del suelo, viendo la necesidad de incorporar materiales modernos sobre todo materiales sustentables que son considerados como desechos. En Junín en muy comercial utilizar troncos de eucalipto en las ladrilleras, la región posee alrededor de 14 ha de plantas de eucalipto, distribuidos en sus diversas provincias como Jauja con 3.5 ha, Concepción con 1 ha y Huancayo con 7 ha respectivamente. El residuo de este producto luego de su combustión son las cenizas de eucalipto, si se suma por las 191 ladrilleras en la región se tiene la idea de la gran cantidad de desechos de ceniza de eucalipto que es desechado en esa región, si lo sumamos con todas las ladrilleras presentes en otras regiones como Trujillo, Huaraz, Lima, etc., se tiene

gran cantidad de este desecho que no es aprovechado, y al reutilizarse se evita su disposición y eliminación en vertederos, además que beneficia las propiedades del suelo. La norma Técnica E 0.50 menciona que si se evidencia hundimiento por suelos colapsables el expediente debe ser considerado un EMS estudio de la mecánica del suelo para determinar sus características y comportamiento como peso volumétrico, límites de consistencia, humedad, etc., y estos resultados producto de las investigaciones de campo solo aplica para la edificación o terreno que comprende la misma, y no deberá emplearse para otros terrenos ni ninguna obra cerca o aledaña (Vega, 2018).

A nivel regional, Lima es la ciudad y capital del país más poblada, la cual tiene un nivel alto de tránsito vial, sin embargo, cuenta con una infraestructura vial deficiente por tener una calidad pobre, además, que el problema no es ajeno si se tiene un suelo arcilloso o conocidos como suelos cohesivos, lo que dificulta de forma inicial en el diseño, luego en la construcción y finalmente en el mantenimiento de las vías, en épocas de lluvias el suelo se convierte en intransitable es ahí la necesidad de pavimentar las vías pero con un previo mejoramiento de los suelos. Por tal motivo, este estudio tuvo como finalidad abordar este problema estabilizando el suelo al incorporar ceniza de eucalipto y saúco, buscando así mejorar el suelo, además de brindarle un valor agregado a la ceniza que es considerada como un material para desecho.

Como se mencionó en los anteriores párrafos, la investigación plantea el siguiente problema general: ¿Cómo influye la adición de cenizas de sauco - eucalipto en las propiedades físico mecánico en la subrasante de pavimento flexibles en la Av. Saco Rojas, Lima 2022?

En la investigación la justificación teórica; se podrá en la investigación presente determinar y evaluar si mejora hay una mejora en el comportamiento de las características y propiedades físicas y mecánicas mediante la adición de 2 tipos de desecho productos de la combustión, las cuales son cenizas de sauco y las cenizas de eucalipto a la subrasante, logrando tener un pavimento flexible de calidad, además la data que se emplea actualmente sobre la influencia de ceniza sobre los límites de consistencia, máxima densidad seca, Proctor y CBR es muy poca, sin embargo se necesita saber hasta que dosificación podría usarse los productos

mencionados con relación al suelo arcilloso, por ello el propósito es generar un aporte de información relevante para futuras investigaciones. La justificación metodológica es que el estudio propone un proceso ordenado y sistemático, siendo útil porque gracias a los valores obtenidos de los ensayos en el laboratorio se puede saber la calidad de este suelo en sus diversas propiedades, que se ha mejorado y sugiriendo estabilizar el suelo con la incorporación de ceniza de eucalipto y sauco, haciendo posible un mejoramiento de este suelo a las especificaciones requeridas para la subrasante del pavimento. Justificación técnica, las cenizas de eucalipto y saúco se utilizan con la finalidad de estabilizar los suelos contribuyendo a sus propiedades, enmendarlos para una mejora potencial y pudiéndose utilizar dosificaciones entre 5% al 35% para mejorar hasta el 40% del CBR, recomendando seguir investigando su aplicación en otros tipos de suelos (Kurian, 2018). El aprovechamiento de materiales desechados en las obras civiles brinda distintas alternativas para el reciclaje. Actualmente ya se han realizado estudios con la ceniza de carbón como un material alternativo en el concreto, también como un aglomerante cementoso o relleno para mezclas asfálticas, pero existen otros materiales con los cuales no se tiene investigaciones como lo son la ceniza de eucalipto y sauco. Estos desechos también podrían ser destinados a utilizarse de forma que se pueda utilizarse de forma eficaz mejorando la subrasante a y aumentando resistencia. Justificación social, El uso de cenizas permite obtener resultados mejorados en cuanto a las propiedades del suelo previamente estabilizado, logrando reducir su influencia en el medio ambiente, reduciendo su emisión hacia el aire y reduciendo el impacto que genera la contaminación sobre el ambiente además de los cambios nocivos sobre la salud pública. Justificación económica, aunque existen otros agentes que pueden utilizarse para estabilizar el suelo como aditivo, la cal y el cemento, reutilizando los residuos se refleja positivamente en el medio ambiente la importancia de su conservación y cuidado, además que se promueve el reciclaje y reduce los costos evitando la compra de aditivos, sin cambiar el objetivo del diseño de superficies de forma eficiente, ofrece una nueva manera logrando un aumento de sus características físicas como mecánicas de las subrasantes en vías nacionales, de esta manera se pretende reducir los altos precios que incurren otros elementos al momento de querer realizar la estabilización del suelo, ya que los

habitantes no cuentan con medios para comprarlos. La justificación ambiental, la investigación brinda una solución que aprovecha las cenizas de eucalipto y sauco producidos por distintas empresas que actualmente desechan las cenizas. Además, hará una contribución constructiva y significativa a la carrera de ingeniería generando más acercamiento al rubro de transportes, brindando otra alternativa de estabilizar el suelo usando cenizas en caminos no pavimentados.

Tenemos como objetivo general, Evaluar cómo influye la adición de las cenizas de sauco - eucalipto en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022; además como objetivos específicos: determinar cómo influye la adición de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades físicas en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022; determinar cómo influye la adición de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades mecánicas en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022 y determinar cuál es el óptimo porcentaje de dosificación de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades de la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022.

La hipótesis general: La adición de cenizas de sauco - eucalipto influye positivamente en las propiedades físico y mecánico en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022. Siendo las hipótesis específicas: La adición de cenizas de sauco y eucalipto influye positivamente de las propiedades físicas de la subrasante en Av. Saco Rojas, Lima 2022; la adición de cenizas de sauco y eucalipto influye positivamente en las propiedades mecánicas en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022; la dosificación óptima de cenizas de sauco y eucalipto influye positivamente en las propiedades de la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

Para completar la presente investigación, es necesario indagar los diferentes estudios que se han realizado en años anteriores, a nivel internacional se tiene a Barragán y cuervo (2019), en el cual realizaron una investigación la cual tuvo por objetivo determinar el comportamiento físico mecánico adicionando el desecho de CCA (ceniza de cascarilla de arroz) a un tipo de suelo arcilloso, para ello aplicó una metodología tipo experimental, de enfoque cuantitativo por que tuvo valores mediables, y fue de nivel explicativo, obteniendo como resultado que adicionando ceniza al 1% mejora la resistencia del suelo en 19%, aumentando su expansión en menos del 0.1% no generando cambios volumétricos del suelo comparado a la muestra natural, además que la adición de cenizas de arroz genera una disminución de la máxima densidad seca de 0.7% teniendo un valor inicial de  $1.73 \text{ g/cm}^3$  y un valor final de  $1.71 \text{ g/cm}^3$ , concluyendo que se pueda aprovechar el uso de cenizas que son desechados en las empresas agroindustriales como estabilizantes de tipos de suelos inestables, generando beneficio económica y ambiental en las construcciones de vías urbanas.

Tiviano (2018) en su investigación tuvo por objetivo realizar un análisis comparativo al adicionar ceniza de carbón al suelo sobre la capacidad al corte y estabilizar los suelos arenoso finos y arcilloso de la vía urbana, para ello aplicó una metodología experimental de tipo exploratorio mediante estudios de suelos, descriptivo y explicativo ya que se puede usar como referencia para otras investigación, obteniendo como resultado que el CBR aumenta en 5% al combinarlo con las cenizas de carbón en un 25% presentado una mejora en la propiedad mecánica de la resistencia entre los valores de 15 al 20%, concluyendo que al incorporar la ceniza de carbón mejora la estabilización del suelo ya que influye positivamente en suelos expansivos ya que mejora su propiedades de resistencia al corte y CBR.

Buitrón y Enríquez (2018) en su investigación tuvo como objetivo estabilizar un suelo conformado por arcillas expansivas mediante la incorporación de cenizas de volcán Tungurahua en distintos porcentajes distintos, para ello aplicó una metodología experimental, cuantitativa de nivel explicativo tomando como referencia la provincia de Manabí ubicado en Ecuador, extrayendo 7 muestras por medio de calicatas para su posterior análisis, obteniendo como resultado que

adicionando ceniza de puede controlar la expansión libre y la presión excesiva del suelo arcilloso, aumentando la cohesión del suelo, la máxima densidad seca, mejorando sus propiedades físicas de la vía urbana, teniendo valores de 1.53 y 1.63 g/cm<sup>3</sup> de densidad seca máxima con contenidos óptimos de humedad de 25.4% y 17.6% respectivamente, concluyendo que la ceniza de carbón influye positivamente para estabilizar suelos arcillosos y que el 20% es el porcentaje indicado de ese material puzolánica para obtener condiciones adecuadas

A nivel nacional, consideramos a Cristóbal y Quinte (2022) en su investigación tuvo por objetivo estabilizar la subrasante del suelo al adicionar cenizas de eucalipto en la vía urbana llamada Piedra Parada ubicada en el departamento de Junín, para ello utilizó en su investigación un tipo de metodología de diseño experimental, de tipo aplicada, con nivel explicativo y método deductivo, obteniendo como resultado que cuando se le adiciona al suelo un 10% de este material logra disminuir el índice de plasticidad en un valor de 55%, aumenta la densidad máxima seca en 11%, aumenta en 158% el módulo de resiliencia y aumenta en 385% el CBR, concluyendo que la subrasante estabilizada varía significativamente al adicionar en diferentes porcentajes la ceniza de eucalipto, siendo la adición positiva para su aplicación en subrasante de pavimentos flexibles.

Quispe y Campos (2022) en su investigación tuvo como objetivo estabilizar un suelo arcilloso con cenizas de sauco en diferentes porcentajes de 1%, 3% y 5% en la ciudad de Lima, para ello aplicó una metodología de diseño experimental – aplicada, la muestra se extrajo de la vía urbana, un área de 25000 m<sup>2</sup> Urb. Pariachi ubicado en la ciudad de Lima y realizó pruebas de laboratorio como Proctor, humedad y máxima densidad seca, ensayo de corte consolidado drenado y límites de consistencia, obteniendo que adicionando cenizas en esos porcentajes el CBR al 100% mejora significativamente a comparación del patrón logrando tener el mayor valor con el 5% de adición y la máxima densidad seca también se ve mejorada logrando estabilizar el suelo, concluyendo adicionando 3% y 5% de ceniza de sauco en un suelo arcilloso mejora significativamente la estabilización del suelo ya que mejora sus propiedades físico mecánicas, además que las propiedades se ven mejoradas al aumentan el porcentaje de adición de las cenizas de sauco.

Claver (2022) en su investigación realizada planteó como objetivo hallar la influencia al incorporar ceniza de eucalipto a diferentes porcentajes de 3, 6 y 8% para lograr estabilizar la subrasante de una vía urbana ubicada en la provincia de Apurímac, para ello aplicó una metodología cuasiexperimental, aplicada, de nivel explicativo, obteniendo un valor de 8.6% en la muestra patrón de CBR al 100%, adicionando 3% se obtuvo 10% de CBR, con 6% un valor de 12.3% de CBR y a 8% un valor de 13.2%, concluyendo que incorporando ceniza de eucalipto se logra estabilizar y mejorar la subrasante de forma significativa, siendo el porcentaje de 8% óptima para su aplicación según la tabla de manual de carretera del MTC.

En artículos científicos tenemos a Roldán y Soto (2018) en el cual realizaron el artículo científico de la revista SCIELO, vol. 24, 13-20 el cual tuvo por objetivo darle un valor agregado a las cenizas mediante su adición en bloques de albañilería, para ello los bloques fueron vibrados a diferentes combinaciones generando conglomerantes distintos, para ello aplicó una metodología experimental, mediante ensayos mecánicos de resistencia a una serie de probetas de bloques de albañilería, en la cual reemplazo a la materia prima cemento por ceniza puzolánicas que se encuentra en Chile región Antofagasta estas cenizas fueron la ceniza volcánicas, polvo de desierto y ceniza volante, los ensayos realizados fueron bloques en prismas, muertes e individuales todas a compresión en una serie de combinaciones de cemento y puzolana, para luego ser comparadas al valor patrón de resistencia, obteniendo una resistencia prismática de 4.3, 3.9 y 4.2 en relación de 60/40 ceniza volante, 70/30 CV (ceniza volcánica) y 80/20 de ceniza de polvo desierto respectivamente, para la capacidad de corte se obtuvo valores de 0.52, 0.69 y 0.78 en relación de 60/40 CV, 70/30 CV y 80/20 de ceniza de polvo desierto respectivamente, además el coste a unidad tiene una reducción de 18%, 14% y 10% en relación de 60/40 CV, 70/30 CV y 80/20 polvo desierto respectivamente. Concluyendo que, se puede reemplazar el cemento por distintos componentes puzolánicos como el polvo de desierto y las cenizas, ya que cumple con las normas chilenas, siendo factible su reemplazo, además que se contribuye a la reducción de costos en las obras y reducción de gases de efecto invernadero negativo que son producidas por la calcinación del mismo.

Humberto (2018) en la revista UFPS del año 2008 realizaron un artículo científico con el objetivo de lograr estabilizar de forma química un suelo expansivo de una vía urbana de San José de Cúcuta de Colombia, debido a que se estaba presentando daños a las edificaciones productos de la expansión y retracción que sufría el suelo que es en su mayoría arcilloso, para ello propuse la adición de ceniza volante como material estabilizador, la metodología utilizada fue experimental la cual consistía en realizar una serie de ensayos como Proctor estándar, granulometría, humedad, área superficial, utilizó dosificaciones del 20%, 25% y 30% en volumen de cenizas, obteniendo como resultado que la zona presenta suelo de alta plasticidad clasificando según la SUCS como CH además de tener un potencial de expansión elevado, su índice de plasticidad fue de forma decreciente obteniendo valores que en el rango de 30 al 40% para la dosificación de 30%, concluyendo que se debería realizar un ensayo de caracterización previo a la ceniza mediante una ensayo de caracterización de DRX (difracción de rayos X) y SEM (microscopía electrónica de barrido) para corroborar la expansividad alta que tiene el suelo.

Farias, Mendoza Y Baltazar (2018) en la revista ALCONPAT, vol. 8(2), pp. 194-208 realizaron el artículo científico el cual planteó como objetivo analizar la adición de un material de desecho llamada CBCA (ceniza de bagazo de caña de azúcar) en el comportamiento como CBR, la compresión y la compactación de la subrasante, para ello aplicó una metodología experimental la cual consistía primeramente en caracterizar los materiales como la ceniza mediante un análisis de difracción de rayos X, luego un diseño de mezcla del suelo, compactación, ensayos de CBR y resistencia simple de compresión, las dosificaciones que utilizó fueron de 3%, 5% y 7% del cemento tipo mezclado con dosificaciones de 0% 25%, 50% y 100%, obteniendo en la caracterización del material que predomina la arena con 89.5% siendo no plástico por no tener límites de consistencia por ser un material granular con gravedad de 2.0 de acuerdo al SUCS, clasificación como un tipo de suelo SM con presencia de finos y no plástico, con respecto a la compactación tuvo una humedad del 22% y una densidad máxima seca de 1311 kg/m<sup>3</sup>, un CBR de 24% y al adicionar CBCA estas propiedades se ven mejoradas. Concluyendo que incorporando ceniza en el suelo de la vía urbana modifica el comportamiento de la

subrasante mejorando sus propiedades mencionadas, llegando a reducir hasta un 25% el consumo de la ceniza.

Montejo, Raymundo Y Chávez (2020) en la revista TZHOECOEN vol. 12 (1), pp. 131 – 140 realizaron el artículo el cual tuvo como objetivo demostrar el importancia de la utilización de la ceniza del producto cáscara de arroz obtenido de la actividad agrícola como un material estabilizante de suelos, logrando un aumento de materiales disponibles para estabilizar un suelo, para ello aplicó una metodología no experimental de tipo descriptiva la cual busca que sus características y propiedades sean definidas, ayudando a la explicación sobre como estabilizar una vía que tenga un bajo tránsito a un nivel de afirmado mediante la incorporación de ceniza, obteniendo resultados que la ceniza que genera la cáscara de arroz logra ocupar en volumen  $8 \text{ m}^3$  para 1 tonelada teniendo un valor de  $125 \text{ kg/cm}^3$  de peso específico como dato previo, y que al adicionar 1% de ceniza en el suelo arcilloso no se evidencia mejoras, por lo que debería adicionar en porcentajes mayores como 12, 20 y 30%, logrando una reducir de forma potencias la expansión del suelo, concluyendo que la ceniza es favorable para estabilizar el suelo debido a que mejora sus propiedades.

In other languages, we have Parravicino (2020) in his research aimed to stabilize the subgrade of a clayey soil through an available residue such as ash from brickyards, for which he added ash in 10, 20, 30 and 40% in relation to the weight, applied an experimental. The methodology which consisted of carrying out the chemical characterization of the materials by means of X-ray diffraction in a Bruker brand diffractometer with X-ray radiation, to later carry out a series complete set of laboratory tests such as CBR tests, modified Proctor and X-ray diffraction tests, on clay soil samples stabilized with different combinations of bottom ash from artisanal brickwork. The results obtaining that their nature is verified by means of X-ray diffraction as a material with pozzolanic properties or that has the potential to react with alkaline hydroxides and form cementitious compounds, since that presents  $\text{SiO}_2$  in its composition and that the ash is quite contaminated, since it is the result of the sweep of the remaining ash in the furnaces after the burning of the fresh bricks, the results of the modified Proctor show a decrease in the MDS of ash present in the mixture. This decrease in the maximum dry density is observed until

reaching 20% ash in the mixture, and with 30% and 40% ash the maximum dry density has a tendency to increase, on the other hand, it is observed that the OCH increases as a greater amount of ash is added to the mixture, with respect to the CBR, there is a natural soil sample with a CBR of 2.2% that is within the category of insufficient subgrade, however, the CBR value increases up to a limit after which it decreases. The optimal value for these combinations is 20% of CFLA, since it allows an increase from 2.2% to 9.5%, that is, it increases 4.3 times its support capacity and converts the soil into an appropriate subgrade for the construction of pavements, concluding that it improves the mechanical and expansive behavior of the soil through the addition of ash.

Peréz (2021) aimed to analyze how the value of soil support increases when incorporating Arabica husk ashes as an ecological stabilizer, finding the optimal dosage to stabilize a soil. The methodology applied since an alternative is proposed for the stabilization of cohesive soils, thus giving a solution to a common problem in the trails for vehicles, and the design of the research was experimental - quantitative, in which it collects and examine data. The results obtained were that the soil has a low resistance of 5% and by adding coffee ash at a percentage of 10,15,20 and 25%, the resistance is considerably improved, the CBR at 95%, it was determined that in most of test pits the resistance improves consequently of 17.40%, 19.7%, 20.8% and 27.40%, according to the different dosages 10%, 15%, 20% and 25% respectively, the ideal dosage is 15% incorporation of ash Arabica coffee husk, which manages to stabilize the cohesive soil, with a value of 19.70% of CBR at 95% and with 27% of CBR at 100%. Concluding that coffee ash positively influences the subgrade of the pavement, the mechanical properties of cohesive soil, which is unstable due to volumetric changes caused by the presence of water and this corresponds to a fine-grained soil such as: loamy sand, sandy loam, clays and sandy clay; In addition, it has a CBR of 4.7%, considered deficient for engineering, according to the MTC, if its CBR value  $\leq 6\%$ , it requires stabilization.

López (2021), aimed to stabilize clay soils through the application in Moyobamba, department of San Martín. The methodology was experimental design, applied, with explanatory level and deductive method. The results obtained were that the rice husk ash improves the characteristics of the clay, so that 15% CCA greatly

increases the resistance of the soil, but with 10% CCA. It has a good flush. The plasticity index also increases: the IP of the natural soil is 23.84%, the incorporation of 5% is 26.45%, with 10% it is 26.73% and with 15% 26.75%, through the CBR test at 95%, in natural soil the CBR was 3.96%, with 5% CCA it was 6.90%, with 10% CCA it has a CBR of 9.60% and incorporating the rice husk ash of 15 % has a CBR of 10.5%, so the maximum resistance can be obtained in a combination of 15%, concluding that incorporating rice husk ash manages to stabilize and improve the subgrade significantly, the percentage being 15%. optimal for your application

Como bases teóricas, se considera a Mollo, en el cual conceptualiza lo siguiente:

[...]En cuanto a la teoría del eucalipto, se cree que se originaron en Tasmania y Australia. Teorías sobre los árboles de eucalipto, son nativos de Australia, donde hay más de 700 especies diferentes, fueron introducidos en Europa debido a los viajes del Capitán Cook, de manera similar, el eucalipto fue llevado a Addis Abeba en África para su reforestación. El eucalipto es un árbol de hoja perenne con un tronco erguido. La altura del árbol puede alcanzar más de 60 m. Se dice que en el pasado hubo ejemplares de hasta 150 m de altura, las hojas son enteras y duras, y las ramas cambian según la edad del árbol. Las ramas jóvenes son anchas y de color azul claro, mientras que las ramas viejas son largas y de color verde oscuro. (2022, p.7)

Se considera a Pérez el cual conceptualiza lo siguiente: “Lo ideal es calentar las hojas de eucalipto a 400 °C durante un tiempo de dos horas. Logrando tener una reducción en porcentaje al final de la calcinación de 63,78%” (2018, p.35).

Vale la pena señalar que las cenizas de fondo a menudo se mezclan con las impurezas contenidas en el combustible, así como con lodos y otras materias orgánicas no quemadas.



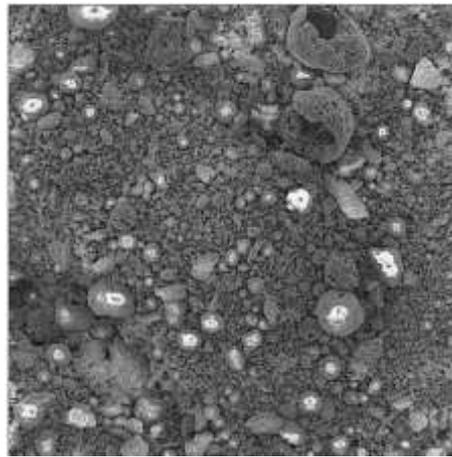
**Figura 1.** Ceniza de volante

**Fuente:** Portal de ingenieros españoles (2014)

**Tabla 1.** Análisis químico de las cenizas de fondo y volantes

Composición química, %	Cemento	Ceniza volante	Ceniza de fondo
SiO <sub>2</sub>	20.90	50.50	52.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.30	28.90	27.50
FeO <sub>3</sub>	3.50	4.70	6.00
CaO	62.70	5.00	5.90
MgO	1.90	1.80	1.70
SO <sub>3</sub>	3.40	0.21	0.13
K <sub>2</sub> O	0.90	0.80	0.57
Ti <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.25	1.56	1.53
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.10	0.76	0.74
Pérdida por calcinación	3.69	3.60	1.80

**Fuente:** (Flores, 2020, p. 22)



**Figura 2.** Composición de la ceniza vista desde SEM

**Fuente:** Revista ResearchGate Martínez Ovalle (2017)

De lo cual de la tabla anterior Flores indica lo siguiente:

[...]Se logra apreciar la composición química de las distintas cenizas, tanto volante como de fondo. Determinando que el tamaño más grande de la masa, se obtiene en el compuesto de óxido de sílice (SiO<sub>2</sub>) con 52.2 %, luego el óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) con 27.5 % y óxido de calcio (CaO) con 5.9%. (2020, p. 22).

Según Enciso tenemos el concepto sobre la ceniza de eucalipto la cual es:

[...]Las cenizas proceden de la combustión de residuos, cultivos, madera, hornos artesanales, etc.; La ceniza debe ser capaz de mejorar los grados inferiores más finos, el uso de ceniza en la estabilización del suelo aumenta la granularidad; En general, todo el suelo se puede estabilizar adecuadamente con ceniza, y la ceniza desarrolla suficiente resistencia y estabilidad para desbordarse, por lo que el suelo se

puede estabilizar con ceniza con la cantidad necesaria de ceniza, y la ceniza se puede obtener de forma fácil y baja. (2022, p. 34-35)

Además, Enciso también conceptualiza los siguiente:

[...]La ceniza se produce por la quema de residuos industriales, cultivos energéticos, madera, hornos artesanales, etc.; la ceniza mejora el subsuelo fino y el uso de ceniza para estabilizar el suelo aumenta el tamaño del grano; en general, todos los suelos se pueden estabilizar adecuadamente con cenizas volantes, y las cenizas volantes no producen Suficiente resistencia y estabilidad para lograr la estabilización del suelo con cenizas volantes con la cantidad requerida de cenizas volantes, lo que se puede lograr de manera simple y económica. (2022, p.40 -45)

De lo cual Pérez afirma lo siguiente: “para hallar la composición química se cuenta con una prueba o examen de espectroscopía de la fluorescencia que aplica a la ceniza de eucalipto, teniendo en cuenta los compuestos que se presentan” (2018, p. 37).

Tabla 2. *Componentes químicos de la ceniza de eucalipto*

Componentes químicos	Porcentaje
Trióxido de aluminio	1.31%
Trióxido de hierro	9.98%
Óxido de calcio	64.66%
Dióxido de silicio	15.92%

Fuente: (Cristóbal y Quinte, 2022, p. 14)

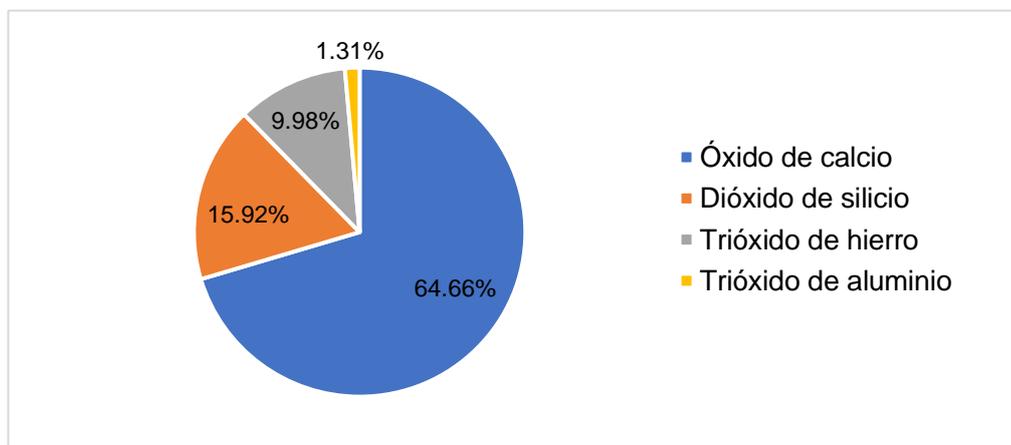


Figura 3. Composición químicos de le ceniza de eucalipto

Fuente: WordPress por Gómez Julio (2015)

Según Blas & Pérez tenemos menciona que

[...]Eucalipto "Eucalyptus Globulus": un tipo de árbol de la familia de las mirtáceas, tiene características como un árbol grande que puede alcanzar los 70 metros, su cuerpo es recto y el caparazón que lo recubre está separado de la caja y el color de la corteza es gris azulado característico, además posee una raíz de eucalipto muy fuerte y agresivo. Las hojas maduras de los eucaliptos son alternas, lanceoladas y pueden tener hasta 30 cm de largo, la longitud es cm, son hojas pequeñas con un nervio central pronunciado. Su color es verde oscuro y tiene una textura dura para él, por otro lado, las hojas jóvenes no tienen pecíolos, abrazan el tallo directamente y son opuestas. Su color es verde claro, ligeramente gris. La característica de expresión de este artículo distingue claramente entre artículos pequeños y en adultos, esto se llama heterofilia. (2016, p.20-25)



**Figura 4.** Hojas de eucalipto

**Fuente:** Canal del Área de Tecnología Educativa (2019)

Blas & Pérez conceptualizan que:

[...]Las flores de eucalipto pueden ser simples o 3 flores de eucalipto. Tienen muchos estambres, son muy prominentes y no tienen pétalos. Cápsulas de madera de frutas. Mide de 2,5 a 3 cm de largo y contiene 4 celdas que contienen una gran cantidad de semillas. (2016, p.25-30)

Márquez menciona que:

[...]Su origen natural es de Australia. La especie es muy común en Australia continental entre los 15°30' y los 38°S, ocupando grandes áreas a través de ríos, formando masas puras. Envío exitoso a partes del mundo, a lo largo de toda la costa del Perú. Por ello en Argentina se adaptó muy bien Con las más diversas condiciones edafoclimáticas, tolera inviernos fríos y veranos muy calurosos, así como sequías y humedales. (2016, p.55)



**Figura 5.** Beneficios múltiples de la hoja de eucalipto

**Fuente:** Diario Ahora (2019)

Además, Márquez menciona que: “Su uso principal es en la madera de espesor medio, para ser específicos en Australia, se usa en la construcción en general, ya que la madera tiene un núcleo rojo moderado, fuerte, duradero y resistente a las termitas” (2016, p.60).

Márquez menciona que:

[...]Se utiliza principalmente en la fabricación de columnas, vigas, paneles, muebles, pisos, diversas aplicaciones en muebles (puertas, gabinetes, etc.), moldes y en ocasiones para producir materiales de pulpa y papel. Además, cabe mencionar que las flores generan miel a gran escala y calidad, y las hojas se utilizan en algunos lugares para combatir picaduras e insectos. (2016, p.60-68)



**Figura 6.** Beneficios múltiples de la hoja de eucalipto

**Fuente:** Maderas la Rola (2021)

Blas & Pérez conceptualizan que:

[...] Tiene una elevada potencia como leña, cuando la su madera se encuentra completamente seca, es un gran combustible ya que tiene un poder calorífico de aprox. 20.000 kJ/kg (4800 kcal/kg), además produce carbón vegetal de excelente calidad, pero uno de las limitaciones de la madera de este tipo es que se quema rápidamente y crea demasiado humo. (2016, p75-78)



**Figura 7.** Madera eucalipto generando humo  
**Fuente:** Revista Dreamstime (2016)

Márquez menciona lo siguiente:

[...]Es una planta muy útil para el crecimiento al borde de la carretera, en drenaje de humedales, en tierras agrícolas bosques, resiste bien el viento, por lo que se utiliza en la formación de parabrisas, junto con otras especies pequeñas, para controlar la erosión. (2016, p.65)



**Figura 8.** Planta de eucalipto  
**Fuente:** Diario la República (2018)

Quispe y campos conceptualizan que:

[...]La **ceniza de sauco**; las plantas de sauco son de vigor medio a vigoroso, la copa es irregular y se caracteriza por un color verde pálido, las mayores (diámetro de las

copas) oscilando en anchura de 2 a 8 metros. La planta de sauco en Perú es más importante por su fruto, que se utiliza para hacer mermelada para los pequeños agricultores. Las hojas se utilizan para dar un verde mineral, por ejemplo, vino. En la artesanía se utiliza su pequeño tallo para hacer instrumentos como la quena y un soplador para hacer fuego. (2022, p.38-43)



**Figura 9.** Planta de Sauco

**Fuente:** Instituto de Ecología INECOL (2019)

Según Paucar menciona que:

[...]Arbusto o pequeño árbol de la familia Caprifoliácea, los tallos son de dos a cinco metros de largo, ramificados, de color marrón oscuro y blanco con muchos nudos, las hojas constan de cinco a siete hojuelas de forma ovalada, puntiagudas en la punta, dentadas en el margen, de color oscuro, de color verde, olor desagradable y sabor especiado, flores blancas y bayas negras, se utiliza principalmente para tratar resfriados. Diversos estudios han encontrado que los flavonoides de la baya del saúco tienen propiedades antioxidantes e inmunomoduladores, además de las propiedades antiinflamatorias y antigripales descritas, y su uso en el tratamiento de la sinusitis y para bajar el colesterol también se ha descrito el uso de la flor como laxante. (2014, p.10-15)



**Figura 10.** Planta de Sauco

**Fuente:** Instituto de Ecología INECOL (2019)

Además, el CENTRO IDEAS menciona que:

[...]La planta de saúco amplio rango tiene de altitudes: de 2800 a 3900 m a través del nivel del mar, dependiendo de la región del país, pero óptimamente de 3200 a 3800 m sobre el nivel del mar. Se encuentran principalmente en las regiones diversas del país en la cual los climas de las heladas no lo afectan. La mayoría produce frutos durante varias décadas, nunca se encuentran en la naturaleza (el problema de la esterilidad de la semilla) todavía se plantan: al lado de las casas, en patios y cercas, y en las orillas de los ríos. Es una especie sin suelo, aunque crece mejor en suelos arcillosos profundos con un pH neutro a ligeramente alcalino. Requiere buena humedad (riego) por lo que suele plantarse junto a la zanja, cercas de fincas y huertas, como una mezcla de manzanos y membrillos. (2002, p.6)

Según Estacio, Muñoz y Rubio menciona que:

[...]Uno de los usos más conocidos de la baya del saúco es que el té de la baya del saúco tiene propiedades laxantes, y las flores de esta planta son muy beneficiosas para las personas que suelen sufrir de estreñimiento. El efecto diurético es una de las propiedades más conocidas de la baya del saúco. Estos son lujos para personas con retención de agua; es un diurético 100% natural. Una gran opción para mujeres embarazadas, personas obesas o ancianos; son los que tienen más liquidez. Anticatarral, antiinflamatorio y cicatrizante, específicamente en otoño e invierno cuando los resfriados son más comunes en personas de todas las edades. Pues bien, la baya del saúco es un ingrediente natural que potencia en gran medida el sistema inmunológico y de esta forma ayuda al organismo a prepararse mejor para hacer frente a estos virus. (2012, p.15-30)



**Figura 11.** Té de Sauco

**Fuente:** Natursan (2018)

La estabilización de la subrasante; contamos con el concepto según Cristóbal y Quinte, en el cual indica lo siguiente:

[...]Se basa en mejorar las propiedades físicas indeseables del suelo para obtener estructuras resistentes a los cortes y con condiciones ideales de vacío. Para las pruebas pertinentes, el Ministerio de Transporte y Comunicaciones determina el número de calicatas a realizar. (2022, p. 14)



**Figura 12.** Mejoramiento de subrasante

**Fuente:** Construcción Latino Americana (2014)

Según el MTC, tenemos el siguiente concepto:

[...]Estabilizar un suelo se refiere al terreno propio de la zona que va a mejorar las propiedades del suelo, lo que da como resultado una capa muy estable y con ella la capacidad de soportar alguna complicación en el futuro y asegurando el comportamiento del suelo". (2014, p.23)



**Figura 13.** Capas del pavimento

**Fuente:** Revista Calcinor (2016)

Según el MTC, afirma sobre el CBR lo siguiente:

[...]Prueba estos materiales del subsuelo presentando un CBR  $>6\%$ , infiriéndose así que, si en este caso dieron un índice menor a este, o existiendo áreas indicadoras de humedad o áreas blandas, estos suelos serán objeto de un extenso estudio de estabilidad donde el especialista responsable realizará teniendo en cuenta los tipos de instalación como: instalación mecánica, reordenación del suelo, instalación de suelo artificial, etc. (2014, p.22)



**Figura 14.** Equipo para ensayo de CBR

**Fuente:** Civil Geeks (2015)

Además, el MTC conceptualiza sobre la estabilización de suelos lo siguiente:

[...]Para estabilizar el suelo, las personas usan una variedad de aditivos que pueden ser: aditivos resistentes a la humedad, aditivos capaces de retener la humedad y las sales existentes, los materiales como el cemento Portland y la cal también se usan como estabilizadores del suelo. (2014, p.25)



**Figura 15.** Técnica de aditivo para estabilizar el suelo

**Fuente:** Construcción Latino Americana (2017)

También el MTC afirma sobre la subbase lo siguiente:

[...]Si la subbase se revoca con limo o arcilla, cuando está húmedo, los materiales en sus partículas penetran en la granular capa del pavimento y provocan contaminación, hay que tener en cuenta que la capa de 10 cm no se deja proyectar, según lo indique algún profesional al mando. (2014, p.28)



**Figura 16.** Suelo arcilloso sin estabilizar

**Fuente:** Proroad Global (2014)

A su vez el MTC menciona con respecto a zonas heladas, lo siguiente:

[...]Pueden traer casos extremos, como cuando el área 4000m de altitud, donde se evaluará la respuesta helada del lugar. En definitiva, las heladas aumentan la susceptibilidad del suelo, por lo que o reponemos el suelo con un buen espesor o bien lo levantamos con un relleno completo hasta que alcance el nivel requerido. (2014, p.30)

La Subrasante; en el cual consideramos a Chacón y De la Cruz, los cuales conceptualizan lo siguiente:

[...]Es el material principal que soporta el piso y por lo tanto lleva la carga del tráfico. Por lo tanto, se debe garantizar que el material del que está hecho pueda soportar esta carga durante toda la vida útil. Este material consiste en suelos seleccionados con propiedades permisibles y su compactación en capas. (2020, p.32)

De acuerdo con la Guía de prueba de materiales del MTC E 115 se menciona lo siguiente: “La compactación del suelo debe lograrse a 30 cm por debajo del sustrato a una densidad seca máxima del 95 % en la prueba” (2016, p.1250).



**Figura 17.** Compactación de la subrasante

**Fuente:** Blog Víctor Yepes (2017)

De lo cual contamos con la definición de Chacón y De la Cruz conceptualiza lo siguiente:

[...]Para la ingeniería, el suelo es una composición que contiene minerales y partículas sólidas. Este recurso natural se utiliza como parte integral de innumerables proyectos de ingeniería civil. Por ello, los profesionales deben estudiar el comportamiento del suelo antes de proceder a la obra para evitar posibles daños. (2020, p. 16)

Granulometría; en el cual según el MTC E 107 conceptualiza lo siguiente:

[...]Se define como el tamaño de las partículas implica conocer la proporción de sus principales componentes y por tanto clasificarlas según su tamaño. Este tipo de prueba está relacionada con la clasificación de distribución de volumen. Y debido a la clasificación anterior según las especificaciones MTC, el suelo se clasifica de según la tabla siguiente. (2016, p.44-48)



**Figura 18.** Granulometría del suelo

**Fuente:** Geotécnica fácil (2011)

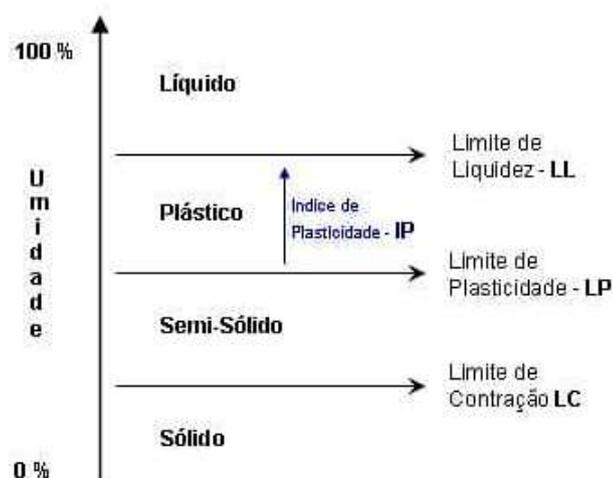
**Tabla 3.** Clasificación de suelo según la dimensión de sus partículas

Clase de material		Dimensión de partículas
Arena		Fina: 0.075 mm - 0.425 mm
		Media: 0.425 mm - 2 mm
		Gruesa: 2 mm - 4.75 mm
Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	< 0.005 mm

**Fuente:** (Chacón y De la Cruz, 2020, p. 17)

Los límites de atterberg según el MTC en su manual de carretera EG-2013, se menciona lo siguiente:

[...]La propiedad plasticidad de un tipo de suelo tiene dependencia de la buena representación de los elementos finos, que es una propiedad del suelo debido a la presencia de distintos minerales del suelo. Sin embargo, dado que la prueba de tamaño de partícula no diferencia entre ellos, es necesario determinar el límite de Atterberg. Existen varios estados de compatibilidad que toma el suelo dependiendo de la humedad, entre ellos: Líquido; Cuando hay exceso de agua, esta pierde su atracción gravitacional sobre la superficie, convirtiéndose en un líquido viscoso que no tiene capacidad de carga. Plástico: cuando el suelo está sujeto a deformación por presión, no se puede utilizar para transportar carga adicional. Semisólido: sus características son aceptables, ya que, si no hay señales de moho en el suelo, disminuirá proporcionalmente cuando se pierda el agua. Sólido: Se presenta cuando la condición del suelo es estable porque no cambia con la humedad y sus propiedades son ideales. Además, indican la presencia de humedad de transición entre estados y se define como límite líquido (LL), límite plástico (LP) y límite de contracción (LR). (2013, p. 25-30)



**Figura 19.** Límite de consistencia del suelo

**Fuente:** Geotecnia y Mecánica de suelos ABC (2014)

Para calcular el índice de plasticidad (IP), se realiza a partir de esta expresión

$$IP = WL - Wp$$

Donde:

WL = Límite líquido del suelo en %

Wp = Límite plástico del suelo en %

IP = Índice de plasticidad en %



**Figura 20.** Ensayo de límite líquido del suelo

**Fuente:** Cueva del civil (2010)

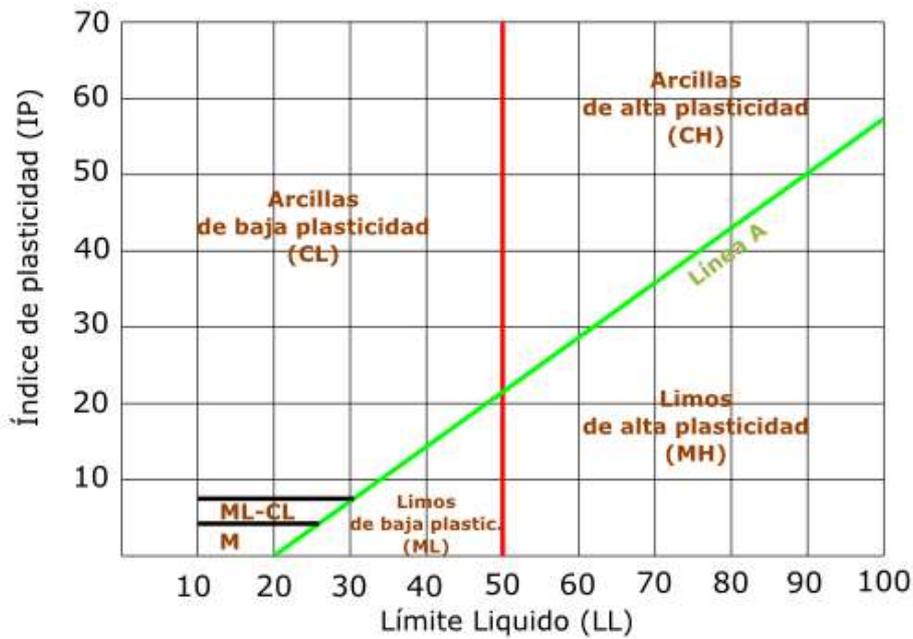
Además, el MTC en su manual de carretera EG-2013 menciona que:

[...]Este indicador refleja el contenido de humedad donde el suelo es plástico. De este modo, el suelo se clasifica de forma óptima. Cuando la IP refleja una gran cantidad de este valor IP es demasiado arcilloso, caso contrario cuando IP refleja un número más bajo, indica suelo ligeramente arcilloso, por lo tanto, según la relación del índice plástico, el suelo se clasifica de la siguiente manera. (2013, p. 31-40)

**Tabla 4.** Clasificación del suelo bajo su IP

IP	Plasticidad	Características
IP =0	No plástico (NP)	Suelo sin arcilla
IP < 7	Baja	Suelo con baja plasticidad
IP > 7		
IP < 20	Media	Suelo con arcilla
IP > 20	Baja	Suelo muy arcilloso

**Fuente:** Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas EG – 2013, p. 195



**Figura 21.** Carta de clasificación SUCS

Fuente: Geotecnia y civil (2014)

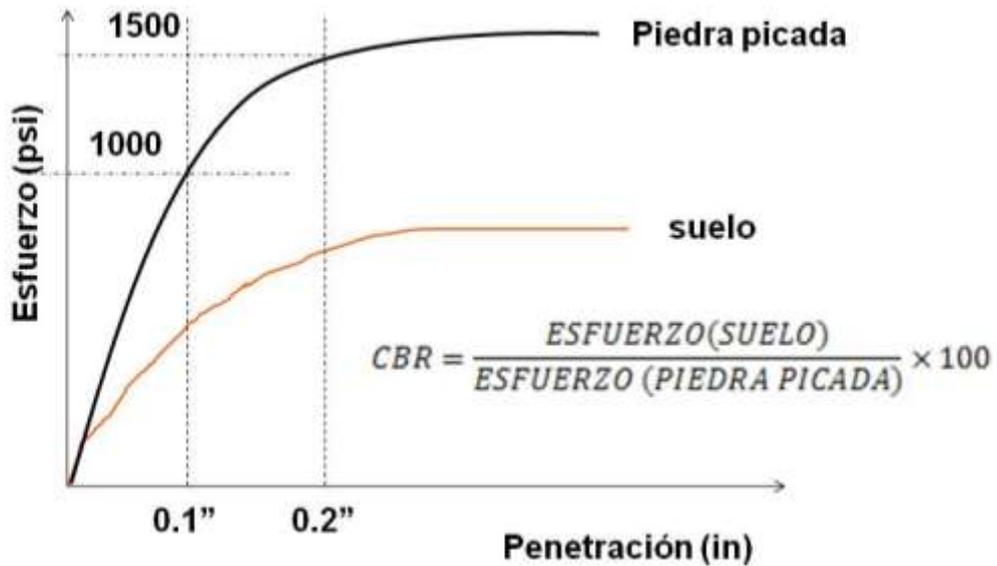
CBR, según el MTC - Manual de Carreteras EG-2013 establece lo siguiente:

[...]La prueba del CBR como un dato de resistencia del suelo con respecto al 95% de su densidad seca máxima y penetración de 2,5 mm. La capacidad de carga es la carga que el suelo puede soportar sin causar un daño excesivo. Para conocer la capacidad de carga que puede soportar el suelo, se debe utilizar la prueba CBR (California Bearing Ratio), llamada así por el estado de los Estados Unidos donde se probó el suelo por primera vez. Esta prueba se basa en estudios previos sobre diferentes suelos que fueron previamente analizados para ellos. (2014, p. 48).

**Tabla 5.** Categoría de la subrasante

Categoría de subrasante	CBR
S0: Inadecuado	CBR < 3%
S1: Pobre	CBR ≥ 3% a CBR < 6%
S2: Regular	CBR ≥ 6% a CBR < 10%
S3: Buena	CBR ≥ 10% a CBR < 20%
S4: Muy Buena	CBR ≥ 20% a CBR < 30%
S5: Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: (Cristóbal y Quinte, 2022, p. 16)



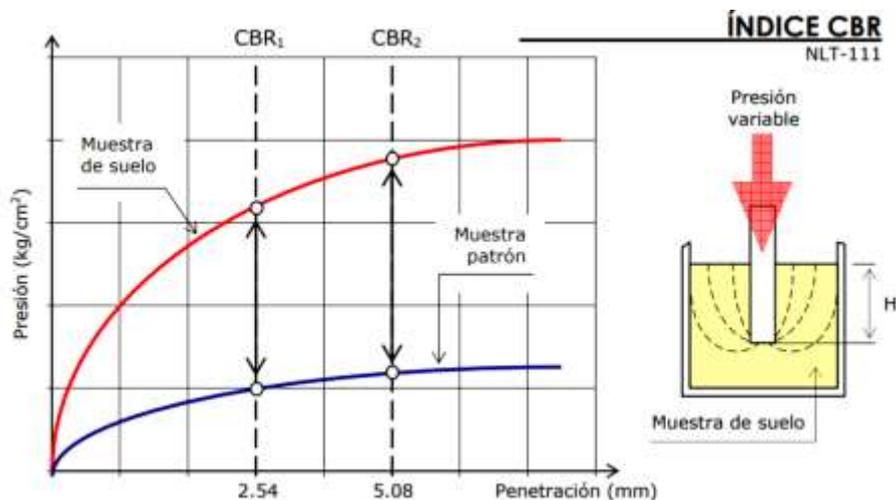
**Figura 22.** Definición del CBR s

**Fuente:** Geotechtips (2020)

Según el Manual de Carretera EG-2013, se manifiesta lo siguiente:

[...]El hinchamiento se obtiene sumergiendo la muestra durante días después de realizar una prueba similar en condiciones de carretera, procesando una lectura al principio y otra al final. Utilice una montura calibrada con precisión. Cuando el suelo es arcilloso o fino, la inflación cobra importancia porque conduce a un posible aporte para cualquier construcción. (2014, p. 48)

Después de la inflación, se llevó a determinar la capacidad portante del suelo a una velocidad uniforme de 1,27 mm/min. Gracias a la fórmula, todo esto se consigue gracias al indicador CBR.



**Figura 23.** Explicación del CBR

**Fuente:** Geotechtips (2020)

El Manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos del Departamento de Transporte establece: "Se deduce que el sótano se divide en dos propiedades que deben mejorarse mediante la estabilización. Determinación del suelo, encontrando las propiedades mecánicas del suelo medidas mediante pruebas Proctor modificadas y CBR" (2013, p. 113).

**Tabla 6.** *Clasificación de subrasante*

<b>Categoría de subrasante</b>	<b>CBR</b>
S3: Buena	$CBR \geq 10\%$ a $CBR < 20\%$
S4: Muy Buena	$CBR \geq 20\%$ a $CBR < 30\%$

**Fuente:** (Chacón y De la Cruz, 2020, p. 23)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Aplicada; en el cual Hernández-Sampieri y Mendoza, conceptualiza lo siguiente:

[...]Aplicada, esto es para determinar la relación de causa - efecto y sus consecuencias, el tipo de investigación mencionada utiliza un plan de métodos que nos ayuda a ser más que un campo de manera conceptual de los problemas que enfrenta la sociedad y también proporciona nuevas alternativas para solucionarlos en alguna ubicación específica. (2018, p. 93)

En este estudio aplicativo, se utiliza el tipo de investigación que utiliza conocimientos y procesos establecidos.

Diseño de investigación: Experimental, “Se logra desarrollar una estrategia para recopilar la información necesaria para responder a las preguntas planteadas en el estudio” (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018, p. 93). El diseño que tendrá este estudio es experimental de tipo cuasiexperimental debido a que se utiliza un muestreo significativo para analizar el impacto en el área de estudio.

Nivel de investigación: Explicativa, debido a que se busca determinar las relaciones existentes de causa – efecto de las cenizas de eucalipto y cenizas de sauco sobre la estabilización de la subrasante.

Enfoque de investigación: Cuantitativo, debido a que en el estudio se recolecta cifras numéricas para corroborar las hipótesis específicas y general planteadas, comparando los datos que son numéricos obtenidos sobre los ensayos de laboratorio que se realizarán.

#### 3.2 Variables y operacionalización

Variables de estudio:

Variable independiente: Cenizas de eucalipto y cenizas de sauco

Definición conceptual: “La Ceniza de Eucalipto es un material que está constituido por distintos constituyentes, que si se logra combinar con cal da lugar a nuevos compuestos que son insolubles permanentemente y estables que tienen comportamiento hidráulico”. (Salazar, 2017, p.3)

Definición conceptual: “La ceniza de sauco proviene de una planta originaria del Perú, de copa irregular y verde claro característico, con muchas aplicaciones medicinales”. (Quispe y Campos, 2022, p. 39)

Definición operacional: Se adicionará las cenizas de sauco y eucalipto en dosificaciones cuyos porcentajes son 1%, 3% y 5% para la ceniza de sauco y 3%, 6% y 8% para la ceniza de eucalipto, con respecto al peso de la muestra de suelo de la subrasante de la av. Saco Rojas, con el objetivo de mejorar sus propiedades físico mecánicas.

Dimensión: Dosificación.

Indicadores: 1%, 3% y 5% de ceniza de sauco y 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto en adición al suelo.

Escala de medición: Razón.

Variable dependiente: Estabilización de subrasante

Definición conceptual: “Estabilizar el suelo abarca el mejoramiento de sus de sus características y sus propiedades como resistencia, durabilidad, permeabilidad, plasticidad, densidad, etc.” (MTC, 2013, p.85)

Definición operacional: La estabilización del suelo se verifica mediante sus propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, las cuales se verán reflejadas en la mejora de estas. Se tiene que medir en 6 dimensiones como CBR, granulometría, densidad, límite de consistencia, óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca que son sus características, las cuales serán analizadas posteriormente en los ensayos de laboratorio.

Dimensión: Propiedades físico - mecánicas.

Indicadores: Granulometría, máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad, límites de consistencia y CBR.

Escala de medición: Razón.

### 3.3 Población, muestra y muestreo

Población:

“Definido de manera global una serie de expresiones de elementos derivados de la investigación y presentados en dominios espaciales” (Arias, 2012, p. 81). En el presente estudio la población será el número de calicatas a realizar, en la cual según la Norma Técnica CE 0.10 de Pavimentos Urbanos menciona que para avenidas arteriales se debe realizarse 1 calicata cada 1200 m<sup>2</sup>, la avenida Saco Rojas tiene 350 metros con un ancho de 10 metros, por lo tanto, se realizará 3 calicatas en su totalidad.

Tabla 7. *Puntos de investigación según el tipo de vía*

TIPO DE VÍA	NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Expresas	1 cada	1000
Arteriales	1 cada	1200
Colectoras	1 cada	1500
Locales	1 cada	1800

Fuente: Norma Técnica CE. 010 Pavimentos Urbanos

Criterios de inclusión:

“El criterio de inclusión, es la forma de delimitar los límites de la población, teniendo en cuenta todos sus aspectos, características de la comunidad estudiada” (Arias, 2012, p. 81). Para ello el estudio de investigación tomará en cuenta solo la Av. Saco Rojas, ubicada en el distrito de Carabayllo, provincia de Lima.

Criterios de exclusión:

“Se define como a una delimitación encima de la comunidad que no incluye los rasgos y características de la comunidad estudiada” (Arias, 2012, p. 105). En la investigación se excluye las demás avenidas de la ciudad de Lima, debido a la gran cantidad de avenidas que será posteriormente un pavimento flexible.

Muestra:

“Una muestra es un enfoque selectivo de una sola vez que es auto representativo” (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018, p. 94). Para la

investigación las muestras serán extraídas en base a lo indicado por la norma CE 010, el cual menciona que se debe realizar una calicata por cada 1200 m<sup>2</sup>.

Además, en la investigación también se realizará ensayos para determinar sus propiedades físicas del suelo en la capa subrasante, siendo los ensayos de límites de consistencia (ASTM D 4318), Proctor (ASTM D 698), máxima densidad seca (ASTM D 6938), CBR (ASTM D 1883), granulometría (ASTM D 422) y la clasificación de suelos SUCS (ASTM D 2487)

Muestreo:

“El muestreo se basa en recaudar una porción de la población y estudiar una de sus características” (Arias, 2012, p.45). En la investigación se obtendrá una muestra representativa por medio de un cuarteo manual según la norma ASTM C 702, con la finalidad de reducir las muestras de campo a muestras de ensayo.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de investigación

“Esto incluye desarrollar y explicar un plan detallado para recopilar la información necesaria. Este estudio utiliza métodos de recolección de valores, pruebas de laboratorio, análisis e interpretación de resultados” (Arias, 2012, p. 53). En la investigación se logra aplicar la técnica de la observación directa para controlar los datos del investigador, además de manejar las variables de estudio en distintas condiciones.

Observación directa:

En el cual Baena conceptualiza lo siguiente: “La observación directa el mismo investigador tiene que recolectar la información; no abordando las cuestiones antes mencionadas, la cual tiene que aprovechar de forma directa su sentido de observación” (2017, p. 72).

Instrumentos de recolección de datos:

“Para poder generar un instrumento que genere una amplia exactitud, este será aquello que pueda apuntar a la data en su totalidad, debido que logra describir el objetivo del estudio planteado” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 314). Para recolectar los datos de la investigación se realiza una ficha para recolectar datos la cual fue previamente validada y revisada mediante juicio de expertos.

Validez:

“Esto incluye garantizar que los resultados sean el resultado de variables independientes, no otras condiciones que puedan intervenir y controlar.” (Arias, 2012, p. 36). Para ello se evaluará el instrumento mediante tres (03) expertos que tenga una gran experiencia para demostrar la confiabilidad de la presente investigación.

Confiabilidad:

“La confiabilidad de un instrumento de medición en particular indica que cuando se administra, debe producir los mismos resultados en la misma muestra” (Chacón y De la Cruz, 2020, p. 44). La confiabilidad de la investigación está respaldada por los distintos certificados de calibración sobre los equipos y materiales de laboratorio que serán empleados en las pruebas distintas mencionadas, las mismas pruebas se recomienda que un experto en la materia realice pruebas similares y de acuerdo con las normas ASTM.

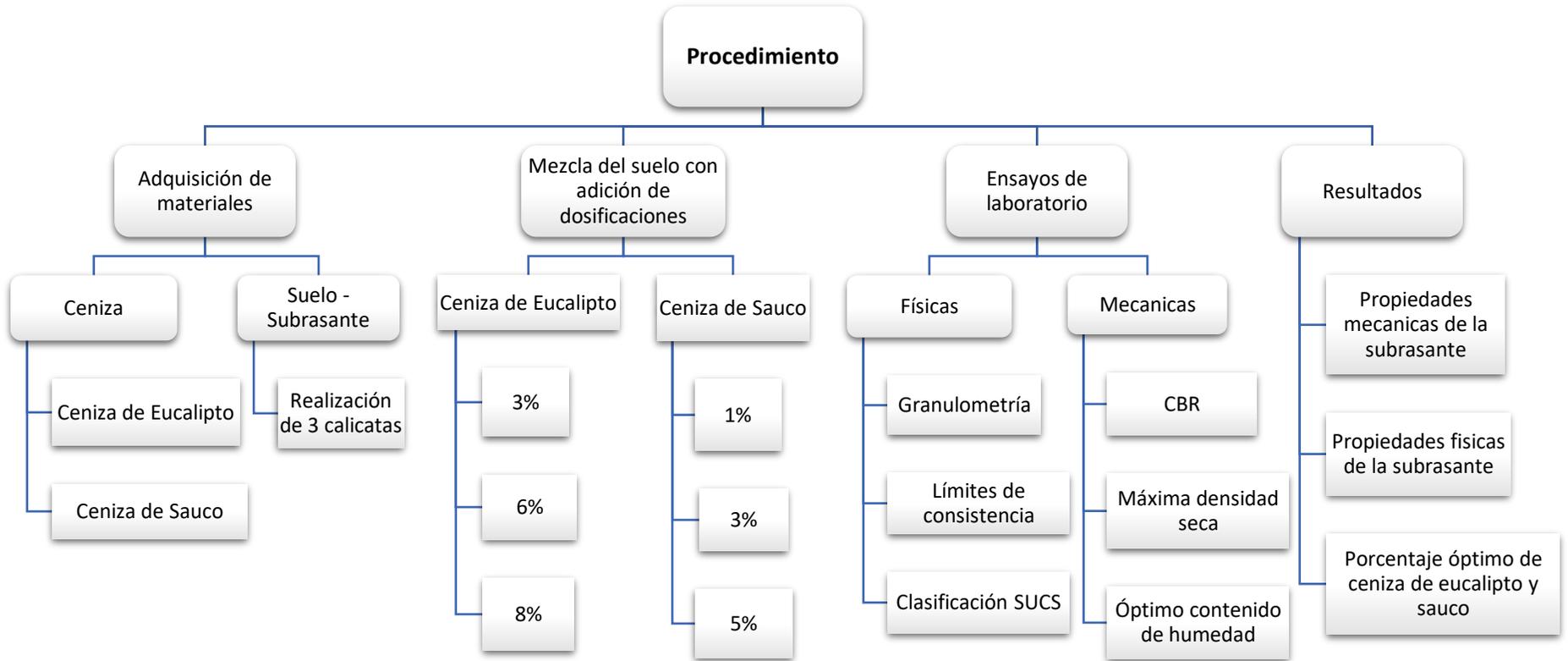
### 3.5 Procedimientos

En primer lugar, se obtendrá las muestras para la investigación para ello se realizó previamente trabajos previos de exploración y muestreo de los suelos la cual será obtenida de acuerdo a las cantidades especificadas en la Norma Técnica Peruana (por ensayo), con especial atención al rotulado e identificación de contenedores y transporte al laboratorio, referido según la NTP 339.151.

Posteriormente, se realizará tres calicatas en el área de intervención, la altura mínima de exploración es de 1.50 metros por debajo de la cota de la vía según la norma ce 0.10, la muestra se tomará a partir de 2.00 metros. Los puntos para el muestreo están ubicados en la Av. Saco Rojas, ubicada en el distrito de Carabaylo, provincia de Lima.

Luego de obtener las muestras del suelo en su estado natural de los diferentes tres puntos de muestreo, con el fin de obtener los resultados de su clasificación, logrando analizar sus propiedades físicas y mecánicas.

**Figura 24.** Procedimiento de la investigación



*Fuente: Elaboración propia*

a) Obtención de las cenizas de eucalipto (CE) y cenizas de sauco (CS)

Recolección: Para el inicio de obtener las hojas de Eucalipto fue por la zona El Salvador ubicado en Chepén provincia de La Libertad, se puede observar que abunda gran cantidad de árboles de Eucalipto y en la siguiente figura se observa las hojas de sauco las cuales fueron recogidas del mismo lugar.

**Figura 25.** Ubicación de la hoja de eucalipto y sauco – zona El Salvador



*Fuente: Elaboración propia*

Se procederá con la recolección de las hojas de un área cuyo propietario es el sr. Higinio, que se ubica en Chepén, departamento de La Libertad.

**Figura 26.** Recolección de las hojas de eucalipto



*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 27.** Recolección de las hojas de sauco



*Fuente: Elaboración propia*

Secado: Posteriormente se procedió a realizar el secado de las hojas a la intemperie protegiéndolo de las precipitaciones pluviales .

**Figura 28.** Recolección de las hojas de sauco y eucalipto



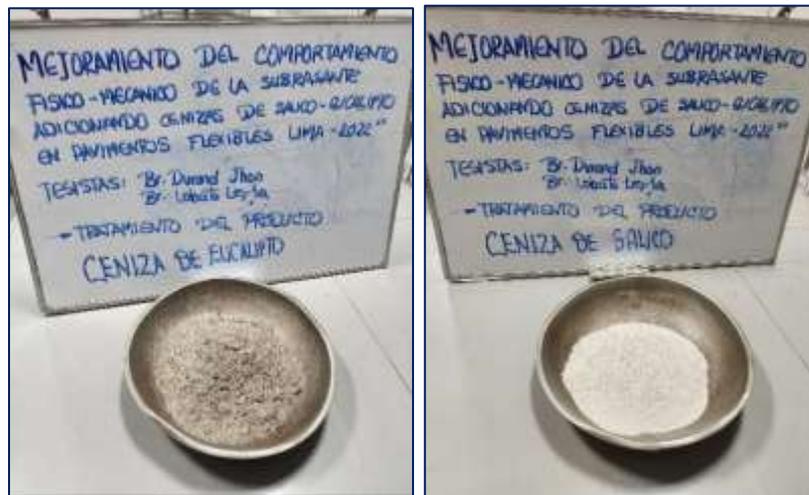
*Fuente: Elaboración propia*

Incineración: Para el proceso de calcinación de las hojas se ha realizado en un horno, el cual ha sido controlado con una temperatura de referencia de las investigaciones leídas.

Tamizado: Se procedió con realizar el tamizado de la ceniza que ha sido obtenida de la calcinación, la cual ha sido pasado por el tamiz N°50 para

realizar la separación de la ceniza de los escombros que se obtuvieron de la quema.

**Figura 29.** Tamizaje de las hojas de sauco y eucalipto



*Fuente: Elaboración propia*

Posteriormente, se realizó la activación de la ceniza en una Mufla a una temperatura de 600 °C durante 2 horas.

**Figura 30.** Colocación de hojas en el horno para su calcinación



*Fuente: Elaboración propia*

La metodología a usarse fue la “Acenización” que consiste en la calcinación de la muestra en una mufla a 600°C por 3 horas.

**Figura 31.** Cenizas activadas a 600 °C



*Fuente: Elaboración propia*

b) Obtención del material del suelo

Se procedió a ir a campo para lograr obtener la recolección de las muestras de las 03 calicatas realizadas en la zona de trabajo, la cual ha sido a una profundidad de 1.50m de acuerdo a los lineamientos de la Norma CE-010 – Pavimentos Urbanos. Las muestras se colocaron en bolsas plásticas para posteriormente transportarlas al laboratorio y proceder con los ensayos.

**Tabla 8.** Profundidad de las calicatas

Calicata	C-01	C-02	C-03
Profundidad (m)	1.5	1.5	1.5

*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 32.** Vista de la Av. Saco Rojas



*Fuente: Elaboración propia.*

c) Ensayos de laboratorio

Para este proyecto “los resultados se obtuvieron del suelo natural de la Av. Saco Rojas del distrito de Carabayllo con 1%, 3% y 5% de ceniza de saúco (CS) y 3%, 6% y 8% de ceniza de hoja de eucalipto (CE). Para coincidir con las medidas proporcionadas, estas pruebas cumplen con las normas pertinentes de ASTM y MTC en el Manual de pruebas de materiales. Las pruebas se realizaron en suelos naturales C-01, C-02 y C-03, sin embargo, la CE y CS se añadió únicamente para la calicata C-02 y C-03, porque C-01 tiene el mismo tipo de suelo que el pozo anterior. Las pruebas realizadas en el estudio son:

- Ensayos Granulométrico: norma ASTM D-422 - NTP 339.128/MTC E 107 (ver anexo).

**Figura 33.** Ensayo de granulometría



- Contenido de humedad: Norma ASTM D-2216 - NTP 339.127/MTC E-108 (ver anexo).
- Clasificación de suelos: Norma ASTM D-2487 (ver anexo).
- Límite Líquido (LL), Límite Plástico (L.P.) e Índice de Plasticidad (IP): Norma ASTM D 4318 - NTP 339.129/ MTC E 110,111. (ver anexo).

**Figura 34.** Límite Líquido



- Compactación de suelos (Proctor Modificado): Norma ASTM D 1557 - NTP 339.141/MTC E 115. (ver anexo).

**Figura 35.** Compactación de suelos



- CBR de suelos (Laboratorio): Norma ASTM D 1883 - NTP 339.145 / MTC E 132 (ver anexo).

**Figura 36.** Ensayo de CBR



### 3.6 Método de análisis de datos

“Describe las diversas acciones que se realizan en los valores recibidos: clasificación, registro, cifrado y programación.” (Arias, 2012, p. 111). En el presente estudio se utilizó un método inductivo, porque la investigación se realizó en laboratorio y campo, estos métodos son la base para las conclusiones, resultados de laboratorio se explicaron con tablas comparativas, gráficos estadísticos, incluyendo variables independientes y mediciones. Usar software para analizar datos. Primero, se utilizará la prueba de normalidad debido a que la investigación tiene enfoque cuantitativo.

Prueba de normalidad: Se emplea para evaluar si los valores obtenidos se distribuyen naturalmente o no, es decir, se recopilan por alguna razón. O parámetros o no analizados de acuerdo con el coeficiente de asociación de la persona para el análisis de parámetros, de lo contrario el coeficiente de conexión de Spearman con el análisis de un análisis de no análisis.

### 3.7 Aspectos éticos

En el trabajo se realizará bajo completa respeto, honradez y confianza bajo la norma ISO 690-2017 con las distintas resoluciones respectivas, respetando la veracidad de los resultados a obtener, garantizando no tener plagio con otras investigaciones, el cual es un compromiso de la investigación además de cumplir el procedimiento establecido.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

Nombre del proyecto:

“Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022”.

Ubicación política:

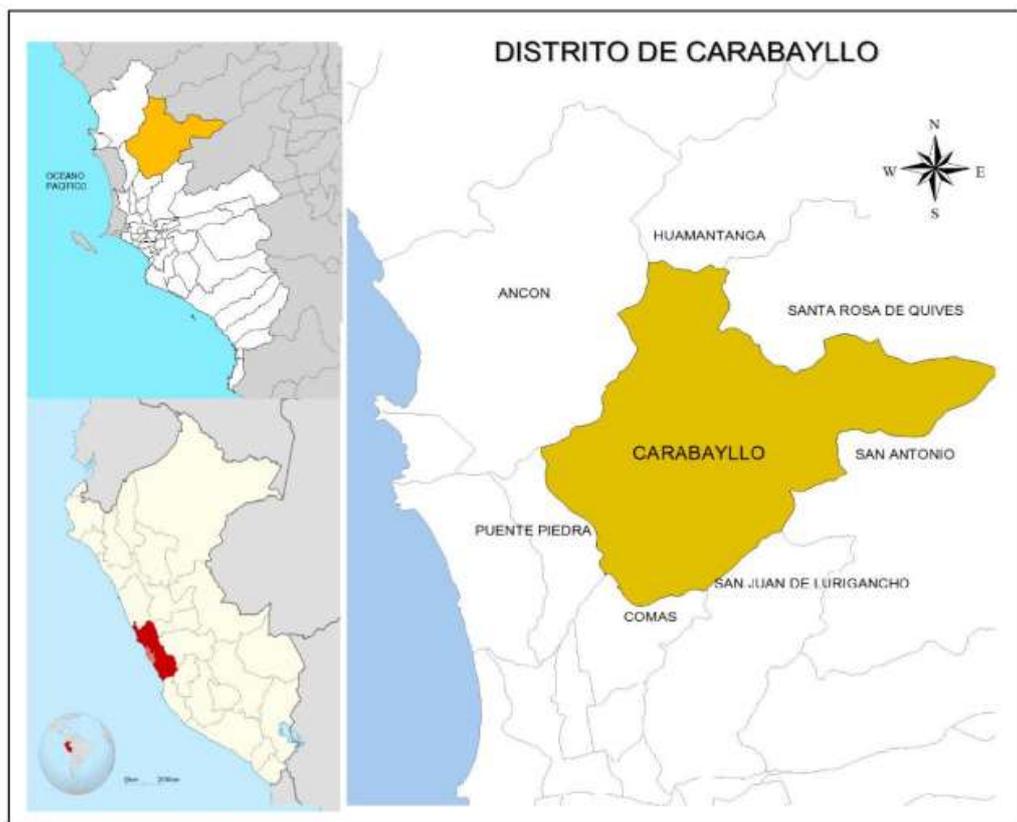
La zona de estudio de esta investigación, se ubica en la Av. Saco Rojas:

Departamento : Lima

Provincia : Lima

Distrito : Carabayllo

**Figura 37.** Ubicación política de Carabayllo



*Fuente: Elaboración propia.*

Límites:

El distrito de Carabayllo, perteneciente a la provincia de Lima:

Por el Norte : Con el distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta.

Por el Sur : Con el distrito de Comas.

Por el Este : Con el distrito de San Juan de Lurigancho.

Ubicación Geográfica:

El distrito de Carabayllo presenta como Latitud: 11° 51' 00" Sur y Longitud: 77° 02' 00" Oeste. Está situada a 230-500 m s. n. m. y tiene un área de superficie de 346.89 km<sup>2</sup>.

**Figura 38.** a) Vista del distrito de Carabayllo b) Plaza de armas de Carabayllo



**(a)**



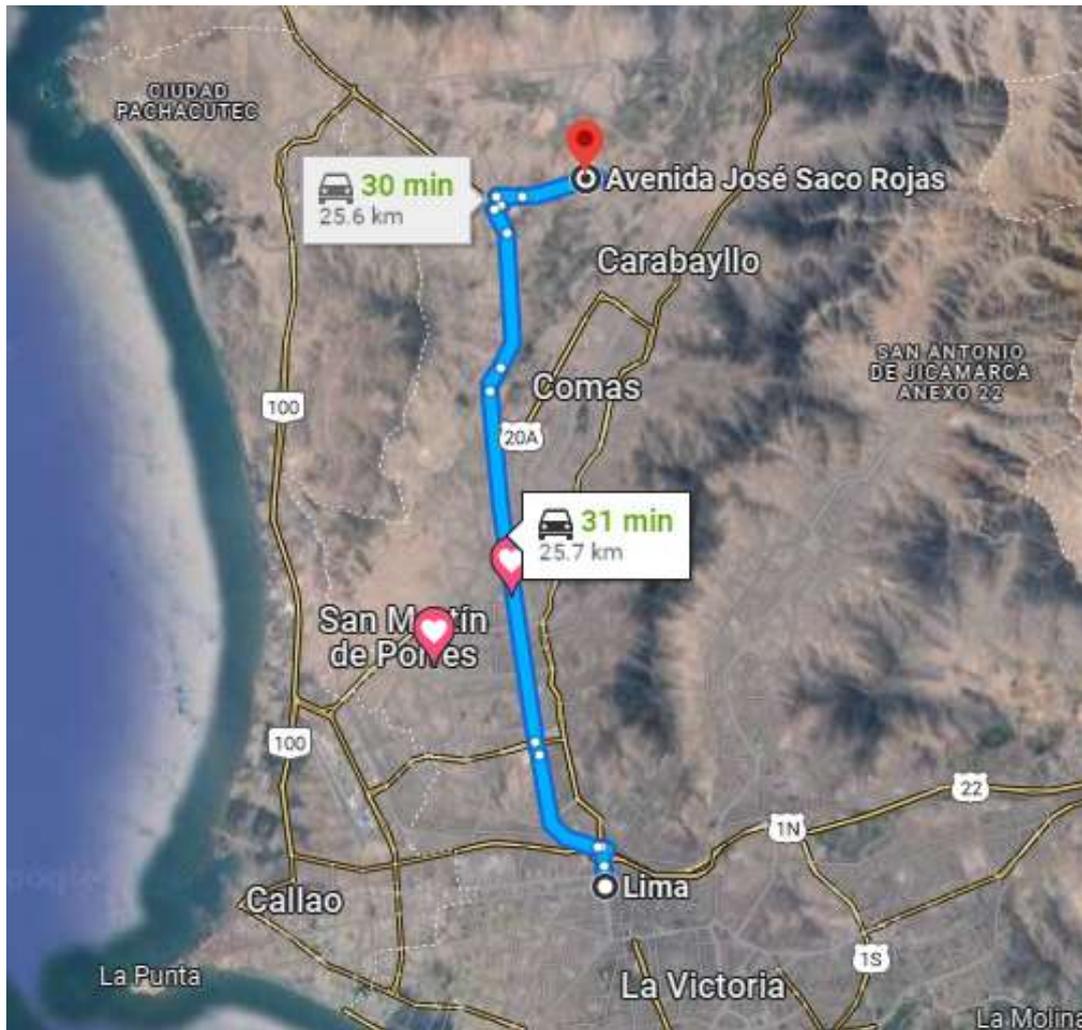
**(b)**

*Fuente: viajestours.com*

Vías de transporte y tiempo de llegada a Carabayllo:

La ruta más corta de Lima a Carabayllo, la distancia es de 37 km, y el tiempo de viaje es de aproximadamente 1 hora y 9 minutos. Vea rutas alternativas y planifique cómo conducir desde Cercado de Lima, Perú a Carabayllo, Perú utilizando la mejor ruta.

**Figura 39.** Accesibilidad a la zona de estudio desde el centro de Lima



*Fuente: Google Maps*

**Clima:**

Los veranos de Carabayllo son calurosos, secos y nublados, y los inviernos son largos, frescos, secos y mayormente despejados. Las temperaturas durante todo el año generalmente oscilan entre 15 °C y 28 °C, y rara vez caen por debajo de los 14 °C o por encima de los 30 °C.

Según el índice de turismo, la mejor época del año para visitar Carabayllo en clima cálido es desde mediados de abril hasta finales de octubre.

## 4.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

### TRABAJO DE CAMPO:

Para el reconocimiento se procedió con un sondeo y se analizó la zona de trabajo la Av. Saco Rojas, para ello se realizó 3 calicatas en diferentes puntos de la avenida, teniendo como base para su ejecución la norma de Pavimentos Urbanos CE.010.

**Figura 40.** Inicio de calicatas en la Av. Saco Rojas



*Fuente: Elaboración propia.*

### TRABAJO EN LABORATORIO:

En la presente investigación, los resultados que se obtuvieron, fueron de las muestras extraídas de los suelos de área de estudio. Dichas muestras fueron extraídas de la subrasante de la Av. Saco Rojas, ubicada en el distrito de Carabayllo, provincia de Lima. Luego, se realizó los ensayos propuestos que son Granulometría, Límites de Consistencia, Clasificación de Suelos, CBR y Proctor Modificado para calicatas codificadas como C01, C02 y C03 de suelo natural. Posteriormente, ensayos se realizaron adicionando el 1%, 3% y 5% de ceniza de Sauco y 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto con la finalidad de determinar cuál es la influencia al adicionar estos porcentajes en las muestras de suelo.

Objetivo Específico 1: Determinar cómo influye la adición de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades físicas en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022

## GRANULOMETRÍA

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas de granulometría y granulometría SUCS obtenidos en los pozos de prueba de muestra; Los resultados se muestran más adelante para los límites de consistencia natural del suelo para 3 pozos con dosis adicionales de ceniza de saúco y eucalipto.

En primer lugar, la muestra obtenida fue reducida a tamaño de ensayo para ello se realizó el cuarteo de la muestra que fue llevada a laboratorio, las muestras fueron homogenizadas para finalmente ser dividir las en forma de cruz, los cuartos opuestos de la muestra se descartaron 2 de 4 cuartos.

**Figura 41.** Cuarteo del material



*Fuente: Elaboración propia.*

### Análisis Granulométrico por tamizado

Se realizó este ensayo con la finalidad de conocer la distribución de partículas según su el tamaño de las partículas que tienen las muestras del suelo en las 3 calicatas, para ello se utilizó un juego de tamices las cuales tienen diferentes variaciones de aberturas, el presente ensayo se aplicó realizando el procedimiento descrito en la ASTM D-422 - NTP 339.128

Calicata C-01: A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el laboratorio de la muestra extraída de la calicata anteriormente mencionada.

**Figura 42.** Realización de la granulometría en la C-03



*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 9.** Granulometría de la C-01 del suelo natural

<b>MALLA</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>	<b>PESO RETENIDO</b>	<b>% RETENIDO</b>	<b>% RETENIDO ACUMULADO</b>	<b>% QUE PASA</b>
<b>1 ½"</b>	38.1	-	-	-	100.00
<b>1"</b>	25.4	-	-	-	100.00
<b>¾"</b>	19.05	-	-	-	100.00
<b>½"</b>	12.7	-	-	-	100.00
<b>⅜"</b>	9.525	-	-	-	100.00
<b>N° 4</b>	4.75	20.67	2.58	2.58	97.42
<b>N° 8</b>	2.38	65.11	8.1	10.7	89.28
<b>N° 10</b>	2	30.49	3.8	14.5	85.47
<b>N° 16</b>	1.19	88.50	11.1	25.6	74.41
<b>N° 30</b>	0.59	92.12	11.5	37.1	62.90
<b>N° 40</b>	0.426	55.61	6.9	44.0	55.95
<b>N° 50</b>	0.297	36.47	4.6	48.6	51.40
<b>N° 100</b>	0.149	50.79	6.3	54.9	45.05
<b>N° 200</b>	0.075	18.63	2.3	57.3	42.72
<b>&lt; N° 200</b>		20.67	42.7	100.0	0.00

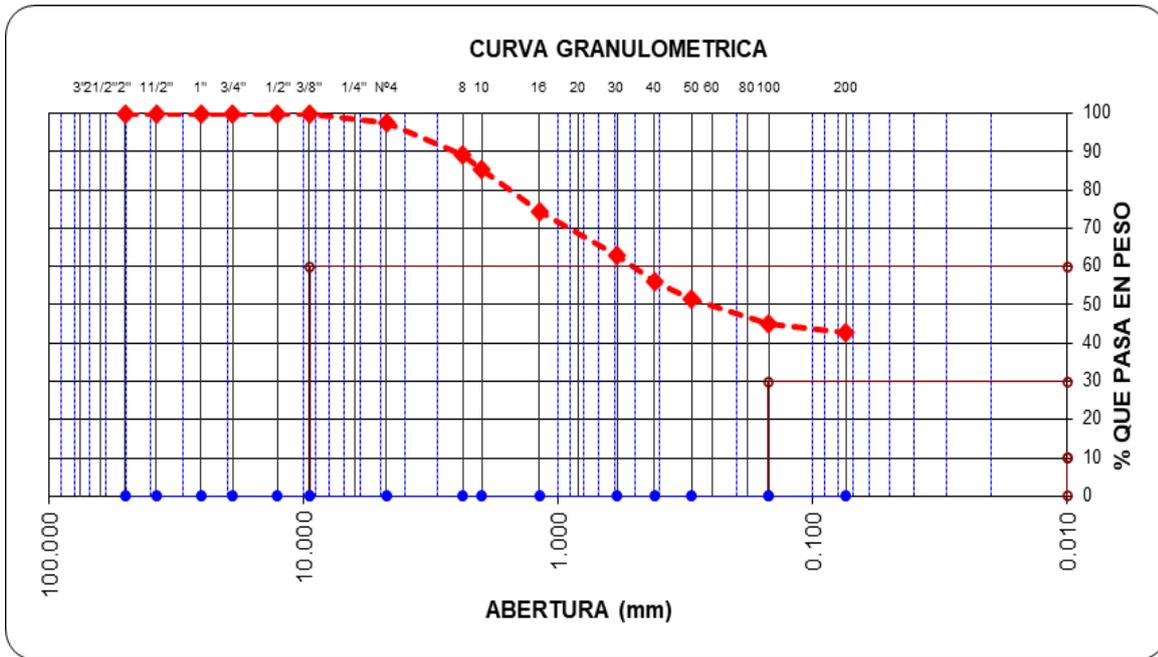
*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 10. Composición granulométrica

CALICATA	% GRAVA	% ARENA	% FINOS
C-01	2.58	54.69	42.72

Fuente: Elaboración propia.

Figura 43. Curva Granulométrica C-01



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 31 se verificó la varianza existente en función del porcentaje de suelo (C-01) que pasa y el resultado en la curva granulométrica.

En la tabla 9 se logra apreciar que la fracción que predomina en la muestra es el % de arena debido que representa el 54.69%, seguido de los finos con un valor de 42.72% y finalmente las gravas con un 2.58%. Al realizar la suma de la fracción que se encuentra compuesta por las partículas finas (arena + finos), representa un valor de 100%, la cual es una característica típica de un suelo granular.

Calicata C-02: A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el laboratorio de la muestra extraída de la calicata anteriormente mencionada.

Tabla 11. Granulometría de la C-02 del suelo natural

MALLA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 ½"	38.1	-	-	-	100.00
1"	25.4	-	-	-	100.00
¾"	19.05	-	-	-	100.00
½"	12.7	-	-	-	100.00
⅜"	9.525	-	-	-	100.00
N° 4	4.75	0.00	0.00	0.00	97.44
N° 8	2.38	41.32	2.56	2.56	91.54
N° 10	2	95.30	5.90	8.46	88.05
N° 16	1.19	56.32	3.49	11.95	82.26
N° 30	0.59	93.40	5.79	17.74	79.03
N° 40	0.426	52.10	3.23	20.97	76.11
N° 50	0.297	47.20	2.92	23.89	60.00
N° 100	0.149	260.00	16.11	40.00	38.31
N° 200	0.075	350.00	21.69	61.69	0.00
< N° 200		618.36			

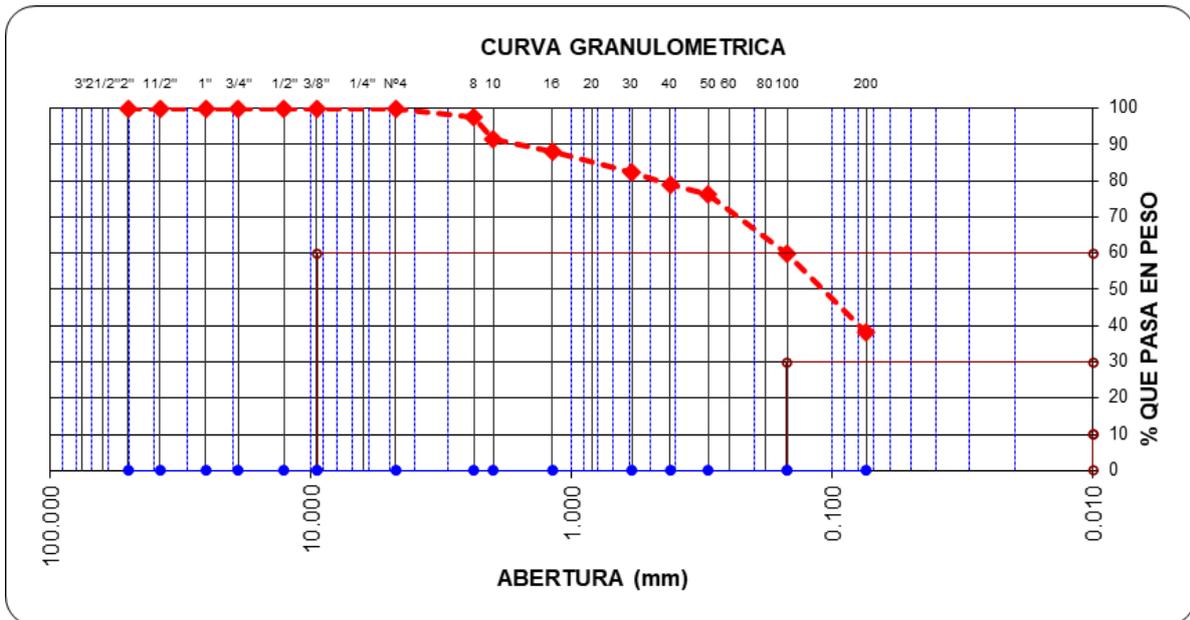
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Composición granulométrica

CALICATA	% GRAVA	% ARENA	% FINOS
C-02	0.00	61.69	38.31

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 44.** Curva Granulométrica C-02



*Fuente: Elaboración propia.*

Interpretación: En la figura 32 se observa la varianza existente en función del porcentaje de suelo (C-02) que pasa y el resultado en la curva granulométrica.

En la tabla 10 se logra apreciar que la fracción que predomina en la muestra es el % de arena debido que representa el 61.69%, seguido de los finos con un valor de 61.69% y finalmente las gravas con un 0.00%. Al realizar la suma de la fracción que se encuentra compuesta por las partículas finas (arena + finos), representa un valor de 100%, la cual es una característica típica de un suelo granular.

Calicata C-03: A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el laboratorio de la muestra extraída de la calicata anteriormente mencionada.

Tabla 13. Granulometría de la C-03 del suelo natural

MALLA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 ½"	38.1	-	-	-	100.00
1"	25.4	-	-	-	100.00
¾"	19.05	-	-	-	100.00
½"	12.7	-	-	-	100.00
⅜"	9.525	-	-	-	100.00
N° 4	4.75	0.00	0.00	0.00	92.05
N° 8	2.38	59.14	7.95	7.95	86.31
N° 10	2	42.67	5.74	13.69	75.49
N° 16	1.19	80.46	10.82	24.51	65.66
N° 30	0.59	73.10	9.83	34.34	62.60
N° 40	0.426	22.75	3.06	37.40	53.84
N° 50	0.297	65.12	8.76	46.16	46.46
N° 100	0.149	54.90	7.38	53.54	43.34
N° 200	0.075	23.16	3.11	56.66	0.00
< N° 200		322.30			

Fuente: Elaboración propia.

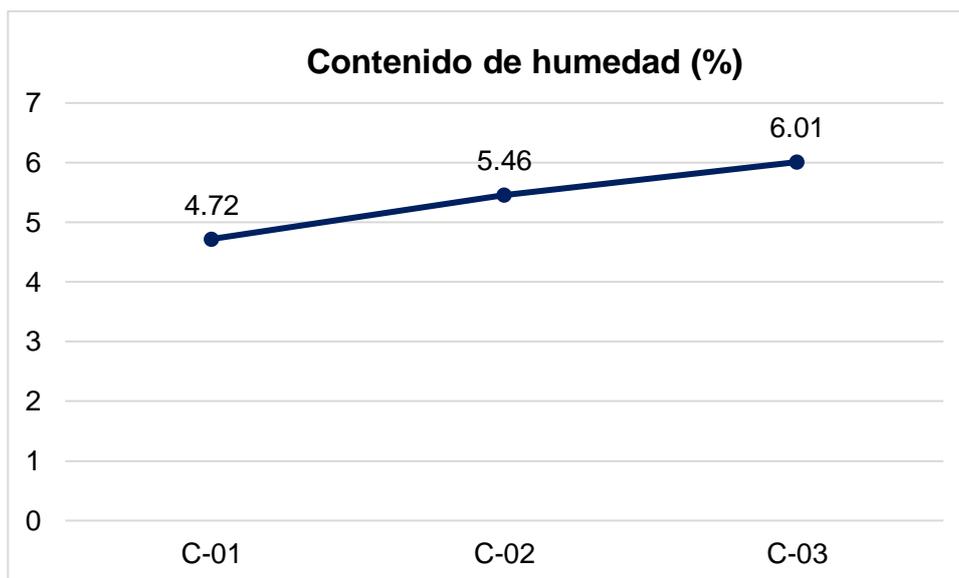
Tabla 14. Composición granulométrica

CALICATA	% GRAVA	% ARENA	% FINOS
C-03	0.00	56.66	43.34

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 46.** Curva del contenido de humedad



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 47.** Contenido de humedad del suelo natural



*Fuente: Elaboración propia.*

Interpretación: Se puede observar en la figura 35 y la tabla 13 los resultados del contenido de humedad de las calicatas C-01, C-02 y C-03, obteniendo los valores de 4.72%, 5.46% y 6.01% respectivamente.

Además, el valor del contenido de humedad obtenido para cada muestra de las calicatas, brinda una referencia para entender si este contenido de humedad es mayor o menor, con la finalidad de posteriormente aplicar el método de compactación.

## Clasificación de suelos SUCS Y AASTHO

Los resultados muestran propiedades similares con respecto a la clasificación de los suelos de las muestras extraídas de las calicatas.

Tabla 16. *Clasificación de los suelos*

Calicata	C-01	C-02	C-03
Profundidad (m)	1.5	1.5	1.5
Muestra	M-1	M-2	M-3
Grava (%)	2.58	0.00	0.00
Arena (%)	54.69	61.69	56.66
Finos (%)	42.72	38.31	43.34
Clasificación SUCS	SC	SC	SC
Clasificación AASHTO	A-6(1)	A-6(1)	A-6(1)

*Fuente: Elaboración propia.*

Interpretación: En la tabla 14 se aprecia la clasificación de suelos por SUCS y AASHTO, dichas muestras presentaron una igualdad en su clasificación, obteniendo que el suelo de la Av. Saco Rojas es un suelo de tipo Arena Arcillosa (SC) para las tres calicatas.

### Límites de consistencia

Luego de realizar los ensayos en el laboratorio de las muestras representativas extraídas de las calicatas, se pudo hallar el límite líquido de en cada muestra de suelo.

**Figura 48.** Límite líquido del suelo natural



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 49.** Límite plástico del suelo natural



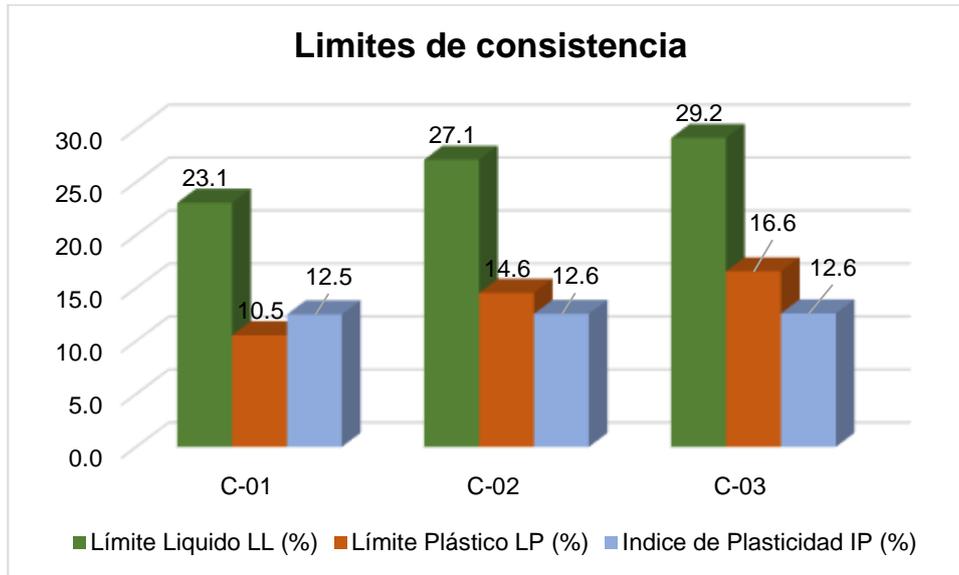
*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 17.** Límites de consistencia del suelo natural

Descripción	C-01	C-02	C-03
Límite Líquido LL (%)	23.05	27.12	29.18
Límite Plástico LP (%)	10.54	14.55	16.58
Índice de Plasticidad IP (%)	12.51	12.57	12.60

*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 50.** Límite de consistencia del suelo natural



*Fuente: Elaboración propia.*

Interpretación: En la tabla 15 y figura 38, se aprecia los resultados de los límites de consistencia de las muestras de suelo natural de las calicatas mencionadas anteriormente, obteniendo que la que la muestra de la C-01 tiene un LL de 23.05%, un LP de 10.54% y un IP de 12.51%. Los resultados obteniendo en la C-02 son un LL de 27.12%, un LP de 14.55% y un IP de 12.57%. Por última, en la C-03 se observa un LL de 29.18%, un LP de 16.58% y un IP de 12.60% respectivamente.

Posteriormente, se precedió a incorporar ceniza de eucalipto (CE) y ceniza de sauco (CS) en diferentes porcentajes a las muestras de suelo con la finalidad de hallar sus límites de consistencia.

**Figura 51.** Límite líquido adicionando 3%CE + 1%CS (C-01)



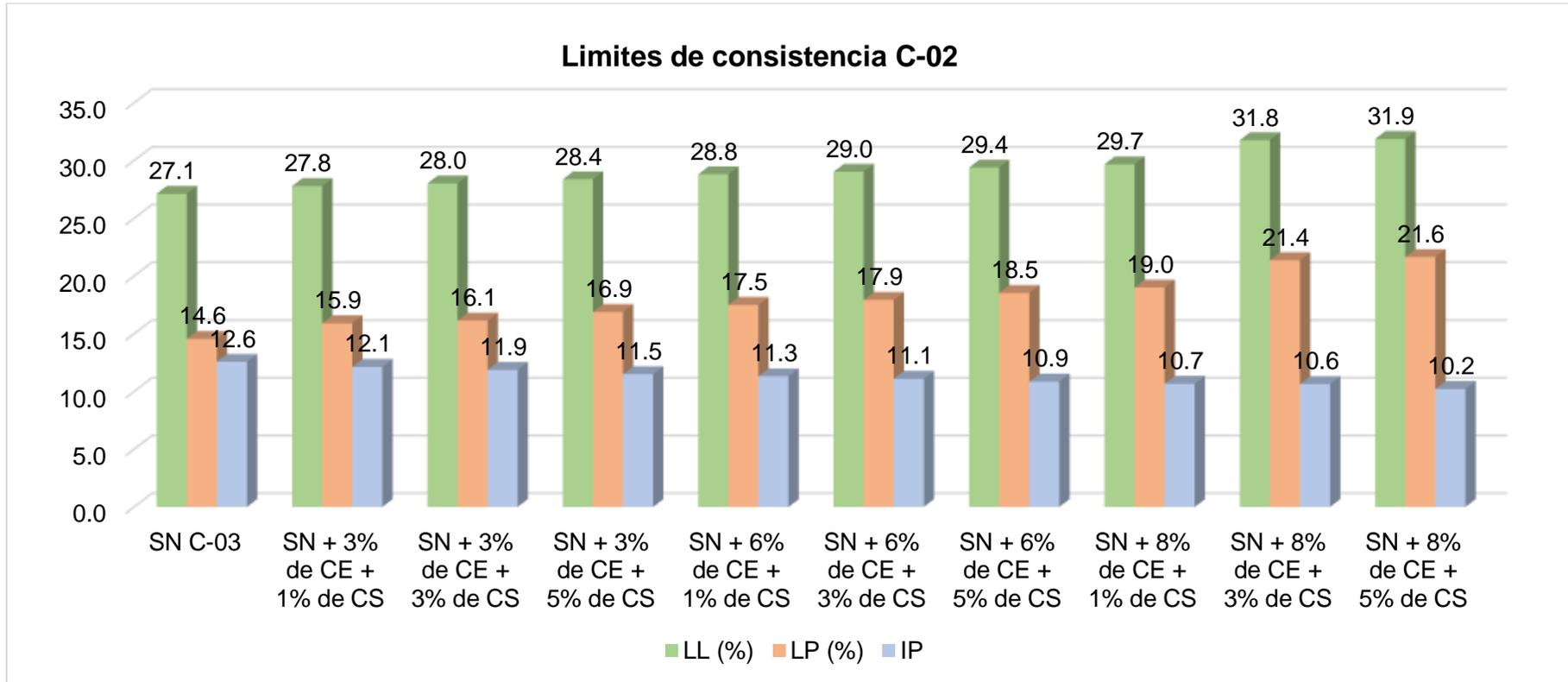
*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 18.** Límites de consistencia adicionando CE y CS al suelo natural C-02

<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>				
<b>Mezclas</b>		<b>LL (%)</b>	<b>LP (%)</b>	<b>IP (%)</b>
<b>C-02</b>	<b>Suelo natural</b>	<b>27.12</b>	<b>14.55</b>	<b>12.57</b>
	Suelo natural + 3% de CE + 1% de CS	27.79	15.91	12.13
	Suelo natural + 3% de CE + 3% de CS	28.02	16.14	11.87
	Suelo natural + 3% de CE + 5% de CS	28.38	16.88	11.50
	Suelo natural + 6% de CE + 1% de CS	28.81	17.50	11.31
	Suelo natural + 6% de CE + 3% de CS	29.03	17.93	11.10
	Suelo natural + 6% de CE + 5% de CS	29.39	18.53	10.86
	Suelo natural + 8% de CE + 1% de CS	29.67	19.00	10.67
	Suelo natural + 8% de CE + 3% de CS	31.77	21.37	10.64
	Suelo natural + 8% de CE + 5% de CS	31.87	21.64	10.22

*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 52.** Límites de consistencia con adición de CE y CS (C-02)



**Fuente:** Elaboración propia

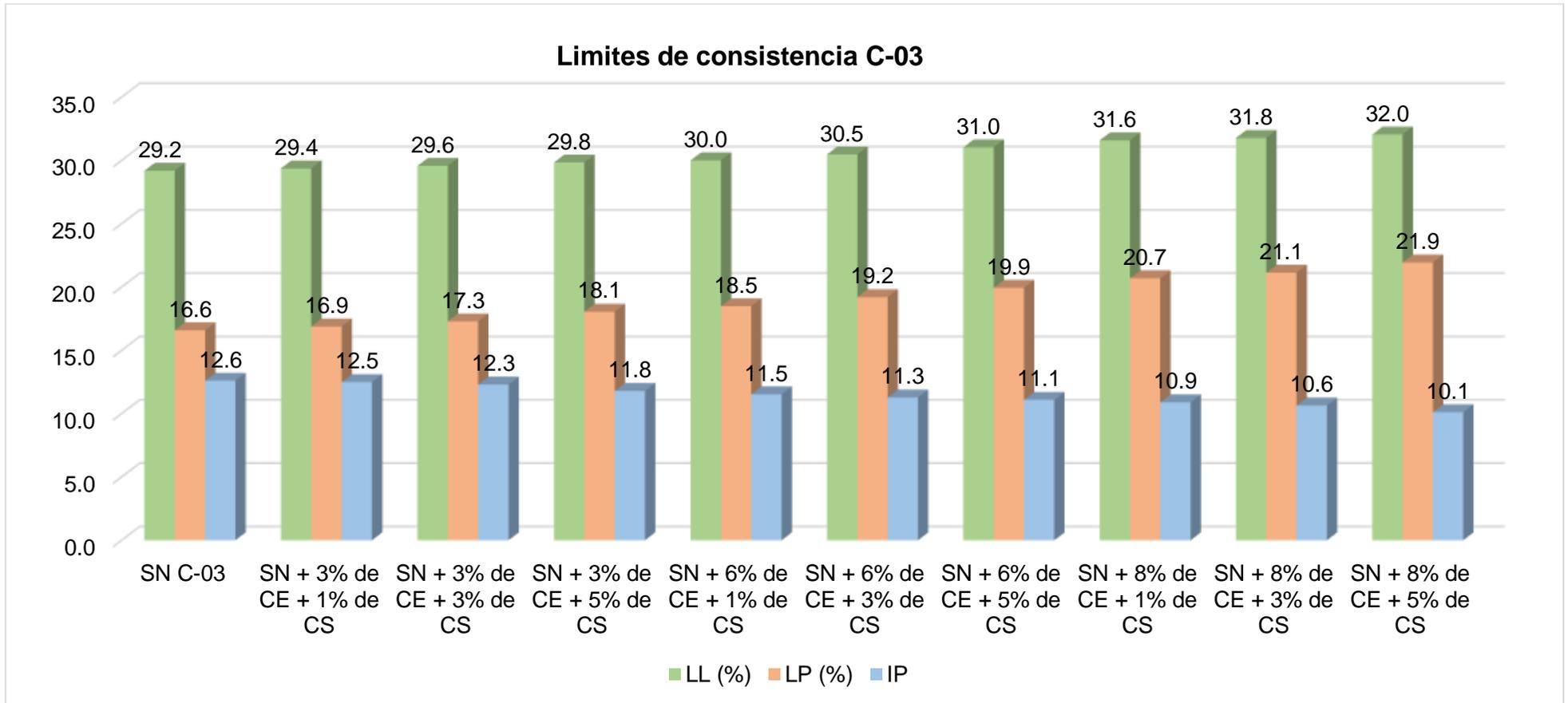
Interpretación: En la tabla 16 y figura 40 correspondiente a la C-02 se aprecia lo siguiente, el suelo natural tiene un valor de LL de 27.1%, un LP de 14.6% y un valor de IP de 12.6%; adicionando CE en 3% y CS en 1% se obtiene un LL de 27.8%, un LP de 15.9% y un valor de IP de 12.1%; adicionando CE en 3% y CS en 3% se obtiene un LL de 28%, un LP de 16.1% y un valor de IP de 11.9%; adicionando CE en 3% y CS en 5% se obtiene un LL de 28.4%, un LP de 16.9% y un valor de IP de 11.5%; adicionando CE en 6% y CS en 1% se obtiene un LL de 28.8%, un LP de 17.5% y un valor de IP de 11.3%; adicionando CE en 6% y CS en 3% se obtiene un LL de 29%, un LP de 17.5% y un valor de IP de 11.1%; adicionando CE en 6% y CS en 5% se obtiene un LL de 29.4%, un LP de 18.5% y un valor de IP de 10.9%; adicionando CE en 8% y CS en 1% se obtiene un LL de 29.7%, un LP de 19% y un valor de IP de 10.7%; adicionando CE en 8% y CS en 3% se obtiene un LL de 31.8%, un LP de 21.4% y un valor de IP de 10.6% y adicionando CE en 8% y CS en 5% se obtiene un LL de 31.9%, un LP de 21.6% y un valor de IP de 10.2% respectivamente.

Tabla 19. Límites de consistencia adicionando CE y CS al suelo natural C-03

<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>				
<b>Mezclas</b>		<b>LL (%)</b>	<b>LP (%)</b>	<b>IP (%)</b>
<b>C-03</b>	<b>Suelo natural</b>	<b>29.18</b>	<b>16.58</b>	<b>12.60</b>
	Suelo natural + 3% de CE + 1% de CS	29.36	16.88	12.49
	Suelo natural + 3% de CE + 3% de CS	29.57	17.28	12.29
	Suelo natural + 3% de CE + 5% de CS	29.84	18.05	11.79
	Suelo natural + 6% de CE + 1% de CS	30.00	18.48	11.52
	Suelo natural + 6% de CE + 3% de CS	30.47	19.20	11.27
	Suelo natural + 6% de CE + 5% de CS	31.03	19.94	11.09
	Suelo natural + 8% de CE + 1% de CS	31.58	20.69	10.89
	Suelo natural + 8% de CE + 3% de CS	31.77	21.13	10.64
	Suelo natural + 8% de CE + 5% de CS	32.04	21.94	10.11

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 53.** Límites de consistencia con adición de CE y CS (C-03)



**Fuente:** Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 17 y figura 41 correspondiente a la C-03 se aprecia lo siguiente, el suelo natural tiene un valor de LL de 29.2%, un LP de 16.6% y un valor de IP de 12.6%; adicionando CE en 3% y CS en 1% se obtiene un LL de 29.4%, un LP de 16.9% y un valor de IP de 12.5%; adicionando CE en 3% y CS en 3% se obtiene un LL de 29.6%, un LP de 17.3% y un valor de IP de 12.3%; adicionando CE en 3% y CS en 5% se obtiene un LL de 29.8%, un LP de 18.1% y un valor de IP de 11.8%; adicionando CE en 6% y CS en 1% se obtiene un LL de 30%, un LP de 18.5% y un valor de IP de 11.5%; adicionando CE en 6% y CS en 3% se obtiene un LL de 30.5%, un LP de 19.2% y un valor de IP de 11.3%; adicionando CE en 6% y CS en 5% se obtiene un LL de 31%, un LP de 19.9% y un valor de IP de 11.1%; adicionando CE en 8% y CS en 1% se obtiene un LL de 31.6%, un LP de 20.7% y un valor de IP de 10.9%; adicionando CE en 8% y CS en 3% se obtiene un LL de 31.8%, un LP de 21.1% y un valor de IP de 10.6% y adicionando CE en 8% y CS en 5% se obtiene un LL de 32%, un LP de 21.9% y un valor de IP de 10.1% respectivamente.

Interpretación final: Los resultados evidencian que el suelo natural de las muestras extraídas de las calicatas (C-01, C-02 y C-03), además el suelo con las 9 adiciones tanto de CE y CS, observando que el suelo presentó un valor de índice de plasticidad medio en todos los resultados ( $7 < IP \leq 20$ ), dichos resultados son característico de suelos arcillosos. Cabe resaltar que se logra evidenciar una disminución del IP con respecto a las adiciones.

Objetivo Específico 2: Determinar cómo influye la adición de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades mecánicas en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022

#### Proctor Modificado

Para el presente ensayo mecánico, se aplicará el método "C", esto se debe a que los resultados de la granulometría demostraron que son suelos encontrados son granulares, obteniendo 2 resultados el contenido de humedad bajo la relación de la densidad seca, logrando así obtener una curva de compactación.

**Figura 54.** Ensayo de proctor modificado



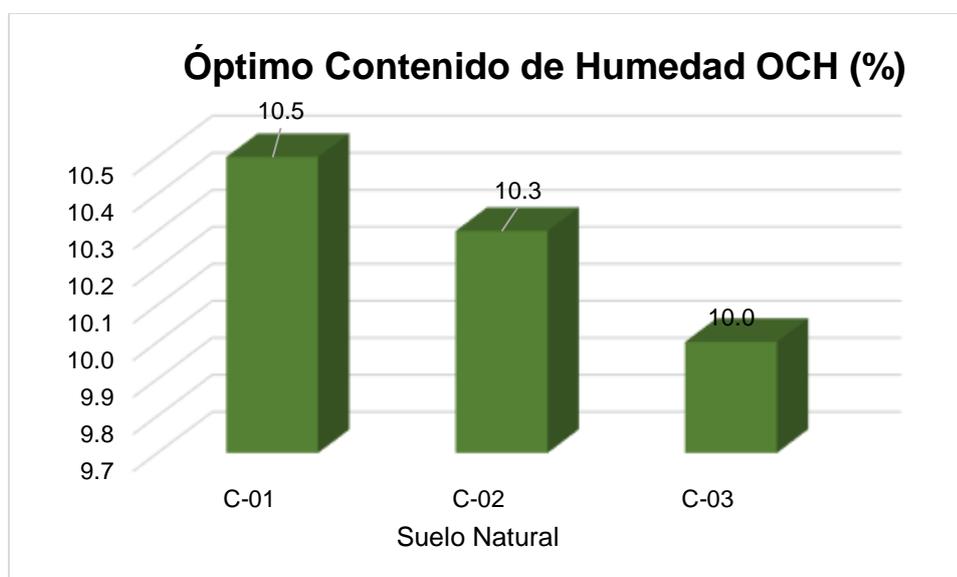
**Fuente:** Elaboración propia

Tabla 20. Óptimo contenido de humedad y MDS del suelo natural

Muestra	Tipo de suelo	Óptimo Contenido de Humedad OCH (%)	Máxima Densidad Seca MDS (g/cm <sup>3</sup> )
C-01	Suelo natural	10.5	1.905
C-02	Suelo natural	10.3	1.910
C-03	Suelo natural	10.0	1.902

**Fuente:** Elaboración propia

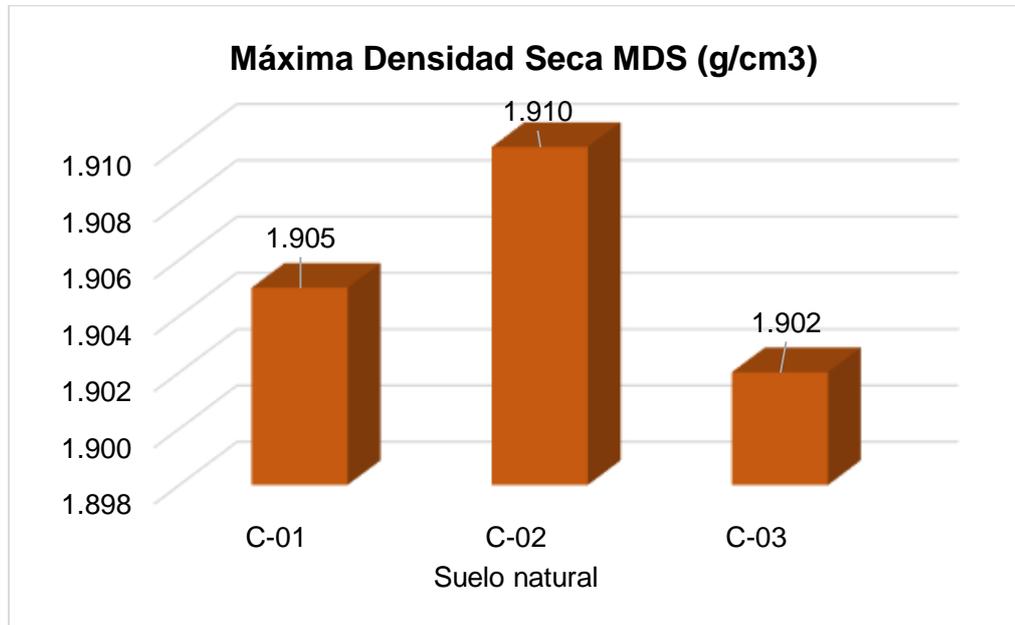
**Figura 55.** Óptimo contenido de humedad del suelo natural



**Fuente:** Elaboración propia

Interpretación: En la figura 43 se aprecia del suelo natural, el Óptimo Contenido de Humedad (OCH) de las muestras C-01, C-02 y C-03 obteniendo como resultado 10.5%, 10.3% y 10% respectivamente.

**Figura 56.** Máxima densidad seca MDS ( $g/cm^3$ )



**Fuente:** Elaboración propia

Interpretación: En la figura 43 se aprecia del suelo natural, la máxima densidad seca (MDS) de las muestras C-01, C-02 y C-03 obteniendo como resultado 1.905%, 1.910% y 1.902% respectivamente.

**Figura 57.** Proctor modificado adicionando CE y CS (C-02 + 3%CE+1%CS)



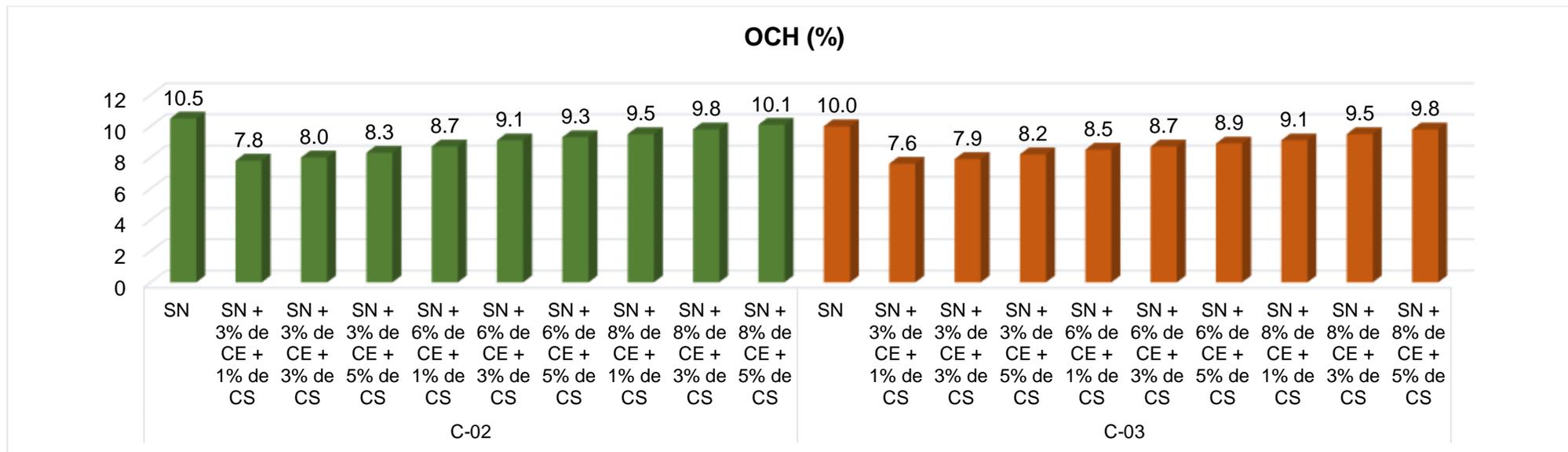
**Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 21. MDS y OCH del suelo natural adicionando CE y CS

Muestra	Identificación	Óptimo Contenido de Humedad OCH (%)	Máxima Densidad Seca MDS (gr/cm <sup>3</sup> )
C-02	<b>Suelo natural</b>	<b>10.5</b>	<b>1.910</b>
	Suelo natural + 3% de CE + 1% de CS	7.8	1.922
	Suelo natural + 3% de CE + 3% de CS	8.0	1.934
	Suelo natural + 3% de CE + 5% de CS	8.3	1.945
	Suelo natural + 6% de CE + 1% de CS	8.7	1.951
	Suelo natural + 6% de CE + 3% de CS	9.1	1.969
	Suelo natural + 6% de CE + 5% de CS	9.3	1.984
	Suelo natural + 8% de CE + 1% de CS	9.5	2.020
	Suelo natural + 8% de CE + 3% de CS	9.8	1.985
	Suelo natural + 8% de CE + 5% de CS	10.1	1.978
C-03	<b>Suelo natural</b>	<b>10.0</b>	<b>1.902</b>
	Suelo natural + 3% de CE + 1% de CS	7.6	1.914
	Suelo natural + 3% de CE + 3% de CS	7.9	1.922
	Suelo natural + 3% de CE + 5% de CS	8.2	1.931
	Suelo natural + 6% de CE + 1% de CS	8.5	1.942
	Suelo natural + 6% de CE + 3% de CS	8.7	1.949
	Suelo natural + 6% de CE + 5% de CS	8.9	1.964
	Suelo natural + 8% de CE + 1% de CS	9.1	2.010
	Suelo natural + 8% de CE + 3% de CS	9.5	1.980
	Suelo natural + 8% de CE + 5% de CS	9.8	1.975

Fuente: Elaboración propia.

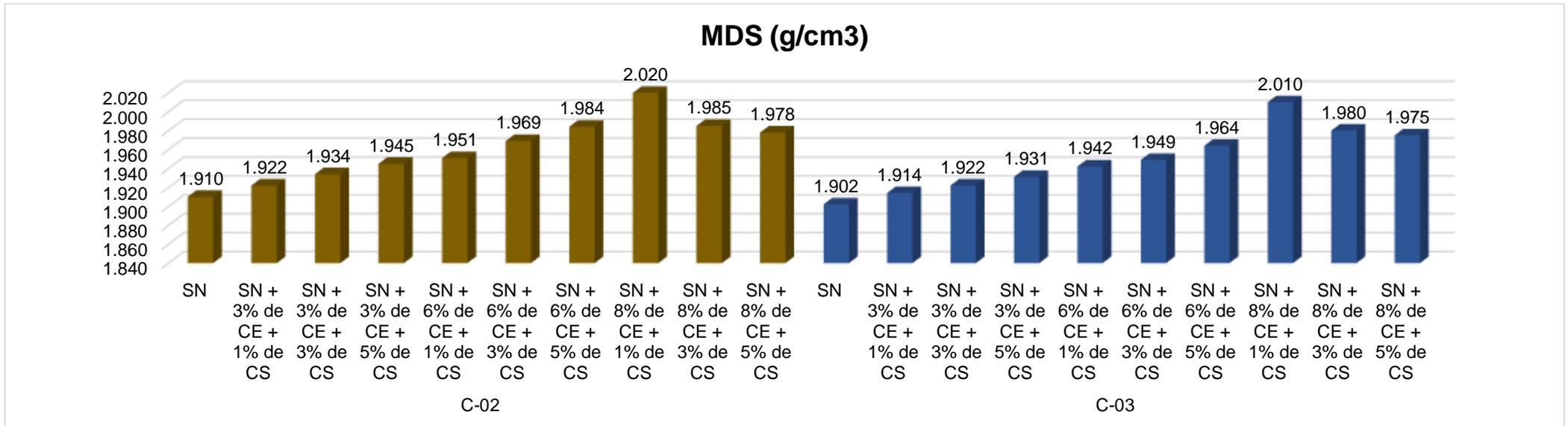
**Figura 58.** Óptimo Contenido de humedad adicionando CE y CS



*Fuente: Elaboración propia.*

Interpretación: En la figura 46 se observa los resultados del ensayo del Proctor obteniendo en primer lugar el OCH adicionando en la dosificación ceniza de sauco y ceniza de eucalipto, a las muestras de las calcatas C-02 y C-03. Obteniendo como resultado que el suelo natural de C-02 es 10.5% y adicionando las siguientes dosificaciones de ambos tipos de ceniza: 3%CE-1%CS, 3%CE-3%CS, 3%CE-5%CS, 6%CE-1%CS, 6%CE-3%CS, 6%CE-6%CS, 8%CE-1%CS, 8%CE-3%CS y 8%CE-5%CS se obtuvo los siguientes resultados 7.8%, 8.0%, 8.3% 8.7% 9.1% 9.3% 9.5%, 9.8% y 10.1% respectivamente. Para el suelo natural de C-03 es 10% y adicionando las siguientes dosificaciones de ambos tipos de ceniza: 3%CE-1%CS, 3%CE-3%CS, 3%CE-5%CS, 6%CE-1%CS, 6%CE-3%CS, 6%CE-6%CS, 8%CE-1%CS, 8%CE-3%CS y 8%CE-5%CS se obtuvo los siguientes resultados 7.6%, 7.9%, 8.2% 8.5% 8.7% 8.9% 9.1%, 9.5% y 9.8% respectivamente.

**Figura 59.** Máxima densidad seca adicionando CE y CS



*Fuente: Elaboración propia.*

Interpretación: En la figura 47 se observa los resultados del ensayo del Proctor obteniendo en segundo lugar la MDS adicionando en la dosificación ceniza de sauco y ceniza de eucalipto, a las muestras de las calcatas C-02 y C-03. Obteniendo como resultado que el suelo natural de C-02 es 1.910g/cm<sup>3</sup> y adicionando las siguientes dosificaciones de ambos tipos de ceniza: 3%CE-1%CS, 3%CE-3%CS, 3%CE-5%CS, 6%CE-1%CS, 6%CE-3%CS, 6%CE-6%CS, 8%CE-1%CS, 8%CE-3%CS y 8%CE-5%CS se obtuvo los siguientes resultados 1.922, 1.934, 1.945, 1.951, 1.969, 1.984, 2.020, 1.985 y 1.978g/cm<sup>3</sup> respectivamente. Para el suelo natural de C-03 es 1.902g/cm<sup>3</sup> y adicionando las siguientes dosificaciones: 3%CE-1%CS, 3%CE-3%CS, 3%CE-5%CS, 6%CE-1%CS, 6%CE-3%CS, 6%CE-6%CS, 8%CE-1%CS, 8%CE-3%CS y 8%CE-5%CS se obtuvo 1.914, 1.922, 1.931, 1.942, 1.949, 1.964, 2.010, 1.980 y 1.975g/cm<sup>3</sup> respectivamente.

## CBR

El siguiente ensayo mecánico realizado fue el CBR el cual se halló para el suelo natural y también para las dosificaciones con adición de CE y CS, utilizando el OCH hallado previamente en el Proctor Modificado. Además, los moldes de CBR fueron sumergidos por un tiempo de 4 días con la finalidad de determinar qué capacidad de soporte el suelo presenta, para ello se realizó especímenes los cuales fueron sometidos a 56 golpes seguimiento el procedimiento método “C”.

**Figura 60.** Ensayo de CBR



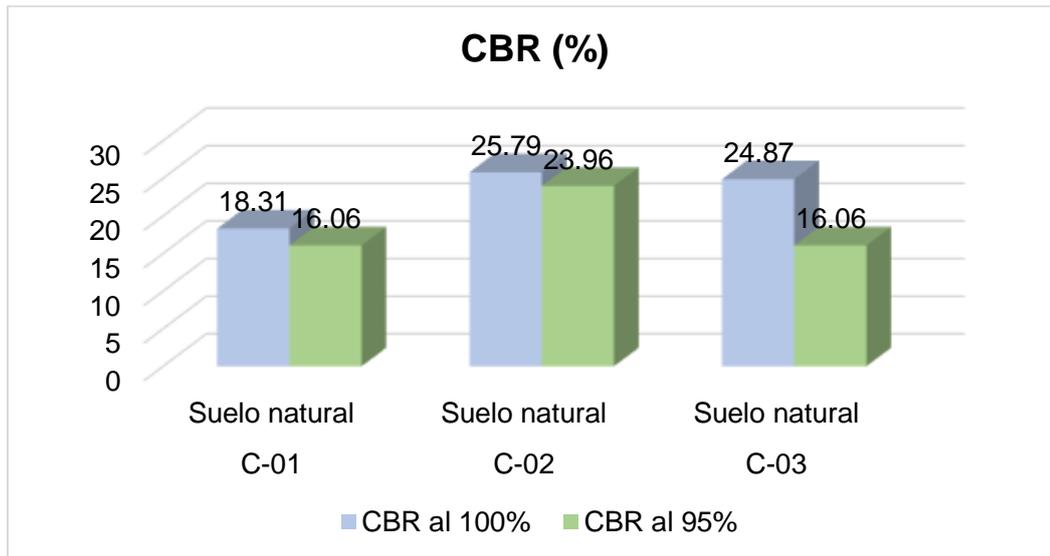
*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 22.** Resultados del CBR del suelo natural

Muestra	Tipo de suelo	CBR al 100%	CBR al 95%
C-01	Suelo natural	18.31	16.06
C-02	Suelo natural	25.79	23.96
C-03	Suelo natural	24.87	16.06

*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 61.** CBR al 100% y 95% del SN



*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 62.** Ensayo de CBR adicionando CE y CS (C-02 + 3%CE + 1%CS)



*Fuente: Elaboración propia*

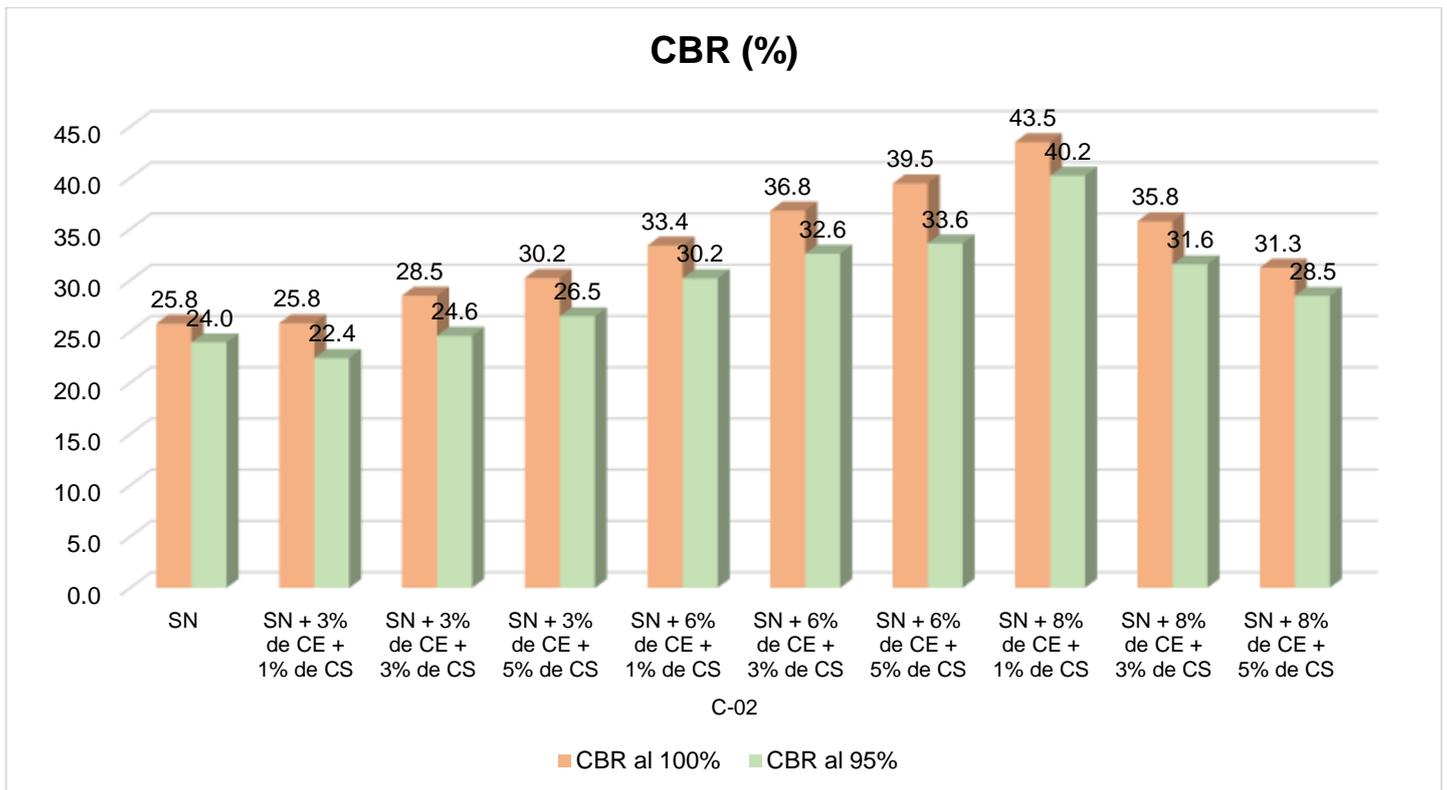
**Tabla 23.** Resultados del CBR del suelo natural con adición de CE y CS

Muestra	Identificación	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS
C-02	SN	25.79	23.96
	SN + 3% de CE + 1% de CS	25.83	22.42
	SN + 3% de CE + 3% de CS	28.52	24.60
	SN + 3% de CE + 5% de CS	30.24	26.51
	SN + 6% de CE + 1% de CS	33.41	30.20
	SN + 6% de CE + 3% de CS	36.82	32.62
	SN + 6% de CE + 5% de CS	39.48	33.60

	SN + 8% de CE + 1% de CS	43.51	40.22
	SN + 8% de CE + 3% de CS	35.77	31.58
	SN + 8% de CE + 5% de CS	31.26	28.50
<b>C-03</b>	<b>SN</b>	<b>24.87</b>	<b>16.06</b>
	SN + 3% de CE + 1% de CS	25.87	21.58
	SN + 3% de CE + 3% de CS	28.69	22.58
	SN + 3% de CE + 5% de CS	30.58	27.11
	SN + 6% de CE + 1% de CS	32.78	29.87
	SN + 6% de CE + 3% de CS	35.29	31.58
	SN + 6% de CE + 5% de CS	41.31	37.55
	SN + 8% de CE + 1% de CS	40.31	38.52
	SN + 8% de CE + 3% de CS	36.83	32.550
	SN + 8% de CE + 5% de CS	30.20	28.56

Fuente: Elaboración propia

Figura 63. CBR al 100% y 95% con adición de CE y CS (C-02)

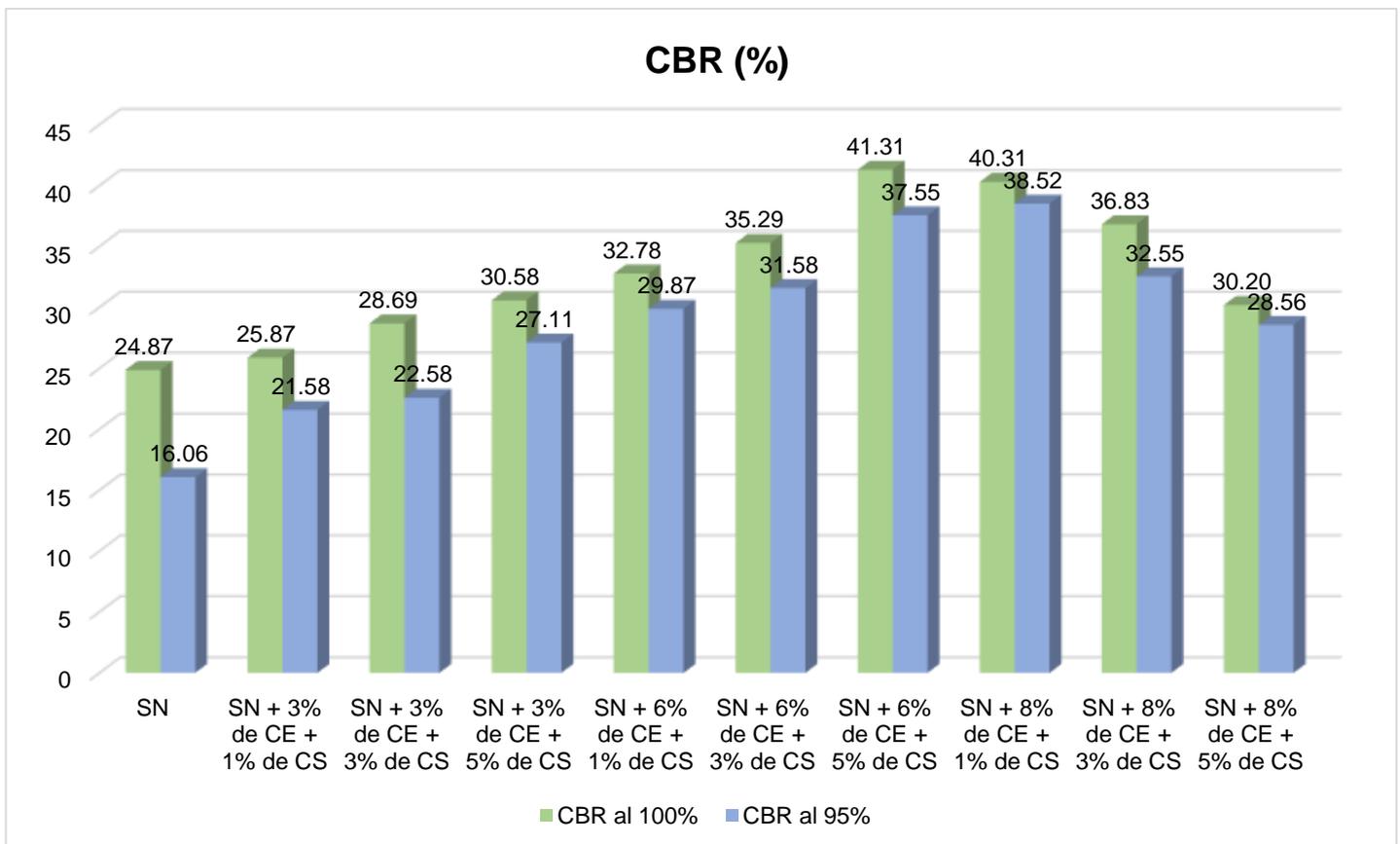


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 51 se logra apreciar los resultados que se obtuvieron luego de realizar el CBR del suelo natural en la C-02 con adición de CE en 3%, 6% y 8% y CS en 1%, 3% y 5% al 100%MDS y CBR 95%MDS a 01'' de penetración. El valor del CBR del suelo natural al 100% MDS se obtuvo un valor de 25.79% y al 95%MDS un 23.96%; para el suelo luego de adicionar 3% de

CE + 1% de CS al 100% MDS se obtuvo 25.83% y al 95% MDS se obtuvo 22.42, para el suelo 3% de CE + 3% de CS al 100% MDS se obtuvo 28.52% y al 95% MDS se obtuvo 24.60%, para el suelo 3% de CE + 5% de CS al 100% MDS se obtuvo 30.24% y al 95% MDS se obtuvo 26.51%, para el suelo 6% de CE + 1% de CS al 100% MDS se obtuvo 33.41% y al 95% MDS se obtuvo 30.20%, para el suelo 6% de CE + 3% de CS al 100% MDS se obtuvo 36.82% y al 95% MDS se obtuvo 32.62%, para el suelo 6% de CE + 5% de CS al 100% MDS se obtuvo 39.48% y al 95% MDS se obtuvo 33.60%, para el suelo 8% de CE + 1% de CS al 100% MDS se obtuvo 43.51% y al 95% MDS se obtuvo 40.22%, para el suelo 8% de CE + 3% de CS al 100% MDS se obtuvo 35.77% y al 95% MDS se obtuvo 31.58% y para el suelo 8% de CE + 5% de CS al 100% MDS se obtuvo 31.26% y al 95% MDS se obtuvo 28.50%.

**Figura 64.** CBR al 100% y 95% con adición de CE y CS (C-03)



*Fuente: Elaboración propia*

Interpretación: En la figura 52 se logra apreciar los resultados que se obtuvieron luego de realizar el CBR del suelo natural en la C-03 con adición de CE en 3%, 6% y 8% y CS en 1%, 3% y 5% al 100%MDS y CBR 95%MDS a 01" de penetración. El valor del CBR del suelo natural al 100% MDS se obtuvo un valor de 24.87% y al 95%MDS un 16.06%; para el suelo luego de adicionar 3% de CE + 1% de CS al 100% MDS se obtuvo 25.87% y al 95% MDS se obtuvo 21.58, para el suelo 3% de CE + 3% de CS al 100% MDS se obtuvo 28.69% y al 95% MDS se obtuvo 22.58%, para el suelo 3% de CE + 5% de CS al 100% MDS se obtuvo 30.58% y al 95% MDS se obtuvo 27.11%, para el suelo 6% de CE + 1% de CS al 100% MDS se obtuvo 32.78% y al 95% MDS se obtuvo 29.87%, para el suelo 6% de CE + 3% de CS al 100% MDS se obtuvo 35.29% y al 95% MDS se obtuvo 31.58%, para el suelo 6% de CE + 5% de CS al 100% MDS se obtuvo 41.31% y al 95% MDS se obtuvo 37.55%, para el suelo 8% de CE + 1% de CS al 100% MDS se obtuvo 40.31% y al 95% MDS se obtuvo 37.55%, para el suelo 8% de CE + 3% de CS al 100% MDS se obtuvo 36.83% y al 95% MDS se obtuvo 32.55% y para el suelo 8% de CE + 5% de CS al 100% MDS se obtuvo 30.20% y al 95% MDS se obtuvo 28.56%.

Interpretación final: Como interpretación final el óptimo contenido de humedad (OCH) con adición de ceniza de eucalipto y ceniza de sauco presenta distintas variaciones, ya que con ciertas dosificaciones aumenta y con otros su valor disminuye, con respecto a la máxima densidad seca (MDS) con adición de CE y CS presenta un aumento en las dosificaciones de 3% de CE + 1% de CS, 3% de CE + 3% de CS, 3% de CE + 5% de CS, 6% de CE + 1% de CS, 6% de CE + 3% de CS, 6% de CE + 5% de CS, 8% de CE + 1% de CS, siendo esta última dosificación la que obtuvo el mayor incremento al adicionar al suelo natural en las muestras de la calicatas C-02 y C-03, sin embargo al adicionar en las siguientes las dosificaciones 8% de CE + 3% de CS y 8% de CE + 5% de CS sus valores tienden a disminuir en ambos casos. Para el caso del CBR con adición de CE y CS, presenta un aumento en las dosificaciones de 3% de CE + 1% de CS, 3% de CE + 3% de CS, 3% de CE + 5% de CS, 6% de CE + 1% de CS, 6% de CE + 3% de CS, 6% de CE + 5% de CS, 8% de CE + 1% de CS, representando un

aumento significativo con respecto al valor inicial obtenido al suelo natural de las calicatas C-02 y la C-03, pero si se adiciona 8% de CE + 3% de CS y 8% de CE + 5% de CS sus valores tienden a disminuir en ambos casos.

Objetivo Específico 3: Determinar cuál es el óptimo porcentaje de dosificación de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades de la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022.

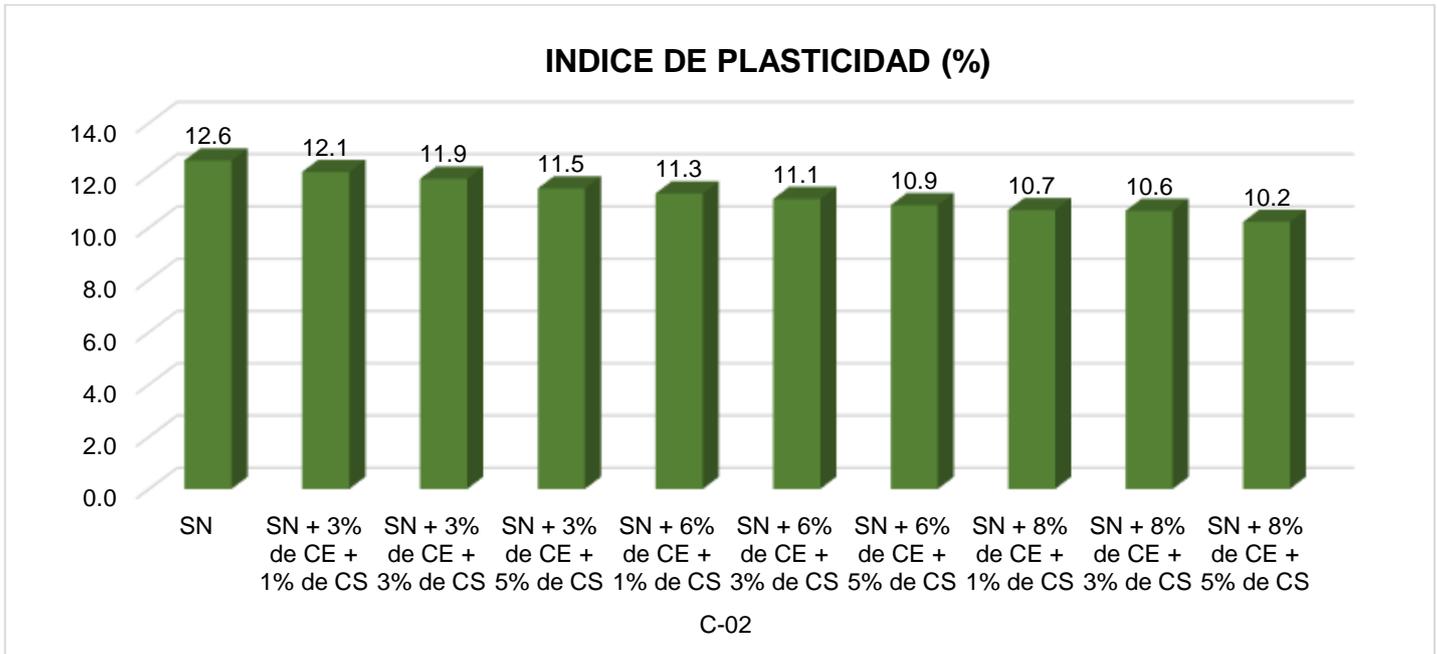
Tabla 24. Influencia de la dosificación de la CE y CS

Muestra	Identificación	IP (%)	OCH (%)	MDS (g/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)
C-02	<b>SN</b>	<b>12.57</b>	<b>10.5</b>	<b>1.910</b>	<b>25.8</b>
	SN + 3% de CE + 1% de CS	12.13	7.8	1.922	25.8
	SN + 3% de CE + 3% de CS	11.87	8	1.934	28.5
	SN + 3% de CE + 5% de CS	11.5	8.3	1.945	30.2
	SN + 6% de CE + 1% de CS	11.31	8.7	1.951	33.4
	SN + 6% de CE + 3% de CS	11.1	9.1	1.969	36.8
	SN + 6% de CE + 5% de CS	10.86	9.3	1.984	39.5
	SN + 8% de CE + 1% de CS	10.67	9.5	2.020	43.5
	SN + 8% de CE + 3% de CS	10.64	9.8	1.985	35.8
	SN + 8% de CE + 5% de CS	10.22	10.1	1.978	31.3
C-03	<b>SN</b>	<b>12.6</b>	<b>10</b>	<b>1.902</b>	<b>24.9</b>
	SN + 3% de CE + 1% de CS	12.49	7.6	1.914	25.9
	SN + 3% de CE + 3% de CS	12.29	7.9	1.922	28.7
	SN + 3% de CE + 5% de CS	11.79	8.2	1.931	30.6
	SN + 6% de CE + 1% de CS	11.52	8.5	1.942	32.8
	SN + 6% de CE + 3% de CS	11.27	8.7	1.949	35.3
	SN + 6% de CE + 5% de CS	11.09	8.9	1.964	41.3
	SN + 8% de CE + 1% de CS	10.89	9.1	2.010	40.3
	SN + 8% de CE + 3% de CS	10.64	9.5	1.980	36.8
	SN + 8% de CE + 5% de CS	10.11	9.8	1.975	30.2

Fuente: Elaboración propia

IP con adición de CHSM:

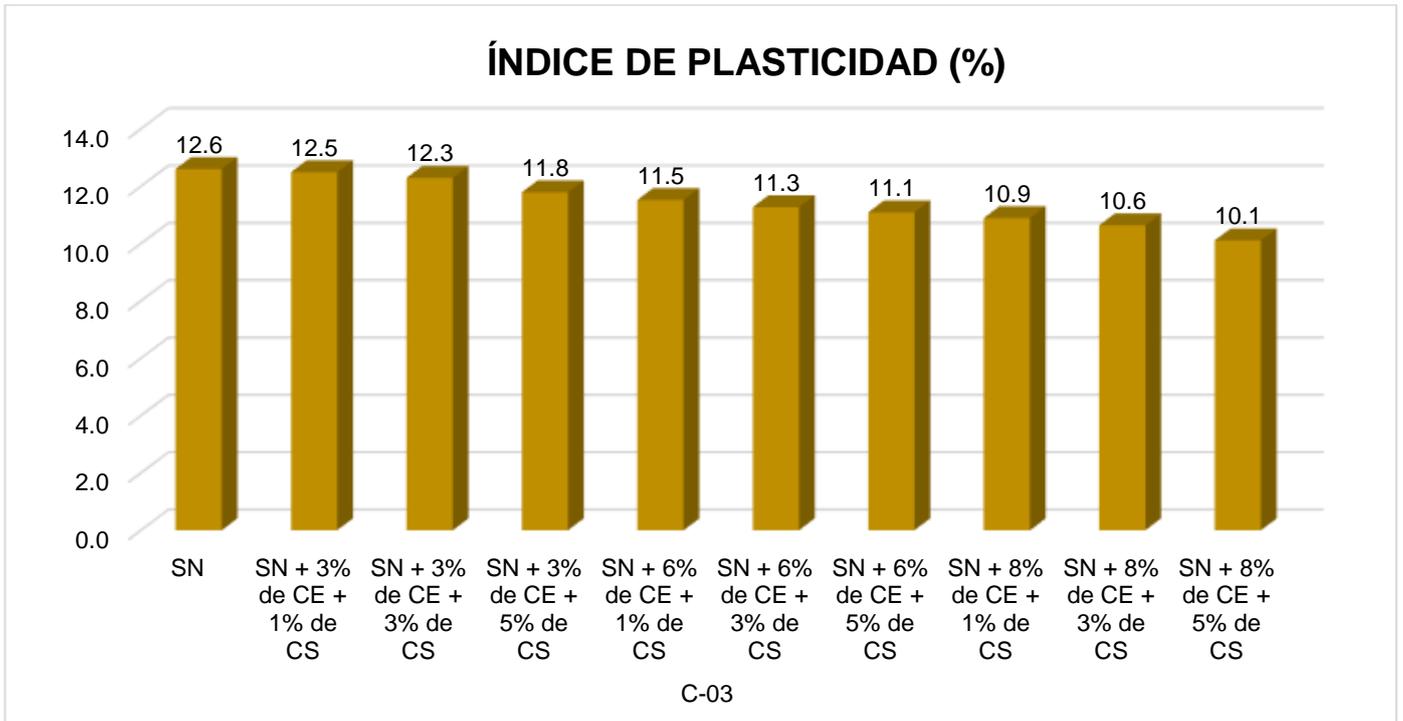
**Figura 65.** Índice de plasticidad con dosificación de CE y CS de la C-02



*Fuente: Elaboración propia*

Interpretación: En la figura 53 se aprecia, el IP de la muestra de suelo natural extraído de la C-02 es igual 12.6% y al adicionar en las siguientes dosificaciones: 3%CE-1%CS, 3%CE-3%CS, 3%CE-5%CS, 6%CE-1%CS, 6%CE-3%CS, 6%CE-6%CS, 8%CE-1%CS, 8%CE-3%CS y 8%CE-5%CS se obtuvo los siguientes resultados 12.1%, 11.9%, 11.5%, 11.3%, 11.1%, 10.9%, 10.7%, 10.6% y 10.2% respectivamente; por lo tanto se evidencia una disminución del índice de plasticidad IP al adicionar las dosificaciones de CE y CS.

**Figura 66.** Índice de plasticidad con dosificación de CE y CS de la C-03

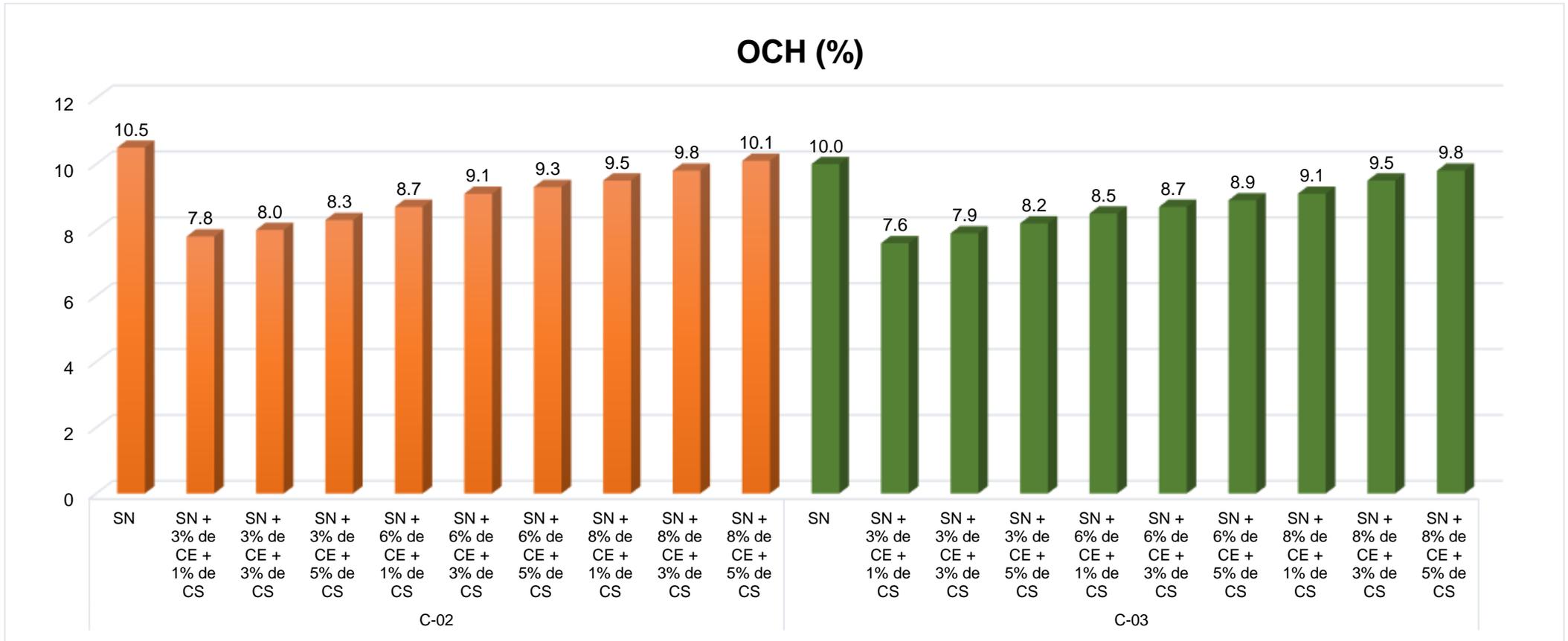


*Fuente: Elaboración propia*

Interpretación: En la figura 54 se aprecia, el IP de la muestra de suelo natural extraído de la C-03 es igual 12.6% y al adicionar en las siguientes dosificaciones: 3%CE-1%CS, 3%CE-3%CS, 3%CE-5%CS, 6%CE-1%CS, 6%CE-3%CS, 6%CE-6%CS, 8%CE-1%CS, 8%CE-3%CS y 8%CE-5%CS se obtuvo los siguientes resultados 12.5%, 12.3%, 11.8%, 11.5%, 11.3%, 11.1%, 10.9%, 10.6% y 10.1% respectivamente; por lo tanto se evidencia una disminución del índice de plasticidad IP al adicionar las dosificaciones de CE y CS.

OCH con adición de CE y CS:

**Figura 67.** Óptimo contenido de humedad adicionando CE y CS en C-02 y C-03



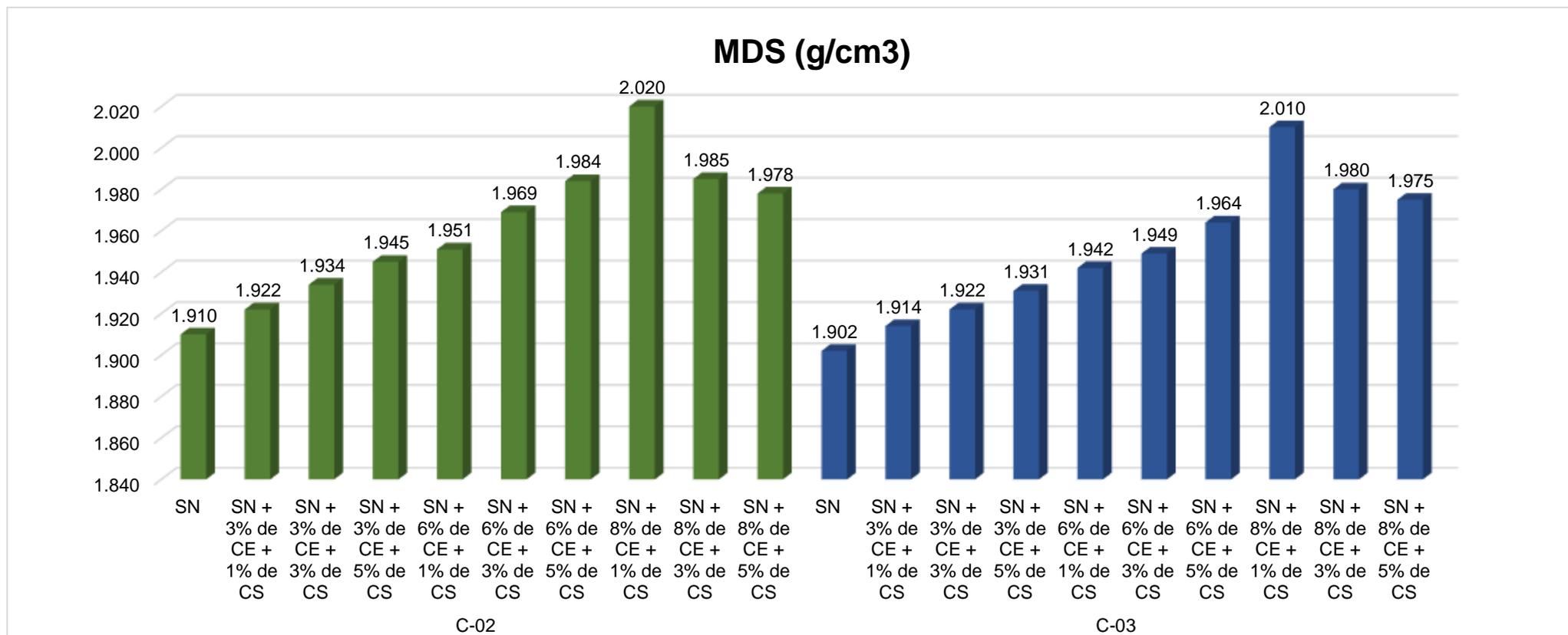
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 55 se aprecia, que los resultados del óptimo contenido de humedad (OCH) del suelo natural de la C-02 es de 10.5%, y adicionando CE y CS en las siguientes dosificaciones: 3%CE-1%CS, 3%CE-3%CS, 3%CE-5%CS, 6%CE-1%CS, 6%CE-3%CS, 6%CE-6%CS, 8%CE-1%CS, 8%CE-3%CS y 8%CE-5%CS se obtuvo los siguientes resultados: 7.8%, 8%, 8.3%, 8.7%, 9.1%, 9.3%, 9.5%, 9.8%, 10.1% respectivamente, evidenciando una disminución al incorporar las CE y CS con respecto al suelo natural, por lo tanto se evidencia un aumento del OCH al adicionar las dosificaciones de CE y CS, sin embargo no supera al valor inicial sin ninguna adición.

Además, en la misma figura 55 se aprecia que, el OCH del suelo natural de la C-03 es de 10%, adicionando CE y CS en las siguientes dosificaciones: 3%CE-1%CS, 3%CE-3%CS, 3%CE-5%CS, 6%CE-1%CS, 6%CE-3%CS, 6%CE-6%CS, 8%CE-1%CS, 8%CE-3%CS y 8%CE-5%CS se obtuvo los siguientes resultados: 7.6%, 7.9%, 8.2%, 8.5%, 8.7%, 8.9%, 9.1%, 9.5%, 9.8% respectivamente, por lo tanto se evidencia un aumento del OCH al adicionar las dosificaciones de CE y CS, sin embargo no supera al valor inicial sin ninguna adición.

MDS con adición de CE y CS:

**Figura 68.** Máxima Densidad Seca adicionando CE y CS en C-02 y C-03



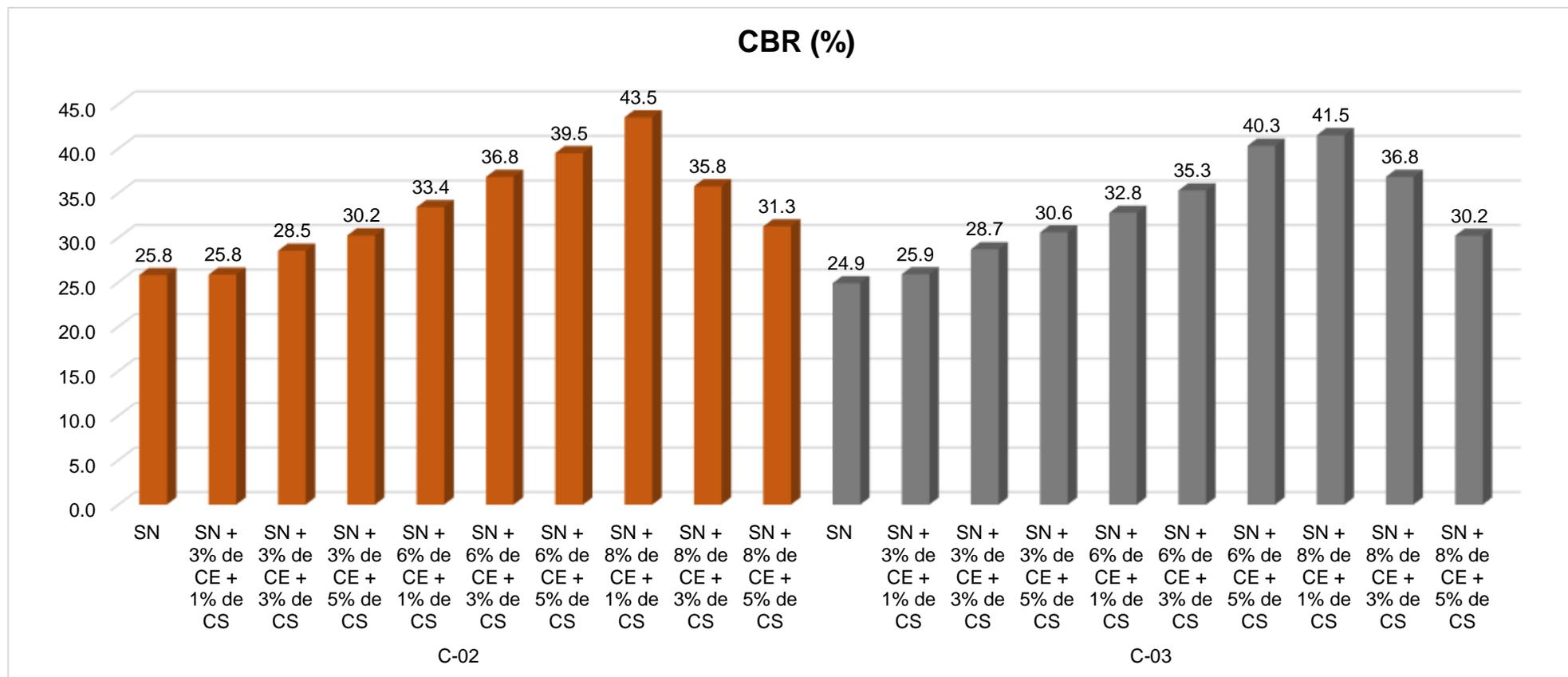
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 56 se aprecia, que los resultados de la Máxima Densidad Seca (MDS) del suelo natural de la C-02 es de  $1.910 \text{ g/cm}^3$ , y adicionando CE y CS en las siguientes dosificaciones: 3%CE-1%CS, 3%CE-3%CS, 3%CE-5%CS, 6%CE-1%CS, 6%CE-3%CS, 6%CE-6%CS y 8%CE-1%CS, se obtuvo los siguientes resultados:  $1.922 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.934 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.945 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.951 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.969 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.984 \text{ g/cm}^3$ ,  $2.020 \text{ g/cm}^3$  respectivamente, con esta última adición de las cenizas de eucalipto y sauco se ve un incremento máximo, sin embargo al adicionar 8%CE-3%CS y 8%CE-5%CS se obtuvo  $1.985 \text{ g/cm}^3$  y  $1.978 \text{ g/cm}^3$  respectivamente, observando que la MDS tiende a disminuir

Además, en la misma figura 56 se aprecia que, la MDS del suelo natural de la C-03 es de  $1.902 \text{ g/cm}^3$ , y adicionando CE y CS en las siguientes dosificaciones: 3%CE-1%CS, 3%CE-3%CS, 3%CE-5%CS, 6%CE-1%CS, 6%CE-3%CS, 6%CE-6%CS y 8%CE-1%CS, se obtuvo los siguientes resultados:  $1.914 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.922 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.931 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.942 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.949 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.964 \text{ g/cm}^3$ ,  $2.010 \text{ g/cm}^3$  respectivamente, con esta última adición de las cenizas de eucalipto y sauco se ve un incremento máximo, sin embargo al adicionar 8%CE-3%CS y 8%CE-5%CS se obtuvo  $1.980 \text{ g/cm}^3$  y  $1.975 \text{ g/cm}^3$  respectivamente, observando que la MDS tiende a disminuir.

CBR con adición de CE y CS:

**Figura 69.** CBR adicionando CE y CS en C-02 y C-03



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa que en la figura 57, el resultado CBR del suelo natural de la calicata C-02 es de 25.8%, y adicionando CE y CS en las siguientes dosificaciones: 3%CE-1%CS, 3%CE-3%CS, 3%CE-5%CS, 6%CE-1%CS, 6%CE-3%CS, 6%CE-6%CS y 8%CE-1%CS, se obtuvo los siguientes resultados: 25.8%, 28.5%, 30.2% 33.4% 36.8% 39.5% 43.5%, con esta última adición de las cenizas de eucalipto y sauco se ve un incremento máximo, sin embargo al adicionar 8%CE-3%CS y 8%CE-5%CS se obtuvo 35.8% y 31.3% respectivamente, observando que el CBR tiende a disminuir en estas dosificaciones.

Además, en la misma figura 57 se aprecia que, el CBR del suelo natural de la C-03 es de 24.9%, y adicionando CE y CS en las siguientes dosificaciones: 3%CE-1%CS, 3%CE-3%CS, 3%CE-5%CS, 6%CE-1%CS, 6%CE-3%CS, 6%CE-6%CS y 8%CE-1%CS, se obtuvo los siguientes resultados: 25.9%, 28.7%, 30.6% 32.8% 35.3% 40.3% 41.5% respectivamente, con esta última adición de las cenizas de eucalipto y sauco se ve un incremento máximo, sin embargo al adicionar 8%CE-3%CS y 8%CE-5%CS se obtuvo 36.8% y 30.2% respectivamente, observando que la MDS tiende a disminuir.

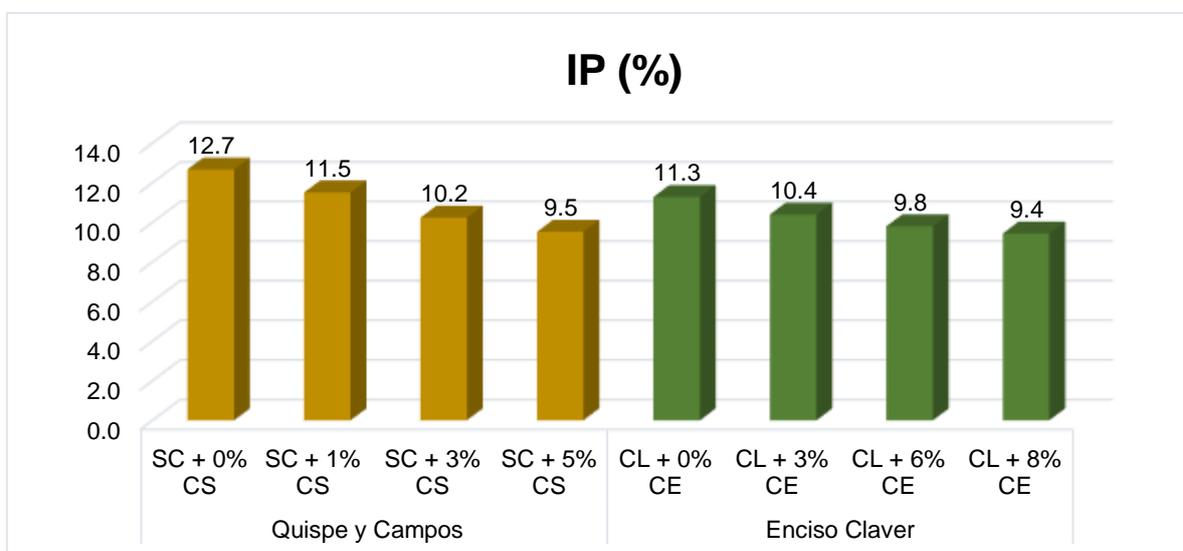
Interpretación final: Con respecto al IP de las muestras C-02 y C-03 al añadir las dosificaciones de CE y CS, el IP disminuye. Con respecto al OCH al adicionar CE y CS presenta una disminución en todas las dosificaciones, por otro lado, la MDS tiene un incremento máximo o significativo con la adición de 8% de CE y 1% de CS. Finalmente, con respecto al CBR tiene un incremento máximo o significativo con la adición de 8% de CE y 1% de CS.

## V. DISCUSIÓN

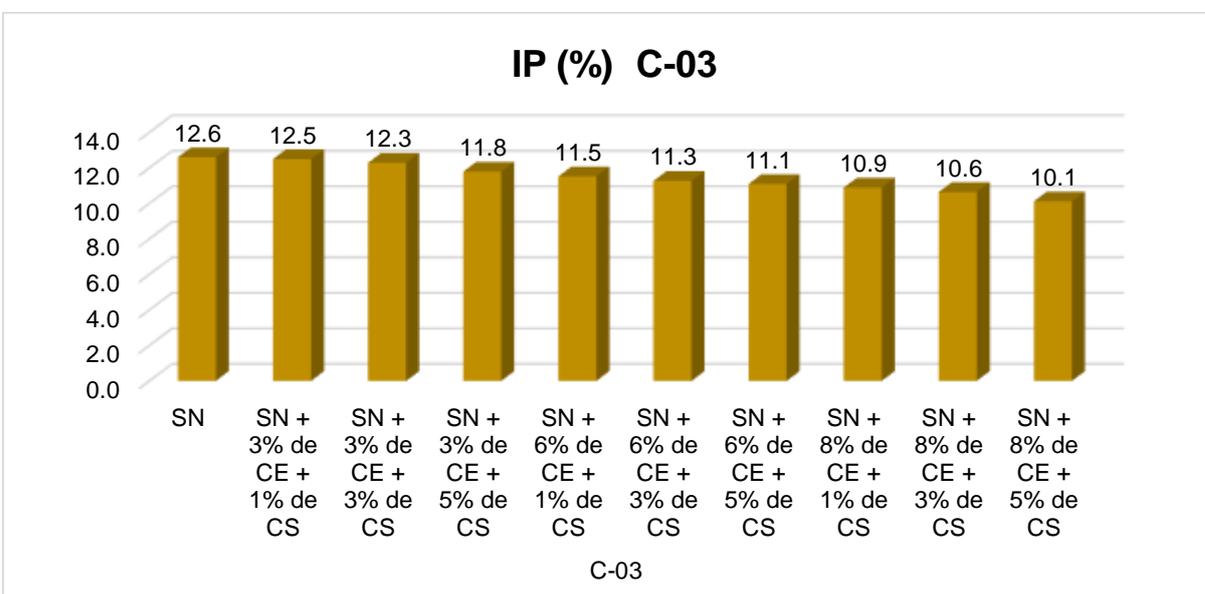
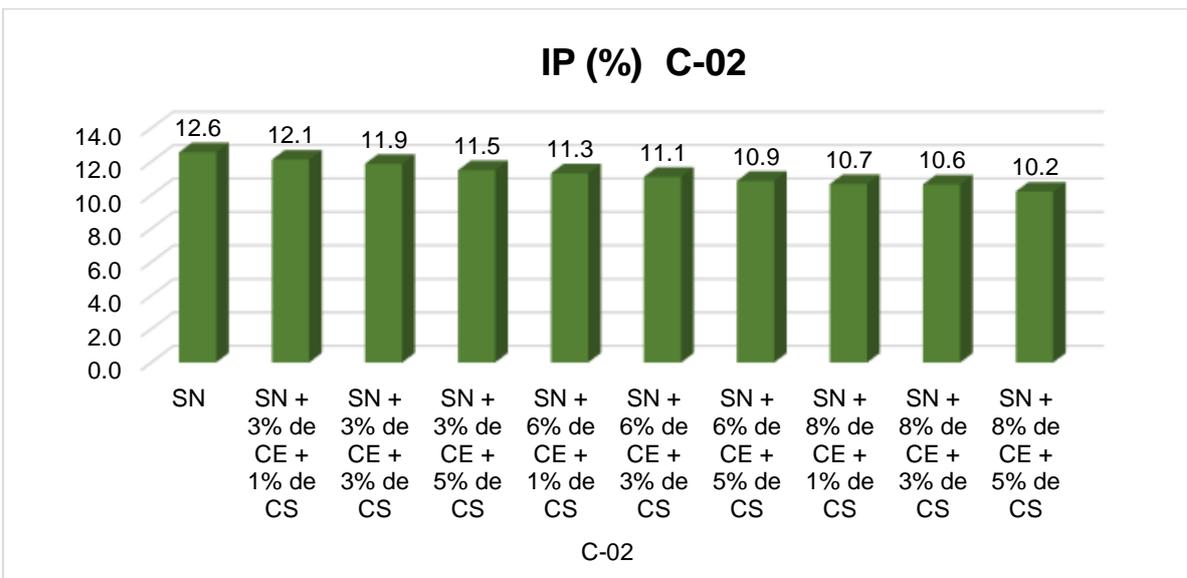
Objetivo Específico 1: Determinar cómo influye la adición de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades físicas en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022

Para Enciso Claver (2020), en su investigación titulada “*Adición de ceniza de eucalipto para mejorar la estabilidad de la subrasante en la carretera Abancay - Huayllabamba, Apurímac, 2022*”, el IP del suelo natural en la muestra extraída en la C-01 se obtuvo 11.3%, y con la adición de 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto se obtuvo 10.4%, 9.8% y 9.4% respectivamente; por lo tanto, disminuye el valor de IP en relación al valor del suelo natural de la muestra extraída en la C-01 en -7.89%, -13.12% y -16.31% respectivamente

Para Quispe Carlos y Campos Juan (2020), en su investigación titulada “*Análisis de CBR, máxima densidad y resistencia al corte para estabilizar un suelo arcilloso SC utilizando 1%, 3% y 5% con cenizas de Sauco en Lima Este Distrito Ate - Vitarte*”, el IP del suelo natural en la muestra extraída en la C-01 se obtuvo 12.67%, y con la adición de 1%, 3% y 5% de ceniza de sauco se obtuvo 11.5%, 10.2% y 9.5% respectivamente; por lo tanto, disminuye el valor de IP en relación al valor del suelo natural de la muestra extraída en la C-01 en -9.16%, -19.18% y -24.86% respectivamente. En ambos casos con la adición de ceniza de sauco y ceniza disminuye el valor del IP (ver gráfico).



En la presente investigación el IP obtenido de la C-02 correspondiente al suelo natural fue de 12.57% y al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% fue 12.1%, 11.9%, 11.5%, 11.3%, 11.1%, 10.9%, 10.7%, 10.6% y 10.2%, disminuyendo el IP en -3.50%, -5.57%, -8.51%, -10.02%, -11.69%, -13.60%, -15.12%, -15.35% y -18.70% respectivamente. El IP de la muestra del suelo natural de la C-03 fue de 12.6% y al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% fue 12.5%, 12.3%, 11.8%, 11.5%, 11.3%, 11.1%, 10.9%, 10.6% y 10.1%, disminuyendo el IP en -0.87%, -2.46%, -6.43%, -8.57%, -10.56%, -11.98%, -13.57%, -15.56% y -19.76% respectivamente. En ambos casos la adición de CE y CS disminuye el IP (ver gráficos).



Para Enciso Claver (2020), al adicionar 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto a la muestra del suelo natural, el resultado del IP disminuye en -7.89%, -13.12% y -16.31% respectivamente; y para Quispe Carlos y Campos Juan (2020), al 1%, 3% y 5% de ceniza de sauco a la muestra del suelo natural, el resultado del IP disminuye en -9.16%, -19.18% y -24.86% respectivamente; y para esta investigación al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% a la muestra del suelo natural de la C-02, el IP disminuyó en -3.50%, -5.57%, -8.51%, -10.02%, -11.69%, -13.60%, -15.12%, -15.35% y -18.70% respectivamente; al adicionarlas en la C-03, el IP disminuyó en -0.87%, -2.46%, -6.43%, -8.57%, -10.56%, -11.98%, -13.57%, -15.56% y -19.76% respectivamente, evidenciando que existe una SIMILITUD en los resultados de las muestras obtenidos en el laboratorio.

Los resultados de Enciso Claver y Quispe Carlos y Campos Juan cumplen según la norma ASTM D4318 con el IP mínimo de 0.0%; para la presente investigación al adicionar las dosificaciones de CE y CS los resultados también cumplen con la norma.

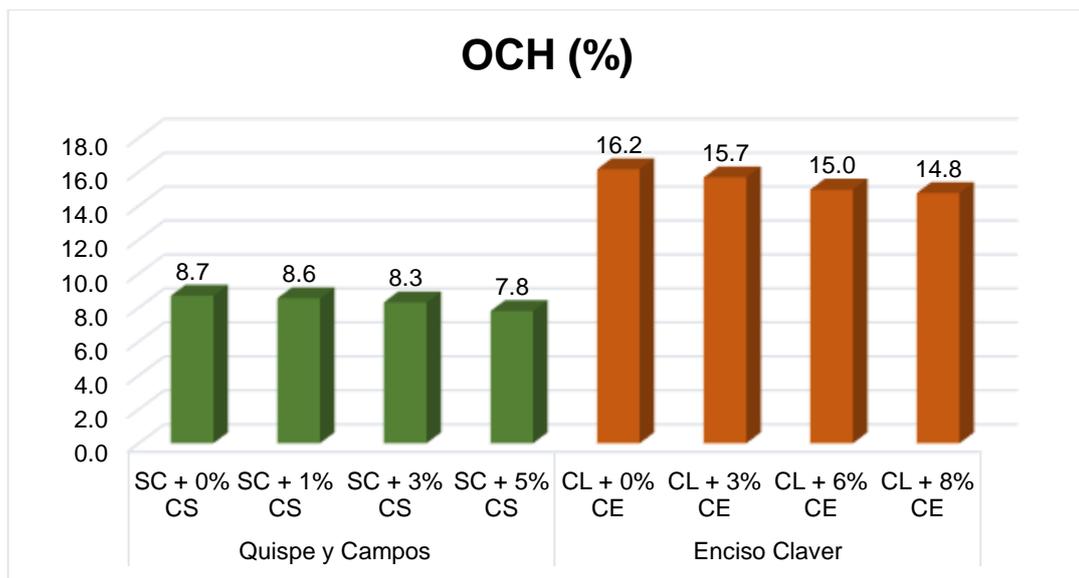
Por lo tanto, los ensayos de límites de consistencia utilizados para determinar el valor del IP de las muestras son apropiados, porque permiten determinar los valores al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5%.

Objetivo Específico 2: Determinar cómo influye la adición de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades mecánicas en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022

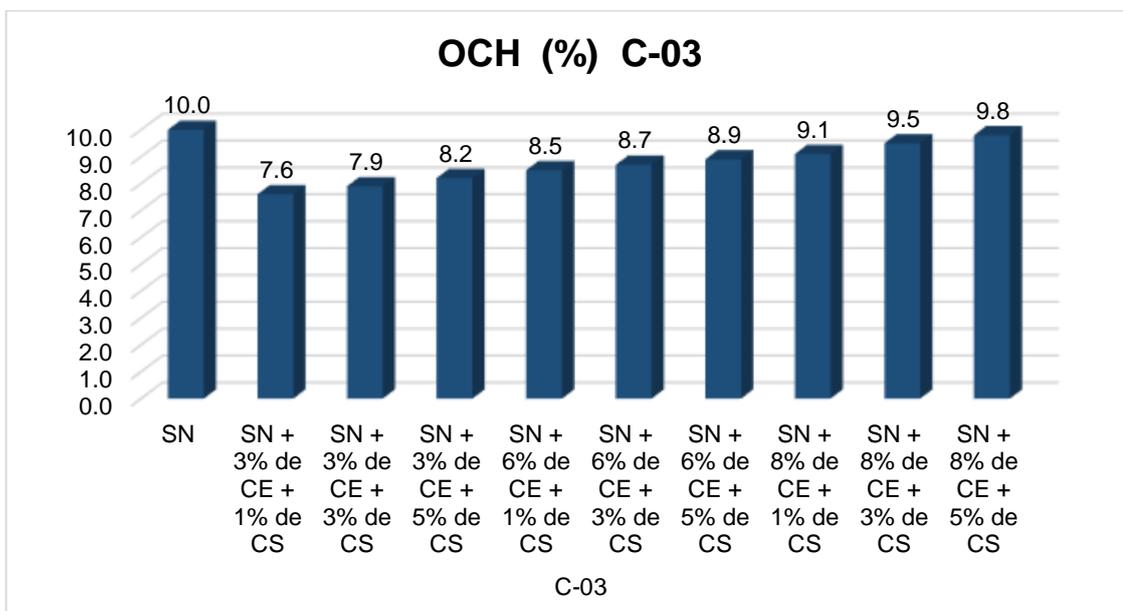
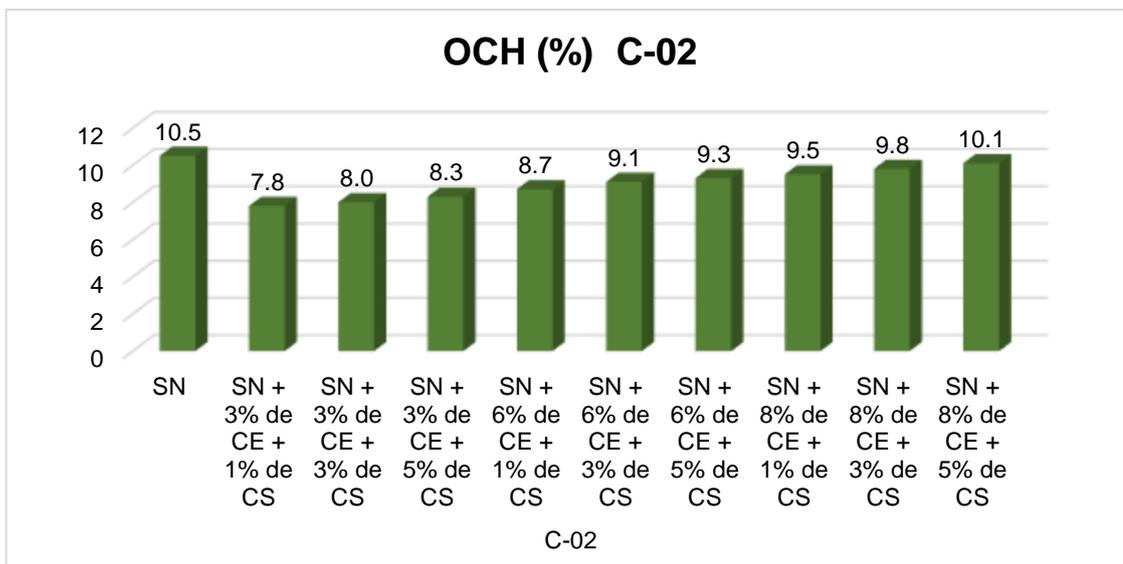
#### Óptimo Contenido de Humedad

Para Enciso Claver (2020), en su investigación titulada "*Adición de ceniza de eucalipto para mejorar la estabilidad de la subrasante en la carretera Abancay - Huayllabamba, Apurímac, 2022*", el OCH del suelo natural en la muestra extraída en la C-01 se obtuvo 11.3%, y con la adición de 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto se obtuvo 15.7%, 15% y 14.8% respectivamente; por lo tanto, disminuye el valor del OCH en relación al valor del suelo natural de la muestra extraída en la C-01 en -2.97%, -7.43% y -8.67% respectivamente

Para Quispe Carlos y Campos Juan (2020), en su investigación titulada “Análisis de CBR, máxima densidad y resistencia al corte para estabilizar un suelo arcilloso SC utilizando 1%, 3% y 5% con cenizas de Sauco en Lima Este Distrito Ate - Vitarte”, el OCH del suelo natural en la muestra extraída en la C-01 se obtuvo 8.7%, y con la adición de 1%, 3% y 5% de ceniza de sauco se obtuvo 8.6%, 8.3% y 7.8% respectivamente; por lo tanto, disminuye el valor de OCH en relación al valor del suelo natural de la muestra extraída en la C-01 en -1.72%, -4.48% y -10.34% respectivamente. En ambos casos con la adición de ceniza de sauco y ceniza disminuye el valor del OCH (ver gráfico).



En la presente investigación el OCH obtenido de la C-02 correspondiente al suelo natural fue de 10.5% y al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% fue 7.8%, 8.0%, 8.3%, 8.7%, 9.1%, 9.3%, 9.5%, 9.8% y 10.1% disminuyendo el OCH en -25.71%, -23.81%, -20.95%, -17.14%, -13.33%, -11.43%, -9.52%, -6.67% y -3.81% respectivamente. El OCH de la muestra del suelo natural de la C-03 fue de 10% y al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% fue 7.6%, 7.9%, 8.2%, 8.5%, 8.7%, 8.9%, 9.1%, 9.5% y 9.8% disminuyendo el OCH en -24.0%, -21.0%, -18.0%, -15.0%, -13.0%, -11.0%, -9.0%, -5.0% y -2.0% respectivamente. En ambos casos la adición de CE y CS disminuye el OCH (ver gráficos).



Para Enciso Claver (2020), al adicionar 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto a la muestra del suelo natural, el resultado del OCH disminuye en -2.97%, -7.43% y -8.67% respectivamente; y para Quispe Carlos y Campos Juan (2020), al 1%, 3% y 5% de ceniza de sauco a la muestra del suelo natural, el resultado del OCH disminuye en -1.72%, -4.48% y -10.34% respectivamente; y para esta investigación al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% a la muestra del suelo natural de la C-02, el OCH disminuyó en -25.71%, -23.81%, -20.95%, -17.14%, -13.33%, -11.43%, -9.52%, -6.67% y -3.81% respectivamente; al adicionarlas en la C-03, el OCH disminuyó en -24.0%, -21.0%, -18.0%, -15.0%, -13.0%, -11.0%, -9.0%, -5.0% y -2.0%

respectivamente, evidenciando que existe una SIMILITUD en los resultados de las muestras obtenidos en el laboratorios.

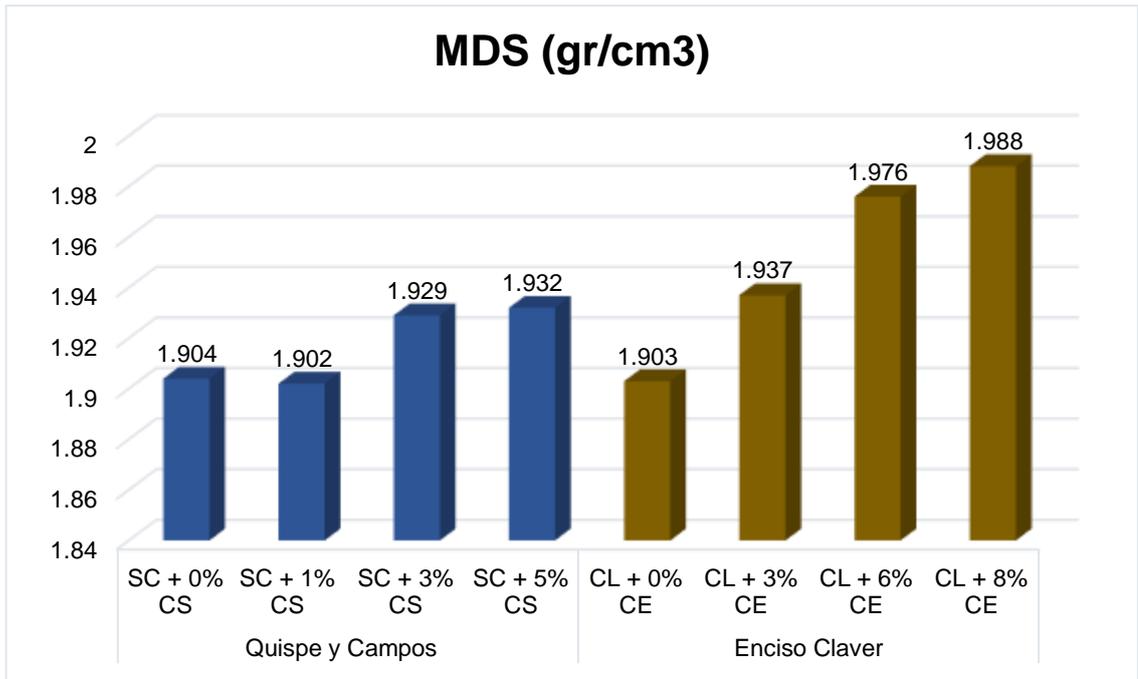
Los resultados de Enciso Claver y Quispe Carlos y Campos Juan cumplen según la norma NTP 339.141; para la presente investigación al adicionar las dosificaciones de CE y CS los resultados también cumplen con la norma.

Por lo tanto, el ensayo de Proctor Modificado utilizado para determinar el OCH de las muestras es apropiado, porque permiten determinar los valores al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5%.

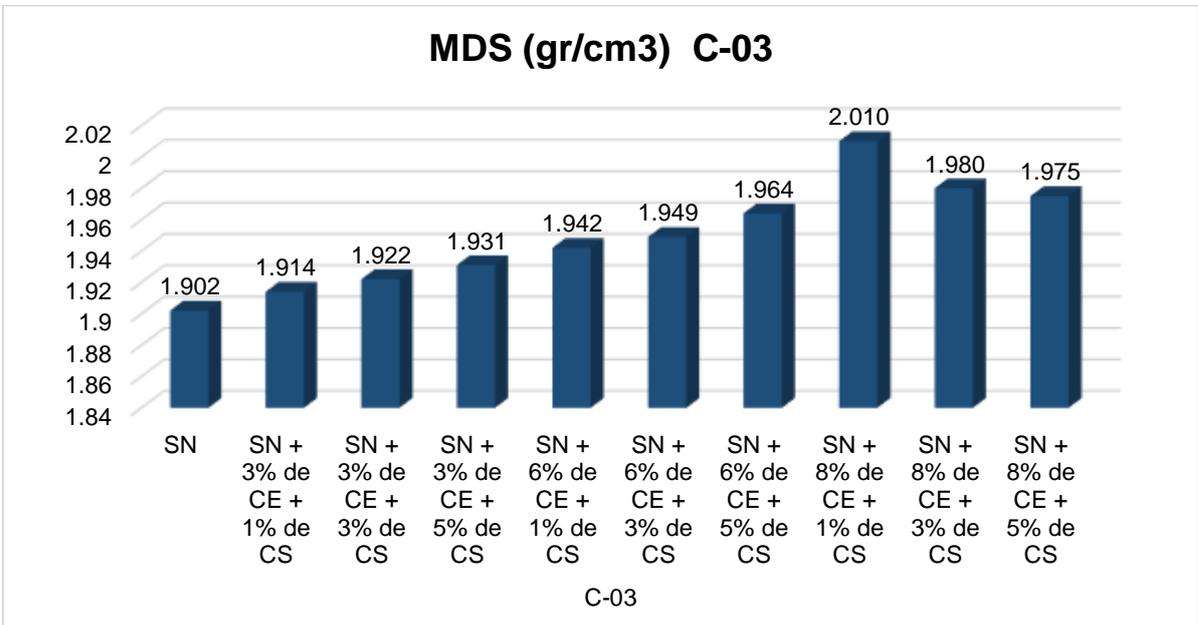
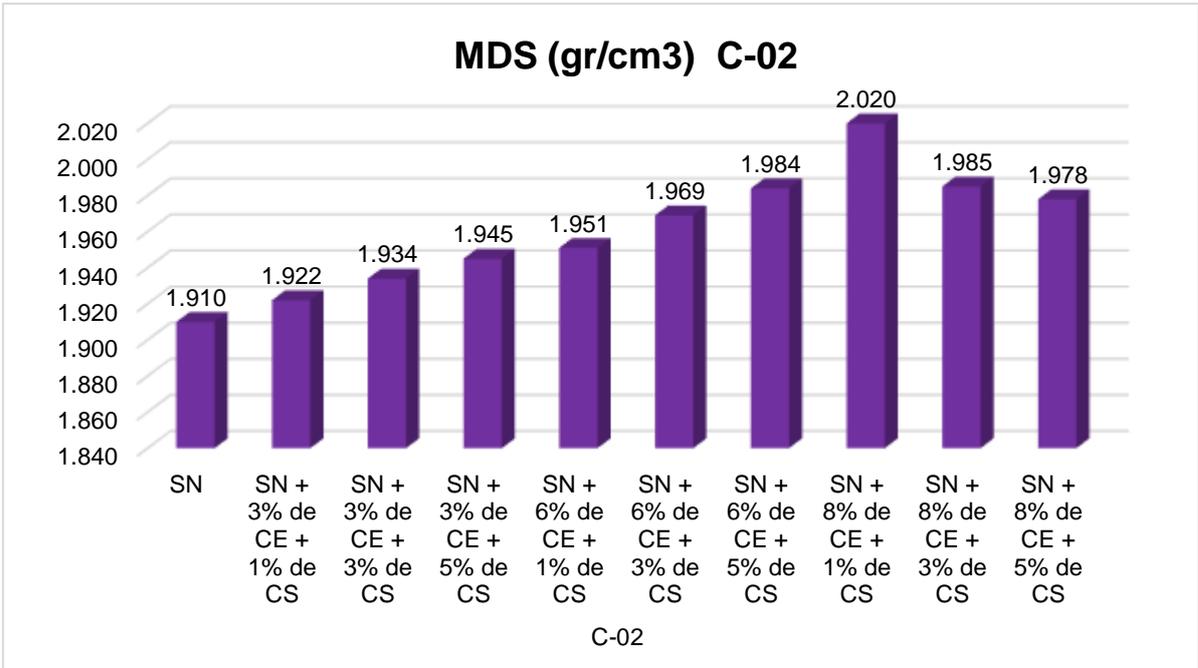
#### Máxima Densidad Seca

Para Enciso Claver (2020), en su investigación titulada “*Adición de ceniza de eucalipto para mejorar la estabilidad de la subrasante en la carretera Abancay - Huayllabamba, Apurímac, 2022*”, la MDS del suelo natural en la muestra extraída en la C-01 se obtuvo 1.904 g/cm<sup>3</sup> y con la adición de 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto se obtuvo 1.902 g/cm<sup>3</sup>, 1.929 g/cm<sup>3</sup> y 1.932 g/cm<sup>3</sup> respectivamente; por lo tanto, disminuye el valor de la MDS en relación al valor del suelo natural de la muestra extraída en la C-01 en -0.11% en la primera dosificación y aumenta en 1.31% y 1.47% en las 2 últimas dosificaciones respectivamente.

Para Quispe Carlos y Campos Juan (2020), en su investigación titulada “*Análisis de CBR, máxima densidad y resistencia al corte para estabilizar un suelo arcilloso SC utilizando 1%, 3% y 5% con cenizas de Sauco en Lima Este Distrito Ate - Vitarte*”, la MDS del suelo natural en la muestra extraída en la C-01 se obtuvo 1.903 g/cm<sup>3</sup>, y con la adición de 1%, 3% y 5% de ceniza de sauco se obtuvo 1.937 g/cm<sup>3</sup>, 1.976 g/cm<sup>3</sup> y 1.988 g/cm<sup>3</sup> respectivamente; por lo tanto, aumenta el valor de la MDS en relación al valor del suelo natural de la muestra extraída en la C-01 en 1.79%, 3.84% y 4.47% respectivamente. En ambos casos con la adición de ceniza de sauco y ceniza aumenta el valor de la MDS (ver gráfico).



En la presente investigación la MDS obtenido de la C-02 correspondiente al suelo natural fue de 1.910 g/cm<sup>3</sup> y al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% fue 1.922 g/cm<sup>3</sup>, 1.934 g/cm<sup>3</sup>, 1.945 g/cm<sup>3</sup>, 1.951 g/cm<sup>3</sup>, 1.969 g/cm<sup>3</sup>, 1.984 g/cm<sup>3</sup>, 2.020 g/cm<sup>3</sup>, 1.985 g/cm<sup>3</sup>, 1.978 g/cm<sup>3</sup> aumentando la MDS en 0.63%, 1.26%, 1.83%, 2.15%, 3.09%, 3.87% y 5.76% para las 7 primeras dosificaciones y disminuyendo en 3.93% y 3.56% para las 2 últimas dosificaciones. La MDS de la muestra del suelo natural de la C-03 fue 1.902 g/cm<sup>3</sup> y al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% fue 1.94 g/cm<sup>3</sup>, 1.922 g/cm<sup>3</sup>, 1.931 g/cm<sup>3</sup>, 1.942 g/cm<sup>3</sup>, 1.949 g/cm<sup>3</sup>, 1.964 g/cm<sup>3</sup>, 2.010 g/cm<sup>3</sup>, 1.980 g/cm<sup>3</sup>, 1.975 g/cm<sup>3</sup> aumentando la MDS en 0.63%, 1.05%, 1.52%, 2.10%, 2.47%, 3.26% y 5.68% para las 7 primeras dosificaciones y disminuyendo en 4.10% y 3.84% para las 2 últimas. En ambos casos la adición de CE y CS aumenta la MDS en las primeras 7 dosificaciones y disminuye en las 2 últimas (ver gráficos).



Para Enciso Claver (2020), al adicionar 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto a la muestra del suelo natural, el resultado de la MDS disminuye en -0.11% en la primera dosificación y aumenta en 1.31% y 1.47% para las 2 últimas dosificaciones; y para Quispe Carlos y Campos Juan (2020), al 1%, 3% y 5% de ceniza de sauco a la muestra del suelo natural, el resultado de la MDS aumenta en 1.79%, 3.84% y 4.47% respectivamente; y para esta investigación al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% a la muestra del suelo natural de la C-02, aumentando la MDS 0.63%, 1.26%, 1.83%, 2.15%, 3.09%,

3.87% y 5.76% para las 7 primeras dosificaciones y disminuyendo en 3.93% y 3.56% para las 2 últimas dosificaciones y al adicionarlas en la C-03 aumenta la MDS en 0.63%, 1.05%, 1.52%, 2.10%, 2.47%, 3.26% y 5.68% para las 7 primeras dosificaciones y disminuyendo en 4.10% y 3.84% para las 2 últimas; evidenciando que existe una SIMILITUD en los resultados de las muestras obtenidos en el laboratorios.

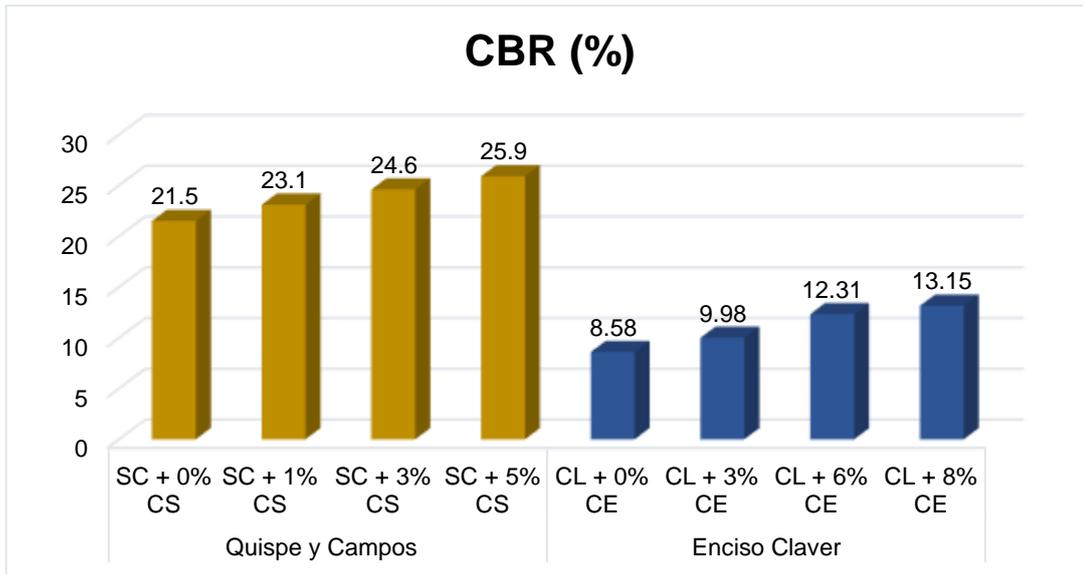
Los resultados de Enciso Claver y Quispe Carlos y Campos Juan cumplen con la MDS según la norma NTP 339.141; para la presente investigación al adicionar las dosificaciones de CE y CS los resultados también cumplen con la norma.

Por lo tanto, el ensayo de Proctor Modificado utilizado para determinar la MDS de las muestras es apropiado, porque permiten determinar los valores al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5%.

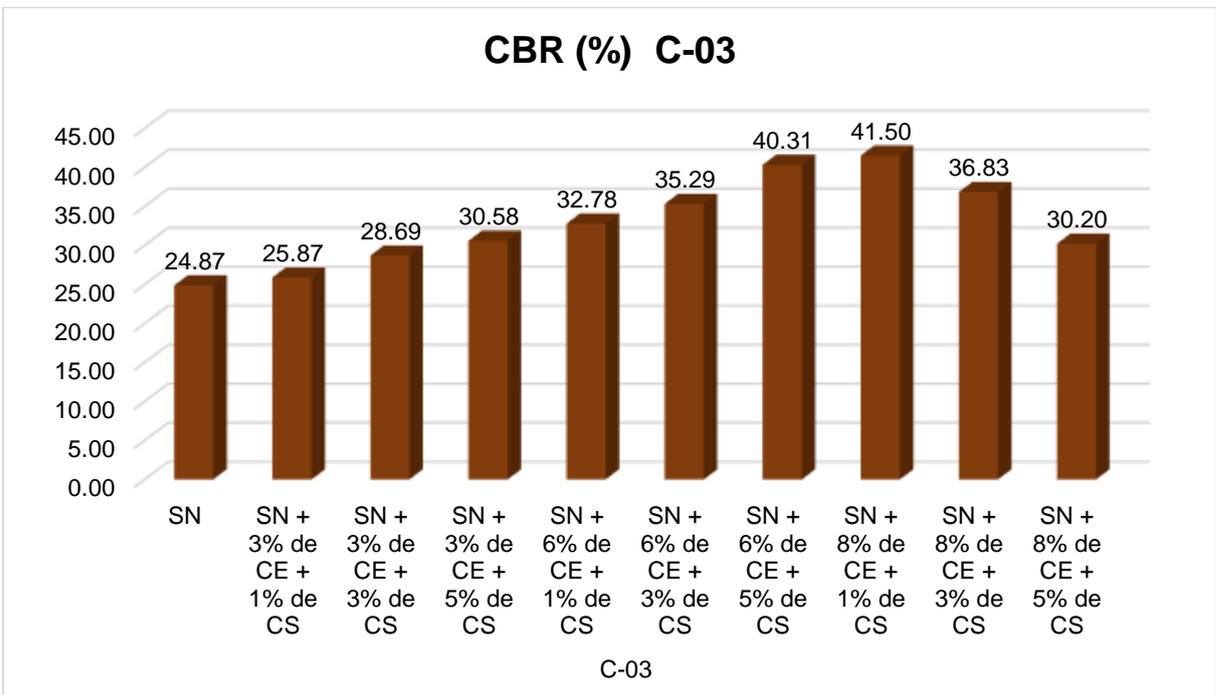
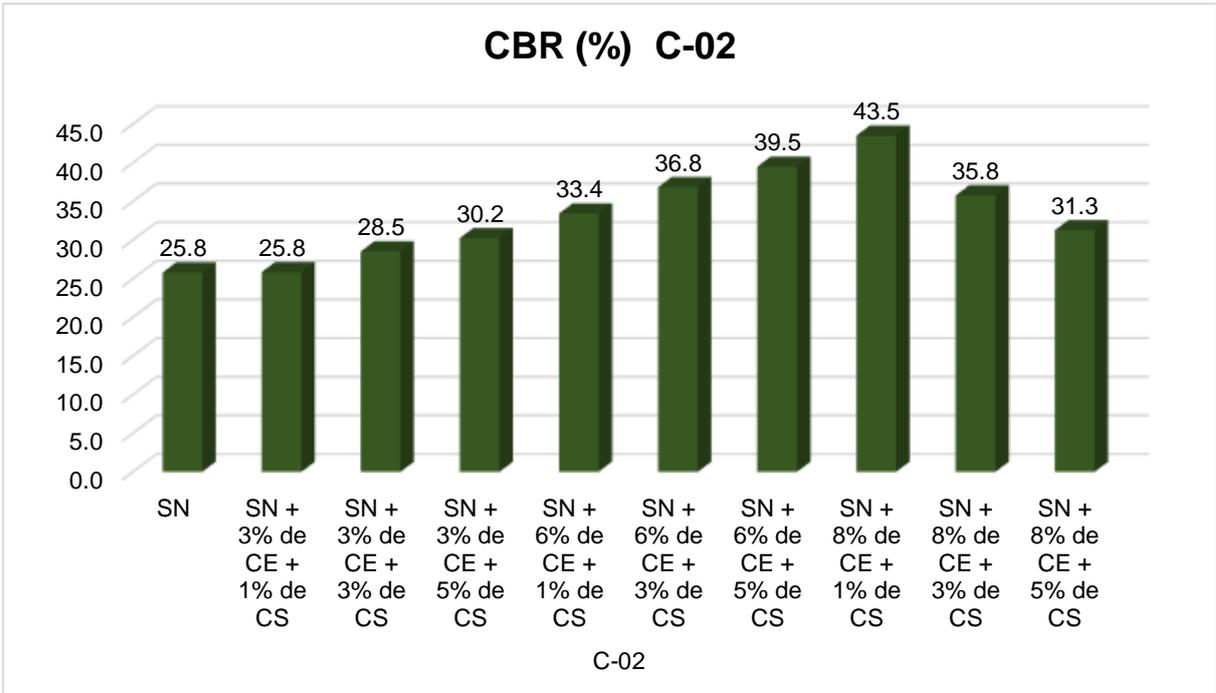
#### CBR

Para Enciso Claver (2020), en su investigación titulada "*Adición de ceniza de eucalipto para mejorar la estabilidad de la subrasante en la carretera Abancay - Huayllabamba, Apurímac, 2022*", el CBR del suelo natural en la muestra extraída en la C-01 se obtuvo 8.58% y con la adición de 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto se obtuvo 9.98%, 12.31% y 13.15% respectivamente; por lo tanto, aumenta el valor del CBR en relación al valor del suelo natural de la muestra extraída en la C-01 en 16.32%, 43.47% y 53.26% respectivamente.

Para Quispe Carlos y Campos Juan (2020), en su investigación titulada "*Análisis de CBR, máxima densidad y resistencia al corte para estabilizar un suelo arcilloso SC utilizando 1%, 3% y 5% con cenizas de Sauco en Lima Este Distrito Ate - Vitarte*", el CBR del suelo natural en la muestra extraída en la C-01 se obtuvo 21.5%, y con la adición de 1%, 3% y 5% de ceniza de sauco se obtuvo 23.1%, 24.6% y 25.9% respectivamente. Por lo tanto, aumenta el valor del CBR en relación al valor del suelo natural de la muestra extraída en la C-01 en 16.32%, 43.47% y 53.26% respectivamente. En ambos casos con la adición de ceniza de sauco y ceniza aumenta el valor del CBR (ver gráfico).



En la presente investigación el CBR obtenido de la C-02 correspondiente al suelo natural fue de 25.8% y al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% fue 25.8%, 28.5%, 30.2%, 33.4%, 36.8%, 39.5%, 43.5%, 35.8% y 31.31%, aumentando el CBR en 0.16%, 10.59%, 17.25%, 29.55%, 42.77%, 53.08%, 68.71% para las 7 primeras dosificaciones y disminuyendo en 38.70% y 21.21% para las 2 últimas dosificaciones. El CBR de la muestra del suelo natural de la C-03 fue 25.9%, 28.7%, 30.6%, 32.8%, 35.3%, 40.3%, 41.5%, 36.8% y 30.2% aumentando el CBR en 4.02%, 15.36%, 22.96%, 31.81%, 41.90%, 62.08%, 66.87% para las 7 primeras dosificaciones y disminuyendo en 48.09% y 21.43% para las 2 últimas. En ambos casos la adición de CE y CS aumenta el CBR en las primeras 7 dosificaciones y disminuye en las 2 últimas (ver gráficos).



Para Enciso Claver (2020), al adicionar 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto a la muestra del suelo natural, el resultado del CBR aumenta en 16.32%, 43.47% y 53.26% respectivamente; y para Quispe Carlos y Campos Juan (2020), al 1%, 3% y 5% de ceniza de sauco a la muestra del suelo natural, el resultado del CBR aumenta en 16.32%, 43.47% y 53.26% respectivamente; y para esta investigación al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% a la

muestra del suelo natural de la C-02, aumentando el CBR en 0.16%, 10.59%, 17.25%, 29.55%, 42.77%, 53.08%, 68.71% para las 7 primeras dosificaciones y disminuyendo en 38.70% y 21.21% para las 2 últimas dosificaciones y al adicionarlas en la C-03 aumenta el CBR en 4.02%, 15.36%, 22.96%, 31.81%, 41.90%, 62.08%, 66.87% para las 7 primeras dosificaciones y disminuyendo en 48.09% y 21.43% para las 2 últimas; evidenciando que existe una SIMILITUD en los resultados de las muestras obtenidos en el laboratorio.

Los resultados de Enciso Claver y Quispe Carlos y Campos Juan cumplen con el  $CBR > 6\%$  según el manual de carreteras, sin embargo, sus valores son muy bajos; para la presente investigación al adicionar las dosificaciones de CE y CS los resultados también cumplen con la norma cumplen con la norma CE010 pavimentos urbanos, obteniendo valores adecuados

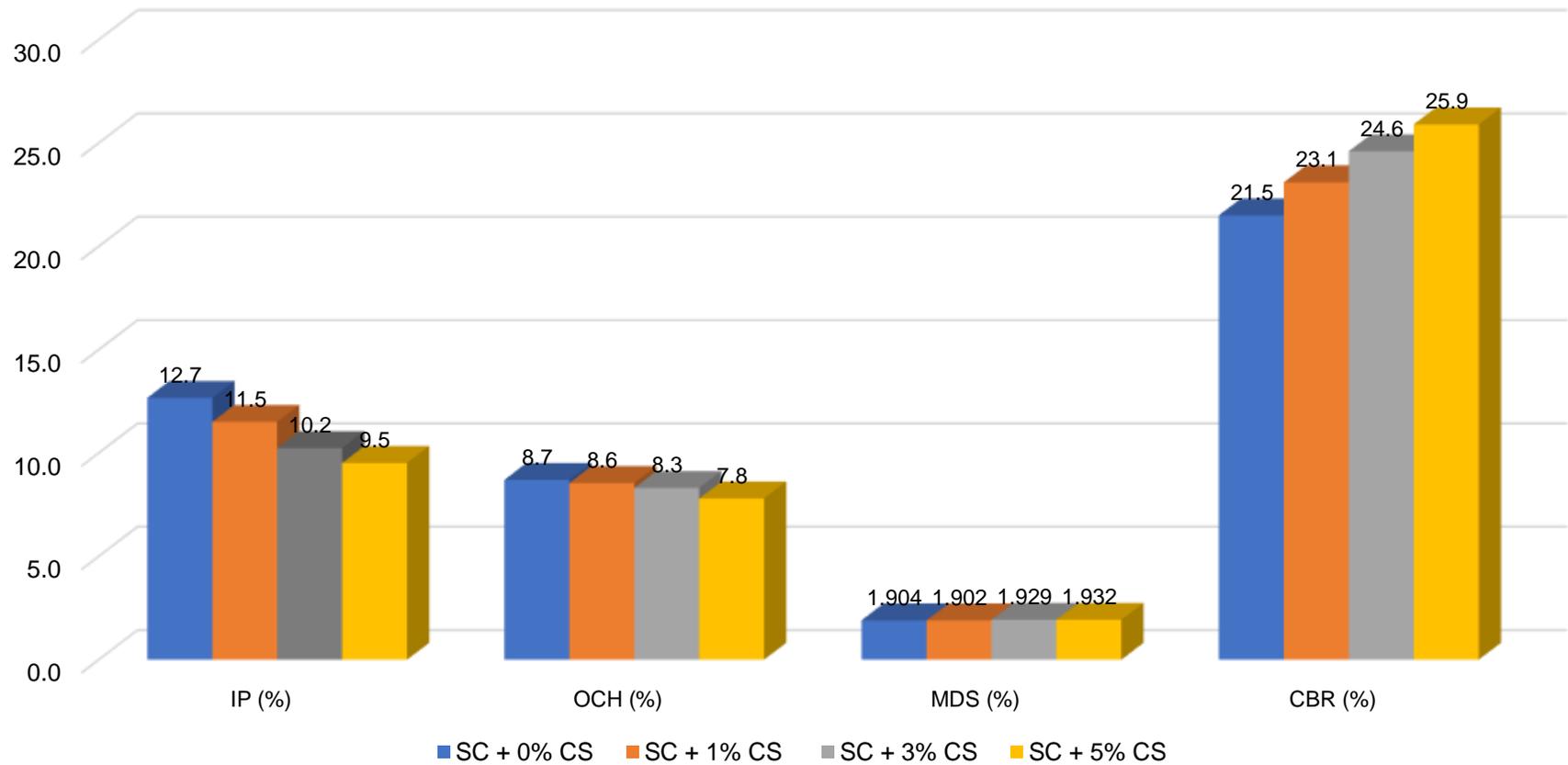
Por lo tanto, el ensayo del CBR utilizado es apropiado, porque permiten determinar los valores al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5%.

Objetivo Específico 3: Determinar cuál es el óptimo porcentaje de dosificación de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades de la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022

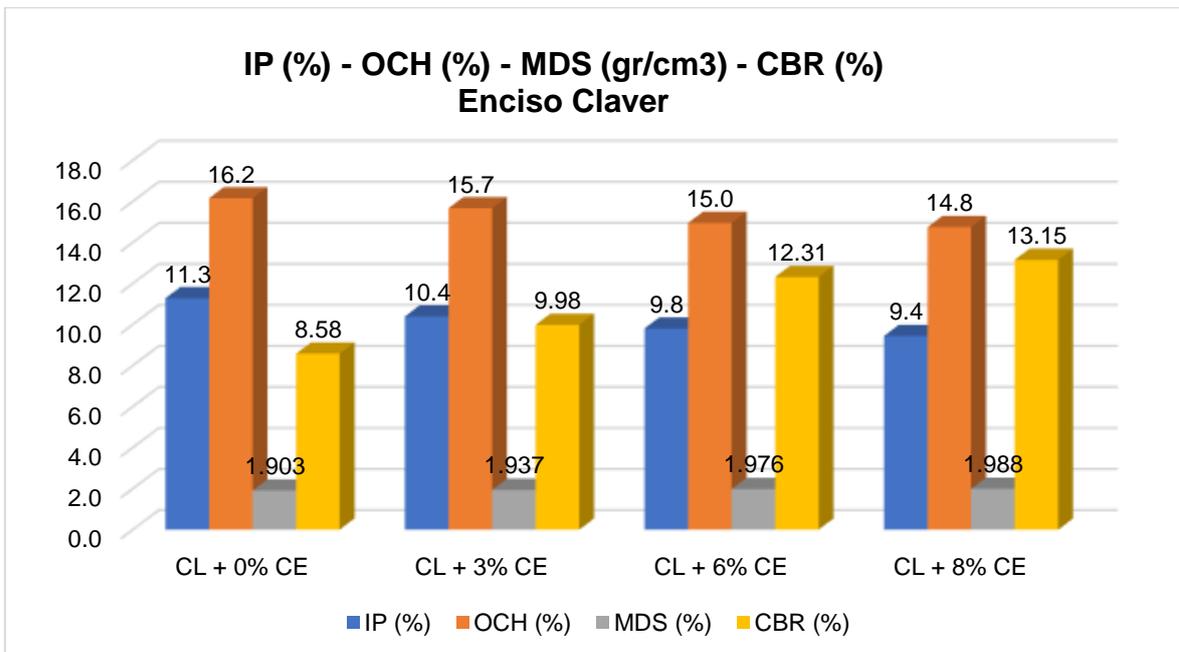
Para Quispe Carlos y Campos Juan (2020), en su investigación titulada *“Análisis de CBR, máxima densidad y resistencia al corte para estabilizar un suelo arcilloso SC utilizando 1%, 3% y 5% con cenizas de Sauco en Lima Este Distrito Ate - Vitarte”*, el IP del suelo natural en la muestra de suelo natural se obtuvo 11.3%, y con la adición de 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto se obtuvo 10.4%, 9.8% y 9.4% respectivamente; por lo tanto, disminuye el valor de IP en relación al valor del suelo natural en -7.89%, -13.12% y -16.31% respectivamente. La MDS del suelo natural en la muestra extraída se obtuvo 1.904 g/cm<sup>3</sup> y con la adición de 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto se obtuvo 1.902 g/cm<sup>3</sup>, 1.929 g/cm<sup>3</sup> y 1.932 g/cm<sup>3</sup> respectivamente; por lo tanto, disminuye el valor de la MDS en relación al valor del suelo natural de la muestra extraída en -0.11% en la primera dosificación y aumenta en 1.31% y 1.47% en las 2 últimas dosificaciones respectivamente. El OCH del suelo natural en la muestra extraída se obtuvo 11.3%, y con la adición de 3%, 6% y 8% de ceniza

de eucalipto se obtuvo 15.7%, 15% y 14.8% respectivamente; por lo tanto, disminuye el valor del OCH en relación al valor del suelo natural de la muestra extraída en la en -2.97%, -7.43% y -8.67% respectivamente. El CBR del suelo natural en la muestra extraída se obtuvo 8.58% y con la adición de 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto se obtuvo 9.98%, 12.31% y 13.15% respectivamente; por lo tanto, aumenta el valor del CBR en relación al valor del suelo natural de la muestra extraída en 16.32%, 43.47% y 53.26% respectivamente. (ver gráfico)

**IP (%) - OCH (%) - MDS (gr/cm3) - CBR (%)**  
**Quispe Carlos y Campos Juan**

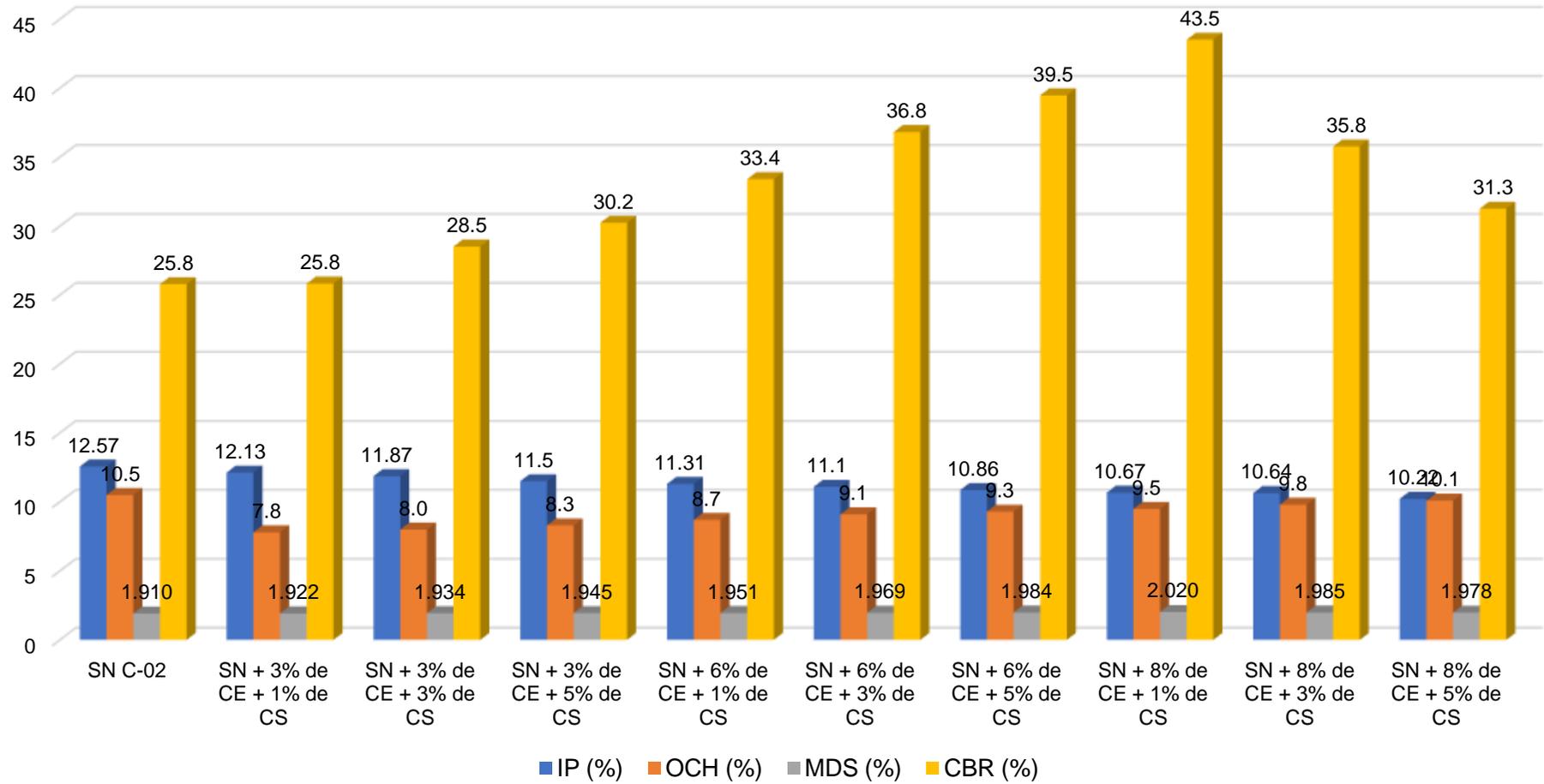


Para Enciso Claver (2020), en su investigación titulada “Adición de ceniza de eucalipto para mejorar la estabilidad de la subrasante en la carretera Abancay - Huayllabamba, Apurímac, 2022”. El IP del suelo natural en la muestra extraída se obtuvo 11.3%, y con la adición de 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto se obtuvo 10.4%, 9.8% y 9.4% respectivamente el resultado del IP disminuye en -7.89%, -13.12% y -16.31% respectivamente. El OCH del suelo natural en la muestra extraída se obtuvo 11.3%, y con la adición de 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto se obtuvo 15.7%, 15.0% y 14.8% respectivamente; por lo tanto, disminuye el valor del OCH en relación al valor del suelo natural de la muestra extraída en -2.97%, -7.43% y -8.67% respectivamente. La MDS del suelo natural en la muestra extraída en la C-01 se obtuvo 1.904 g/cm<sup>3</sup> y con la adición de 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto se obtuvo 1.902 g/cm<sup>3</sup>, 1.929 g/cm<sup>3</sup> y 1.932 g/cm<sup>3</sup> respectivamente, el resultado de la MDS disminuye en -0.11% en la primera dosificación y aumenta en 1.31% y 1.47% para las 2 últimas dosificaciones. El CBR del suelo natural en la muestra extraída se obtuvo 8.58% y con la adición de 3%, 6% y 8% de ceniza de eucalipto se obtuvo 9.98%, 12.31% y 13.15% respectivamente; por lo tanto, aumenta el valor del CBR en relación al valor del suelo natural de la muestra extraída 16.32%, 43.47% y 53.26% respectivamente



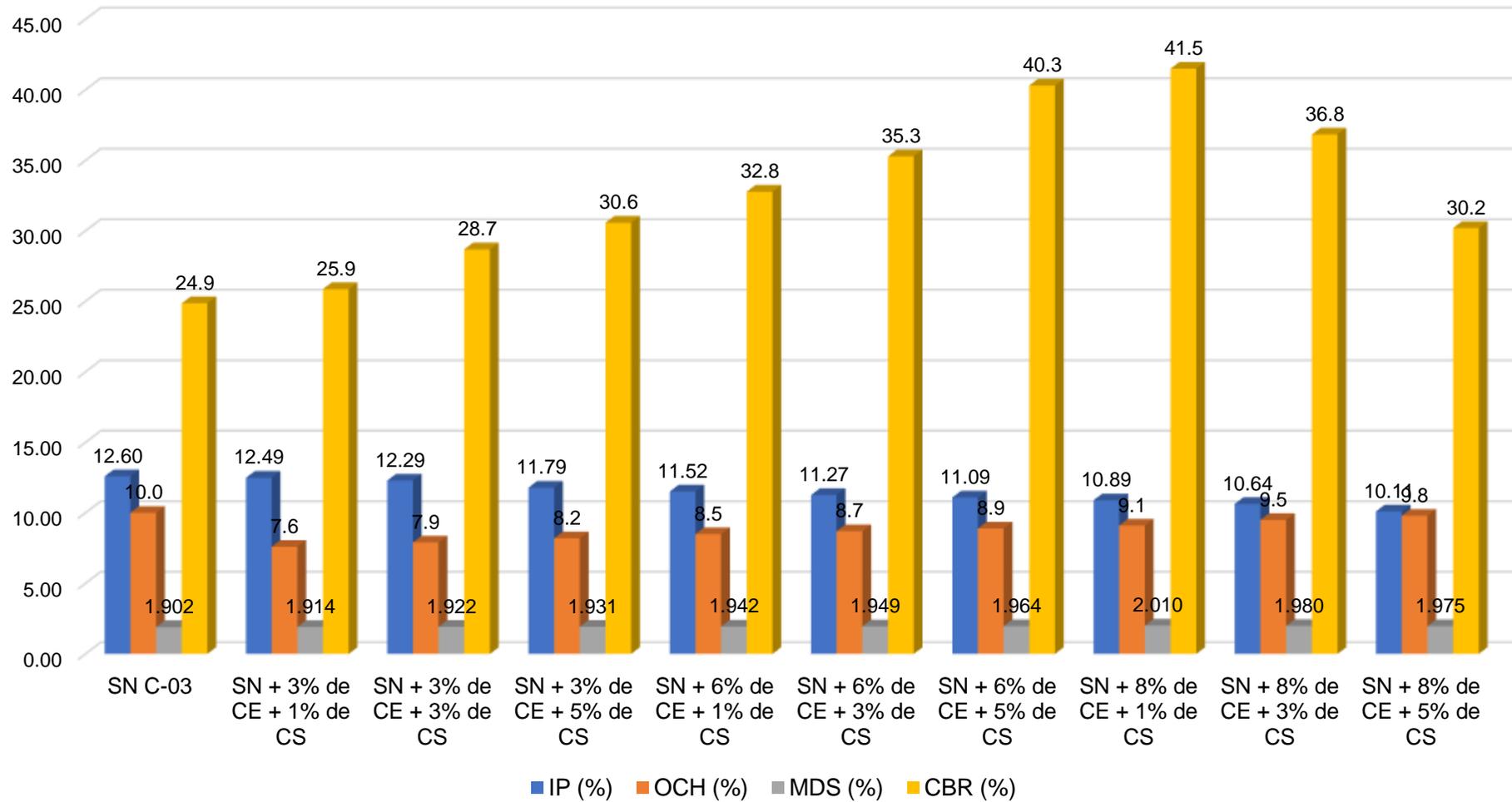
En la investigación el IP de la muestra del suelo natural de la C-02 correspondiente al suelo natural fue de 12.57% y al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% fue 12.1%, 11.9%, 11.5%, 11.3%, 11.1%, 10.9%, 10.7%, 10.6% y 10.2%, disminuyendo el IP en -3.50%, -5.57%, -8.51%, -10.02%, -11.69%, -13.60%, -15.12%, -15.35% y -18.70% respectivamente. el OCH obtenido de la C-02 correspondiente al suelo natural fue de 10.5% y al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% fue 7.8%, 8.0%, 8.3%, 8.7%, 9.1%, 9.3%, 9.5%, 9.8% y 10.1% disminuyendo el OCH en -25.71%, -23.81%, -20.95%, -17.14%, -13.33%, -11.43%, -9.52%, -6.67% y -3.81% respectivamente. la MDS obtenido de la C-02 correspondiente al suelo natural fue de 1.910 g/cm<sup>3</sup> y al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% fue 1.922 g/cm<sup>3</sup>, 1.934 g/cm<sup>3</sup>, 1.945 g/cm<sup>3</sup>, 1.951 g/cm<sup>3</sup>, 1.969 g/cm<sup>3</sup>, 1.984 g/cm<sup>3</sup>, 2.020 g/cm<sup>3</sup>, 1.985 g/cm<sup>3</sup>, 1.978 g/cm<sup>3</sup> aumentando la MDS en 0.63%, 1.26%, 1.83%, 2.15%, 3.09%, 3.87% y 5.76% para las 7 primeras dosificaciones y disminuyendo en 3.93% y 3.56% para las 2 últimas dosificaciones. el CBR obtenido de la C-02 correspondiente al suelo natural fue de 25.8% y al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% fue 25.8%, 28.5%, 30.2%, 33.4%, 36.8%, 39.5%, 43.5%, 35.8% y 31.31%, aumentando el CBR en 0.16%, 10.59%, 17.25%, 29.55%, 42.77%, 53.08%, 68.71% para las 7 primeras dosificaciones y disminuyendo en 38.70% y 21.21% para las 2 últimas dosificaciones.

### IP (%) - OCH (%) MDS (gr/cm3) - CBR (%) C-02



En la investigación el IP de la muestra del suelo natural de la C-03 fue de 12.6% y al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% fue 12.5%, 12.3%, 11.8%, 11.5%, 11.3%, 11.1%, 10.9%, 10.6% y 10.1%, disminuyendo el IP en -0.87%, -2.46%, -6.43%, -8.57%, -10.56%, -11.98%, -13.57%, -15.56% y -19.76% respectivamente. El OCH de la muestra del suelo natural de la C-03 fue de 10% y al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% fue 7.6%, 7.9%, 8.2%, 8.5%, 8.7%, 8.9%, 9.1%, 9.5% y 9.8% disminuyendo el OCH en -24.0%, -21.0%, -18.0%, -15.0%, -13.0%, -11.0%, -9.0%, -5.0% y -2.0% respectivamente. La MDS de la muestra del suelo natural de la C-03 fue 1.902 g/cm<sup>3</sup> y al adicionar CE en 3%, 6% y 8%; y CS en 1%, 3% y 5% fue 1.94 g/cm<sup>3</sup>, 1.922 g/cm<sup>3</sup>, 1.931 g/cm<sup>3</sup>, 1.942 g/cm<sup>3</sup>, 1.949 g/cm<sup>3</sup>, 1.964 g/cm<sup>3</sup>, 2.010 g/cm<sup>3</sup>, 1.980 g/cm<sup>3</sup>, 1.975 g/cm<sup>3</sup> aumentando la MDS en 0.63%, 1.05%, 1.52%, 2.10%, 2.47%, 3.26% y 5.68% para las 7 primeras dosificaciones y disminuyendo en 4.10% y 3.84% para las 2 últimas. El CBR de la muestra del suelo natural de la C-03 fue 25.9%, 28.7%, 30.6%, 32.8%, 35.3%, 40.3%, 41.5%, 36.8% y 30.2% aumentando el CBR en 4.02%, 15.36%, 22.96%, 31.81%, 41.90%, 62.08%, 66.87% para las 7 primeras dosificaciones y disminuyendo en 48.09% y 21.43% para las 2 últimas.

### IP (%) - OCH (%) MDS (gr/cm3) - CBR (%) C-03



Para Enciso Claver (2020), al adicionar 8% de CE a la muestra del suelo natural y para Quispe Carlos y Campos Juan (2020), al adicionar 5% de CS a la muestra de suelo natural, se obtienen resultados buenos; en la presente investigación al adicionar 8.0% de CE + 1.0% de CS a la muestra del suelo natural correspondiente a la C-02 y C-03, también se logra obtener significativos resultados, por lo tanto, se puede concluir que si existe una SIMILITUD en los resultados generales.

Los resultados de Enciso Claver y Quispe Carlos y Campos Juan, cumplen con los requisitos de la norma NTP; además, en el presente caso al adicionar CE y CS se logra cumplir con la NTP y CE 010 pavimentos urbanos.

En el laboratorio los ensayos realizados, como límites de consistencia, Proctor modificado, CBR son apropiados, ya que permiten hallar valores al incorporar 1.0%, 3.0% y 5.0% de CS y 3.0%, 6.0% y 8.0% de CE.

## VI. CONCLUSIONES

1. La influencia de CE y CS son de manera positiva con respecto a la estabilización de la subrasante en la Av. Saco Rojas, Lima – 2022.
2. Con respecto a las propiedades físicas con adición de CE y CS para la estabilización de subrasante se cuenta con los siguiente:
  - Al adicionar CE en 3%, 6% y 8% y CS en 1%, 3% y 5%, el IP en relación a la muestra del suelo natural de la C-02 es 0% (12.57%), con las adiciones disminuyó en: (-3.50%) 12.1%, (-5.57) 11.9%, (-8.51) 11.5%, (-10.02) 11.3%, (-11.69) 11.1%, (-13.60) 10.9%, (-15.12) 10.7%, (-15.35) 10.6% y (-18.70) 10.2% respectivamente; al adicionar CE en 3%, 6% y 8% y CS en 1%, 3% y 5% el IP en relación a la muestra del suelo natural de la C-03 es 0% (12.60%), con las adiciones disminuyó en: (-0.87%) 12.5%, (-2.46) 12.3%, (-6.43) 11.8%, (-8.57) 11.5%, (-10.56) 11.3%, (-11.98) 11.1%, (-13.57) 10.9%, (-15.56) 10.6% y (-19.76) 10.1% respectivamente. Para los dos casos se ha cumplido con el dato mínimo que se encuentra establecido en la NTP 339.129 y MTC - Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013), en el cual se ha clasificado como suelo de media plasticidad, por lo cual, la adición de CE y CS influye de forma positiva en las propiedades físicas de la subrasante en la Av. Saco Rojas, Lima – 2022.
3. De las propiedades mecánicas con adición de CE y CS para la estabilización de la subrasante se tiene:
  - Al adicionar CE en 3%, 6% y 8% y CS en 1%, 3% y 5%, el OCH con respecto a la muestra del suelo de la C-02 es 0% (10.5%), con las adiciones disminuyó en: (-25.71%) 7.8%, (-23.81) 8.0%, (-20.95) 8.3%, (-17.14) 8.7%, (-13.33) 9.1%, (-11.43) 9.3%, (-9.52) 9.5%, (-6.67) 9.8% y (-3.81) 10.1% respectivamente; al adicionar CE en 3%, 6% y 8% y CS en 1%, 3% y 5% el OCH con respecto a la muestra del suelo natural de la C-03 es 0% (12.60%), con las adiciones disminuyó en: (-24.0%) 7.6%, (-21.0%) 7.9%, (-18.0) 8.2%, (-15.0) 8.5%, (-13.0) 8.7%, (-11.0%) 8.9%, (-9%) 9.1%, (-5%) 9.5% y (-2%) 9.8% respectivamente. Para los dos casos

se encuentra con el cumplimiento de los lineamientos con respecto a la NTP 339.141 y MTC - Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013).

- Al adicionar CE en 3%, 6% y 8% y CS en 1%, 3% y 5%, la MDS con respecto a la muestra del suelo natural de la C-02 es 0% ( $1.910 \text{ g/cm}^3$ ), con las adiciones incrementó en: (0.63%)  $1.922 \text{ g/cm}^3$ , (1.26%)  $1.934 \text{ g/cm}^3$ , (1.83%)  $1.945 \text{ g/cm}^3$ , (2.15%)  $1.951 \text{ g/cm}^3$ , (3.09%)  $1.969 \text{ g/cm}^3$ , (3.87%)  $1.984 \text{ g/cm}^3$ , (5.76%)  $2.020 \text{ g/cm}^3$  y disminuyó en (3.93%)  $1.985 \text{ g/cm}^3$ , (3.56%)  $1.978 \text{ g/cm}^3$  respectivamente. Al adicionar CE en 3%, 6% y 8% y CS en 1%, 3% y 5%, la MDS con respecto a la muestra del suelo natural de la C-03 es 0% ( $1.902 \text{ g/cm}^3$ ), con las adiciones incrementó en: (0.63%)  $1.94 \text{ g/cm}^3$ , (1.05%)  $1.922 \text{ g/cm}^3$ , (1.52%)  $1.931 \text{ g/cm}^3$ , (2.10%)  $1.942 \text{ g/cm}^3$ , (2.47%)  $1.949 \text{ g/cm}^3$ , (3.26%)  $1.964 \text{ g/cm}^3$ , (5.68%)  $2.010 \text{ g/cm}^3$  y disminuyó en (4.10%)  $1.980 \text{ g/cm}^3$ , (3.84%)  $1.975 \text{ g/cm}^3$  respectivamente. Para los dos casos se está cumpliendo con los lineamientos de la NTP 339.141, MTC - Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013) y CE 0.10 Pavimentos Urbanos, haciendo hincapié que cuando la densidad es mayor se obtiene más resistencia y una reducción de la porosidad.
- Al adicionar CE en 3%, 6% y 8% y CS en 1%, 3% y 5%, el CBR en relación a la muestra del suelo natural de la C-02 es 0% (25.8%), con las adiciones incrementó en: (0.16%) 25.8%, (10.59%) 28.5%, (17.25%) 30.2%, (29.55%) 33.4%, (42.77%) 36.8%, (53.08%) 39.5%, (68.71%) 43.5% y disminuyó en (38.70%) 35.8% y (21.21%) 31.31%, respectivamente. Al adicionar CE en 3%, 6% y 8% y CS en 1%, 3% y 5%, el CBR en relación a la muestra del suelo natural de la C-03 es 0% (24.9%), con las adiciones incrementó en: (4.02%) 25.9%, (15.36%) 28.7%, (22.96%) 30.6%, (31.81%) 32.8%, (41.90%) 35.3%, (62.08%) 40.3%, (66.87%) 41.5% y disminuyó en (48.09%) 36.8% y (21.43%) 30.2%, respectivamente. Para ambos casos se está cumpliendo con lo estipulado por la norma NTP 339.145 y CE 0.10 Pavimentos Urbanos, siendo denominado como un tipo

de suelo de subrasante bueno ( $8\% < \text{CBR} \leq 17\%$ ) y/o excelente ( $17 \leq \text{CBR}$ ), ya que las muestras mencionadas están dentro de la clasificación.

Por lo tanto, la adición de CE y CS influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la subrasante en la Av. Saco Rojas, Lima 2022.

4. Con las diferentes dosificaciones con adición de CE y CS en las propiedades físico-mecánicas para la estabilizar la subrasante se concluye:

- Al adicionar el suelo natural con 3% de CE y 1% de CS para la muestra C-02, el IP (de 12.57% a 12.13%) y el OCH (de 10.5% a 7.8%) disminuyen, la MDS (1.910 gr/cm<sup>3</sup> a 1.922 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (25.8% a 25.81%) incrementan. Para la muestra C-03, el IP (de 12.60% a 12.49%) y el OCH (de 10.0% a 7.6%) disminuyen, la MDS (1.902 gr/cm<sup>3</sup> a 1.914 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (24.9% a 25.9%) incrementan con respecto al suelo natural.
- Al adicionar el suelo natural con 3% de CE y 3% de CS para la muestra C-02, el IP (de 12.57% a 11.87%) y el OCH (de 10.5% a 8.0%) disminuyen, la MDS (1.910 gr/cm<sup>3</sup> a 1.934 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (25.8% a 28.5%) incrementan. Para la muestra C-03, el IP (de 12.60% a 12.29%) y el OCH (de 10.0% a 7.9%) disminuyen, la MDS (1.902 gr/cm<sup>3</sup> a 1.922 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (24.9% a 28.7%) incrementan con respecto al suelo natural.
- Al adicionar el suelo natural con 3% de CE y 5% de CS para la muestra C-02, el IP (de 12.57% a 11.50%) y el OCH (de 10.5% a 8.3%) disminuyen, la MDS (1.910 gr/cm<sup>3</sup> a 1.945 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (25.8% a 30.2%) incrementan. Para la muestra C-03, el IP (de 12.60% a 11.79%) y el OCH (de 10.0% a 8.2%) disminuyen, la MDS (1.902 gr/cm<sup>3</sup> a 1.931 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (24.9% a 30.6%) incrementan con respecto al suelo natural.
- Al adicionar el suelo natural con 6% de CE y 1% de CS para la muestra C-02, el IP (de 12.57% a 11.31%) y el OCH (de 10.5% a 8.7%) disminuyen, la MDS (1.910 gr/cm<sup>3</sup> a 1.951 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (25.8% a

33.4%) incrementan. Para la muestra C-03, el IP (de 12.60% a 11.52%) y el OCH (de 10.0% a 8.5%) disminuyen, la MDS (1.902 gr/cm<sup>3</sup> a 1.942 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (24.9% a 32.8%) incrementan con respecto al suelo natural.

- Al adicionar el suelo natural con 6% de CE y 3% de CS para la muestra C-02, el IP (de 12.57% a 11.1%) y el OCH (de 10.5% a 9.1%) disminuyen, la MDS (1.910 gr/cm<sup>3</sup> a 1.969 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (25.8% a 36.8%) incrementan. Para la muestra C-03, el IP (de 12.60% a 11.27%) y el OCH (de 10.0% a 8.7%) disminuyen, la MDS (1.902 gr/cm<sup>3</sup> a 1.949 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (24.9% a 35.3%) incrementan con respecto al suelo natural.
- Al adicionar el suelo natural con 6% de CE y 5% de CS para la muestra C-02, el IP (de 12.57% a 10.86%) y el OCH (de 10.5% a 9.3%) disminuyen, la MDS (1.910 gr/cm<sup>3</sup> a 1.984 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (25.8% a 39.5%) incrementan. Para la muestra C-03, el IP (de 12.60% a 11.09%) y el OCH (de 10.0% a 8.9%) disminuyen, la MDS (1.902 gr/cm<sup>3</sup> a 1.964 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (24.9% a 40.3%) incrementan con respecto al suelo natural.
- Al adicionar el suelo natural con 8% de CE y 1% de CS para la muestra C-02, el IP (de 12.57% a 10.67%) y el OCH (de 10.5% a 9.5%) disminuyen, la MDS (1.910 gr/cm<sup>3</sup> a 2.020 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (25.8% a 43.5%) incrementan. Para la muestra C-03, el IP (de 12.60% a 10.89%) y el OCH (de 10.0% a 9.1%) disminuyen, la MDS (1.902 gr/cm<sup>3</sup> a 2.010 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (24.9% a 41.5%) incrementan con respecto al suelo natural.
- Al adicionar el suelo natural con 8% de CE y 3% de CS para la muestra C-02, el IP (de 12.57% a 10.64%) y el OCH (de 10.5% a 9.8%) disminuyen, la MDS (1.910 gr/cm<sup>3</sup> a 1.985 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (25.8% a 35.8%) disminuyen. Para la muestra C-03, el IP (de 12.60% a 10.64%) y el OCH (de 10.0% a 9.5%) disminuyen, la MDS (1.902 gr/cm<sup>3</sup> a 1.980 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (24.9% a 36.8%) incrementan con respecto al suelo natural.

- Al incluir al suelo natural con 8% de CE y 5% de CS para la muestra C-02, el IP (de 12.57% a 10.22%) y el OCH (de 10.5% a 10.1%) disminuyen, la MDS (1.910 gr/cm<sup>3</sup> a 1.978 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (25.8% a 31.3%) disminuyen. Para la muestra C-03, el IP (de 12.60% a 10.11%) y el OCH (de 10.0% a 9.8%) disminuyen, la MDS (1.902 gr/cm<sup>3</sup> a 1.975 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (24.9% a 30.2%) incrementan con respecto al suelo natural.
- De lo antes mencionado, la adición que presenta los óptimos resultados, es al adicionar el 8.0% de CE y 1.0% de CS, esta óptima dosificación se refleja en el resultado del CBR que se obtuvo al realizar los ensayos correspondientes.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Conforme a los hallazgos, la adición de la CE y CS logra la finalidad de estabilizar la subrasante del suelo granular estudiado, logrando mejorar la resistencia de este; por lo tanto, se recomienda para las futuras investigaciones analizar distintos suelos adicionando la CE y CS.
2. Se recomienda codificar de forma precisa las muestras que son extraídas de cada calicata, esto con la finalidad de no generar equivocaciones al momento de ser analizadas en el laboratorio.
3. Se recomienda a los estudiantes que realicen posteriores investigaciones con la adición de CE y CS a suelos los suelos granulares tipo base y subbase, con la finalidad de que mejore su calidad, debido a que los resultados reflejan una reducción de la plasticidad y genera un aumento del CBR.
4. Realizas investigaciones analizando la ceniza de eucalipto y sauco considerando la ubicación de donde se obtendrá la materia prima de forma que se evaluará cual es la calidad de final de las cenizas que se obtendrán.
5. Se recomienda estabilizar otra zona de Lima para analizar si se obtiene el mismo comportamiento en las propiedades físicas y mecánicas similares a las obtenidos en la investigación, al añadir al suelo ceniza de eucalipto y sauco.
6. Se recomienda evaluar sus propiedades físicas y mecánicas, pero de otros tipos de suelo y verificar su cumple con las propiedades y especificaciones que solicita la norma.

## REFERENCIAS

- AGUILAR PARAVICINO, H., BRAVO GUTIERREZ, J. (2020) "*Evaluation of bottom ash for the precision of clay soils from the brick zone of the district of San Jerónimo-Cusco. 2020*"
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM, 1992. Annual Book of ASTM Standards.
- ARIAS, F. El proyecto de investigación - Introducción a la metodología científica Caracas: *Episteme*, 2012. ISBN: 980-07-8529-9.
- ARIZA GÓMEZ, C. C., ROJAS NOVOA, C. A., & ROMERO FUENTES, Y. (2017). *Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante.*
- ASTORAYME SALAZAR. (2021). *Análisis del comportamiento mecánico del suelo arcilloso reforzado con PET para obras geotécnicas, provenientes de botellas plásticas recicladas, en el distrito de Ricuricocha-Tarapoto. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.*
- ATIENZA, M., DÍAZ, J. y FERNÁNDEZ, J. *Manual de estabilización de suelos con cemento o cal. Madrid: Instituto Español del cemento y sus Aplicaciones, 2008. ISBN: 978-84-89702-23-3.*
- BAÑÓN, L. y BEVIA, J. (2000). Road manuals. Volumen 2: *Construction and maintenance.* Alicante España: Ortiz e hijos, building contractors, S.A.
- BEHAK, L., PEREZ NUÑEZ, W. (2008). Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cascara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación. *Revista Ingeniería de Construcción*, 23 (1), pp: 34-41.
- BOWLES, J. *Manual de laboratorio de suelos de Ingeniería Civil.* [trad.] ARRIETA, A. México: McGraw-Hill, 1981. ISBN: 968-451-046-2.
- BUENO REGALADO, J. A., & TORRE MAZA, H. D. (2019). *Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar, Independencia, Huaraz-2018.*
- BUITRÓN, S.; ENRIQUEZ, A. (2018) *Study of the stabilization of expansive clays of Manabí with ash from the Tungurahua volcano.* Tesis de Licenciatura. Quito.

- CAÑAR TIVIANO E. (2018). *Comparative analysis of shear strength and stabilization of fine sandy and clayey soils combined with coal ash. Bachelor's thesis. Technical University of Ambato. Faculty of Civil and Mechanical Engineering. Civil Engineering career.*
- CENTRO IDEAS 2002. *Propagación y Bondades del Sauce*. Perú - Cajamarca Edición 1,000 ejemplares. Pág. 6
- COASACA, N., ARGOTA, G., CELI, L., CAMPOS, R., y MENDEZ, S. (2016). *Ética profesional y su concepción responsable para la investigación científica*. Campus. Lima, Perú (100) (22), 223-234.
- CONADESUCA. (2017). 4to. *Informe estadístico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en México*. Ciudad de México: SAGARPA.
- CORDEIRO, G. C., KURTIS, K. E. (2017). *Effect of mechanical processing on sugar cane bagasse ash pozzolanicity*. *Cement and Concrete Research*, Volume 97, pp: 41-49.
- CUERVO CAMACHO, Harold; BARRAGÁN GARZÓN C. (2019). *Analysis of the physical-mechanical behavior of the addition of rice husk ash of the white variety to a sandy-clayey soil*. Doctoral Thesis.
- DOHRMANN, R. *Cation exchange capacity methodology III: Correct exchangeable calcium determination of calcareous clays using a new silver–thiourea method*. *Applied Clay Science* 34 (2006) 47–57
- DUQUE, G. y ESCOBAR, C. *Mecánica de suelos*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2002.
- ESCOBAR, R. PAREDES, J. ESPINAL, R. *Estabilización electroquímica de suelos*. VIII Congreso Panamericano de Mecánica de suelos e Ingeniería de Fundaciones. Cartagena, Colombia, 1987.
- ESCOBAR, RICARDO. *Estabilización electroquímica de suelos*. Octavo simposio colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Popayán, 1991.
- ESTACIO, R.; MUÑOZ, S. Y RUBIO, M. 2012 *Tecnología del sauce (Sambucus peruviana L.)*.
- FARÍAS, Omar Farid Ojeda; ZAMORA, Miguel Ángel Baltazar; RANGEL, José Manuel Mendoza. *Influence of sugarcane bagasse ash inclusion on compaction, CBR and simple compressive strength of a subgrade-type granular material*. Magazine ALCONPAT, 2018, vol. 8, no 2, p. 194-208.

- GÓMEZ, S. *Metodología de la Investigación*. México: Red Tercer Milenio, 2012. ISBN: 978-607-733-149-0.
- GONGORA, Carlos Humberto Flórez, et al. *Estabilización química de suelos expansivos de San José de Cúcuta (Colombia) usando cenizas volantes*. Respuestas, 2008, vol. 13, no 2, p. 19-31.
- GONZALES CARPIO, F. M. (2018). *Análisis experimental de Suelos Estabilizados con Ceniza Volante, Cemento y Cal para Subrasante mejorada de Pavimentos en la Ciudad de Puno*.
- HERNÁNDEZ, J., MEJÍA, D. y ZELAYA, C. *Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador*. Tesis (Título de Ingeniero Civil).
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- IMCYC (2017). *Estabilización de suelos con cemento portland*. Biblioteca digital. (IMCYC, Ed.) Ciudad de México, D.F, México.
- JAGADESH, P., RAMACHANDRAMURTHY, A., Murugesan, R., Sarayu, K. (2015). *Micro-Analytical studies on sugar cane bagasse ash*. Sadhana, Volume 40, Issue 5, pp: 1629–1638.
- JIMÉNEZ SALAS, J.A., JUSTO A., J.L. *Geotecnia y cimientos I. Propiedades de los suelos y de las rocas*. Segunda Edición. 1975. Editorial Rueda Madrid p. 85-109.
- KRAEMER C. y PARDILLO J. (s.f.). *Ingeniería de Carreteras, Madrid: McGraw Hill Interamericana, 2004*.
- KURIAN, J., FRANCIS, J., & JAMES, S. (2018). *Stabilization of expansive soil using fly ash*. Int. Res. J. Eng. Technol, 5, 3075-3078.
- LAZAR, A. ¿ What is a pozzolana? 2017.
- MÁRQUEZ C., G. *Propiedades Ingenieriles de los Suelos*. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 1982.
- MARQUEZ, I., & ALEJANDRA. (2016). *Algarrobo (acacia macracantha)*. Islas galápagos, santa cruz, galápagos, ec (google, osm).
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: MTC, 2013.

- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de carreteras - Especificaciones técnicas generales para construcción*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2013.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de ensayo de materiales*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2016.
- MOLLO, V. (2022), *Incorporación de ceniza de hojas de eucalipto para la estabilización de la subrasante en la calle Luceros de Francia, Cusco – 2021*, Tesis
- MONTEJO P., A. y MONTEJO F., *Soil stabilization*. Bogota: Editions of the U, 2018. ISBN: 978-958-762-879-1.
- MONTEJO, A. *Ingeniería de pavimentos para carretera*. Bogotá: Stella Valbuena de Fierro, 2002.
- OSEDA, D., y otros. *Metodología de la investigación*. Huancayo: Pirámide, 2015
- PAUCAR QUISPE, Miriam Julia. *Influencia de la adición del sauco (sambucus peruviana l.) en las características fisicoquímicas y organolépticos del yogurt natural*. 2014.
- PEDROZA, A. *Características geológica mineralógica y geotécnicas de los suelos arcillosos que afloran en el área metropolitana de Cúcuta*. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta. 1998.
- PÉREZ J. y RIBERO R. (s.f.). *Evaluación de la Capacidad cementante de la Ceniza de Caña y Ceniza Volante para Suelos Granulares Limpios.*, Bucaramanga, 2008.
- PÉREZ, P., BARDALES, N., CHERO, J. *Increase in the support value of the soil by adding an eco-stabilizer from Arabica coffee husk ashes*. *Equatorial Soils*, 2021, vol. 51, no 1y2, p. 68-76.
- PÉREZ, Y. (2018). *Concrete strength  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  substituting cement in 4% and 8% for Eucalyptus trunk ash (Eucalyptus globulus)*. Thesis (Title of Civil Engineering). Chimbote: San Pedro University.
- PÉREZ. BLAS M. (2016). *Propagación de eucalipto (Eucalyptus Globulus)*
- ROLDÁN, Walter; SOTO, Julio. Technical evaluation of block masonry with pozzolanic additions. *Works and projects*, 2018, no 24, p. 13-20.
- ROMANELLI [en línea]. *The feasibility of soil stabilization with cement, 2019* Available in: <https://www.romanelli.com.br/es/noticias/a-viabilidade-da-estabilizacao-de-soloscom-cimento->.Salvador: Universidad de El Salvador, 2016.

- SALINAS, P. *Metodología de la investigación científica*. Mérida: Universidad de Los Andes, 2016
- TAMAYO, C. y SILVA, I. *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*. Chimbote: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, 2018.
- VEGA, D. (2017). *Pavement design for the access road to the new port of Yurimaguas (Km 1+000 to 2+000)*. Lima Perú. Pontifical Catholic University of Peru.
- VELÁSQUEZ, C. *Estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018.
- YANGUATIN, H., TOBÓN, J. y RAMÍREZ, J. Reactividad puzolánica de arcillas caoliníticas, una revisión. *Revista Ingeniería de Construcción*, 2017, 32(2). ISSN: 0718-5073.
- YANGUATIN, H.; TOBÓN, J.; RAMÍREZ, J. Pozzolanic reactivity of kaolinitic clays: a review. *Construction engineering magazine*, 2017, vol. 32, no 2, p. 13-24.

## ANEXOS

## Anexo 1. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cómo influye la adición de cenizas de sauco - eucalipto en las propiedades físico mecánico en la subrasante de pavimento flexibles en la Av. Saco Rojas, Lima 2022?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p>¿Cómo influye la adición de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades físicas en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Evaluar cómo influye la adición de las cenizas de sauco - eucalipto en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>Determinar cómo influye la adición de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades físicas en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La adición de cenizas de sauco - eucalipto influye positivamente en las propiedades físico y mecánico en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022</p> <p><b>Hipótesis Específicos:</b></p> <p>La adición de cenizas de sauco y eucalipto influye positivamente de las propiedades físicas de la subrasante en Av. Saco Rojas, Lima 2022</p>	INDEPENDIENTE	Cenizas de Eucalipto - Ceniza de Sauco	Dosificación	3% CE +1% CS =4%	Ficha de recolección de datos
						3% CE +3% CS =6%	
						3% CE + 5% CS = 8%	
						6% CE + 1% CS = 7%	
						6% CE + 3% CS = 9%	
						6% CE + 5% CS = 11%	
						8% CE + 1% CS = 9%	
						8% CE + 3% CS = 11%	
8% CE + 5% CS = 13%							
<p>¿Cómo influye la adición de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades mecánicas en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022</p>	<p>Determinar cómo influye la adición de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades mecánicas en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022</p>	<p>La adición de cenizas de sauco y eucalipto influye positivamente en las propiedades mecánicas en la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022</p>	DEPENDIENTE	Estabilización de subrasante	Propiedades Físicas	Granulometría (%)	Ficha según la norma ASTM D 422
						Límites de consistencia (%)	Ficha según la norma ASTM D 4318
						Clasificación SUCS	Ficha según la norma ASTM D 2487
<p>¿Cuál es el óptimo porcentaje de dosificación de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades de la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022?</p>	<p>Determinar cuál es el óptimo porcentaje de dosificación de cenizas de sauco y eucalipto en las propiedades de la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022.</p>	<p>La dosificación óptima de cenizas de sauco y eucalipto influye positivamente en las propiedades de la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022</p>			Propiedades Mecánicas	CBR (%)	Ficha según la norma ASTM D 1883
						Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Ficha según la norma ASTM D 698
						Óptimo contenido de humedad (%)	Ficha según la norma ASTM D 698

## Anexo 2. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
CENIZAS DE EUCALIPTO	Según Salazar menciona que “es un material que está constituido por distintos constituyentes, que si se logra combinar con cal da lugar a nuevos compuestos que son insolubles permanentemente y estables que tienen comportamiento hidráulico”. (2017, p.3)	Se adicionará las cenizas de sauco y eucalipto en dosificaciones cuyos porcentajes son 1%, 3% y 5% para la ceniza de sauco y 3%, 6% y 8% para la ceniza de eucalipto, con respecto al peso de la muestra de suelo de la subrasante de la av. Saco Rojas, con el objetivo de mejorar sus propiedades físico mecánicas.	Dosificación	0% en adición al suelo	Razón	<b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada. <b>Nivel de Investigación:</b> Tipo Explicativo. <b>Diseño de Investigación:</b> Experimental. <b>Enfoque:</b> Tipo Cuantitativo. <b>Población:</b> Av. Saco Rojas, Lima 2022. <b>Muestra:</b> 63 muestras por cada ensayo <b>Muestreo:</b> 3 calicatas <b>Técnica:</b> Observación directa. <b>Instrumento:</b> - Fichas - Equipos y herramientas - Software (Excel, SPSS) - Formato de recolección de datos
				3% en adición al suelo		
				6% en adición al suelo		
				8% en adición al suelo		
CENIZAS DE SAUCO	Quispe y Campos mencionan que “es una planta originaria del Perú, que tiene un intermedio y vigoroso vigor, de copa irregular y verde claro característico, con muchas aplicaciones medicinales”. (2022, p. 39)	de la muestra de suelo de la subrasante de la av. Saco Rojas, con el objetivo de mejorar sus propiedades físico mecánicas.	Dosificación	0% en adición al suelo		
				1% en adición al suelo		
				3% en adición al suelo		
				5% en adición al suelo		
ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE	Según el MTC menciona que “estabilizar el suelo abarca el mejoramiento de sus de sus características y sus propiedades como resistencia, durabilidad, permeabilidad, plasticidad, densidad, etc.” (2013, p.85)	La estabilización del suelo se verifica mediante sus propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, las cuales se verán reflejadas en la mejora de estas. Se tiene que medir en 5 indicadores como capacidad de soporte de California (CBR), granulometría, límites de consistencia, máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad que son sus características, las cuales serán analizadas posteriormente en los ensayos de laboratorio.	Propiedades Físicas	Granulometría (%)		
				Límites de consistencia (%)		
				Clasificación SUCS		
			Propiedades Mecánicas	CBR (%)		
				Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )		
				Óptimo contenido de humedad (%)		

### Anexo 3. Análisis estadístico de datos

#### Contrastación de hipótesis para C-02

Para esta investigación se ha realizado la prueba de normalidad con la finalidad de determinar el uso de la prueba estadística que se va a usar.

Hipótesis 01: La adición de cenizas de sauco y eucalipto influye positivamente de las propiedades físicas de la subrasante en Av. Saco Rojas, Lima 2022.

Prueba de normalidad de la variable: Propiedades físicas de la subrasante (IP).

1. Planteamiento de Normalidad: Hipótesis Nula ( $H_0$ ) y Alternativa ( $H_1$ )

$H_0$ : Datos de la variable propiedades físicas de la subrasante (Índice de Plasticidad) tiene normalidad.

$H_1$ : La variable propiedades físicas de la subrasante (Índice de Plasticidad) no tiene normalidad.

2. Nivel de significancia:  $\alpha=0.05$  (5%)

3. Elección de la Prueba estadística: si  $n>50$  (Kolmogorov- Smirnov), si  $n<50$  (Shapiro-Wilk), para este caso  $n=10$  muestras por lo que se utiliza Shapiro Wilk.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ADICION_DE_CS_Y_CE	,152	10	,200*	0.978	10	,957
IP_C02	,121	10	,200*	0.951	10	,850

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

4. Regla de decisión:

$p \leq 0.05$  (se rechaza la hipótesis nula), para este caso  $0.850 > 0.05$ ; por lo tanto; se acepta la  $H_0$ .

5. Conclusión: Los datos de la variable propiedades físicas de la subrasante (Índice de Plasticidad) tienen normalidad con un nivel de significancia de 5%, por ello se utiliza Correlación de Pearson.

Correlación “r” de Pearson:

1. Planteamiento del problema:

H<sub>0</sub>: La variable propiedades físicas de la subrasante (Índice de Plasticidad) NO está relacionada con la adición de CE y CS.

H<sub>1</sub>: La variable propiedades físicas de la subrasante (Índice de Plasticidad) SI está relacionada con la adición de CE y CS.

2. Nivel de significancia:  $\alpha=0.05$  (5%)

3. Elección de la Prueba estadística: n=10 muestras (Correlación “r” de Pearson).

		ADICION_DE_CS_Y_CE	IP_C02
ADICION_DE_CS_Y_CE	Correlación de Pearson	1	-,981**
	Sig. (bilateral)		,001
	N	10	10
IP_C02	Correlación de Pearson	*-,981**	1
	Sig. (bilateral)	,001	
	N	10	10

\*\* . La correlación es significactiva en el nivel 0,01 (bilateral)

4. Regla de decisión:

Si  $p > \alpha$ , entonces se acepta H<sub>0</sub>, caso contrario el H<sub>1</sub>.

Por lo que  $0.001 < 0.05$ , se acepta la H<sub>1</sub>.

5. Conclusión: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades físicas de la subrasante (Índice de Plasticidad) SI está relacionada de manera directa y negativa con la adición de CE y CS (r= -0.981).

Hipótesis 02: La adición de cenizas de sauco y eucalipto influye positivamente de las propiedades mecánicas de la subrasante en Av. Saco Rojas, Lima 2022.

Prueba de normalidad de la variable: Propiedades mecánicas de la subrasante (OCH, MDS Y CBR).

1. Planteamiento de hipótesis Nula ( $H_0$ ) y Alterna ( $H_1$ ):

$H_0$ : Datos de la variable propiedades mecánicas de la subrasante (OCH, MDS Y CBR) tiene normalidad.

$H_1$ : La variable propiedades mecánicas de la subrasante (OCH, MDS Y CBR) no tiene normalidad.

2. Nivel de significancia:  $\alpha=0.05$  (5%)

3. Elección de la Prueba estadística: si  $n>50$  (Kolmogorov- Smirnov), si  $n<50$  (Shapiro-Wilk), para este caso  $n=10$  muestras por lo que se utiliza Shapiro Wilk.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ADICION_DE_CS_Y_CE	,152	10	,200*	0.978	10	,957
OCH_C02	,275	10	,200*	0.859	10	,248
MDS_C02	,186	10	,200*	0.932	10	,824
CBR_C02	,209	10	,200*	0.965	10	,921

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

4. Regla de decisión:

$p \leq 0.05$  (se rechaza la hipótesis nula).

Para OCH:  $0.248 > 0.05$ ; por lo tanto; se acepta la  $H_0$ .

Para MDS:  $0.824 > 0.05$ ; por lo tanto, se acepta la  $H_0$ .

Para CBR:  $0.921 > 0.05$ ; por lo tanto, se acepta la  $H_0$ .

5. Conclusión: Los datos de la variable propiedades mecánicas de la subrasante (OCH, MDS y CBR) tienen normalidad con un nivel de significancia de 5%, por ello se utiliza Correlación de Pearson.

Correlación “r” de Pearson:

1. Planteamiento del problema:

H<sub>0</sub>: La variable propiedades mecánicas de la subrasante (OCH, MDS y CBR) NO está relacionada con la adición de CHSM.

H<sub>1</sub>: La variable propiedades mecánicas de la subrasante (OCH, MDS y CBR) SI está relacionada con la adición de CHSM.

2. Nivel de significancia:  $\alpha=0.05$  (5%)

3. Elección de la Prueba estadística: n=10 muestras (Correlación “r” de Pearson).

**Correlaciones**

		ADICION_DE_CS_Y_CE	OCH_C02	MDS_C02	CBR_C02
ADICION_DE_CS_Y_CE	Correlación de Pearson	1	-,721	-,325	-,459
	Sig. (bilateral)		,215	,856	,648
	N	10	10	10	10
OCH_C02	Correlación de Pearson	*,721	1	-,522	-,855
	Sig. (bilateral)	,215		,358	,125
	N	10	10	10	10
MDS_C02	Correlación de Pearson	*,325	-,522	1	-,921
	Sig. (bilateral)	,856	,358		,075
	N	10	10	10	10
CBR_C02	Correlación de Pearson	*,459	-,855	-,921	1
	Sig. (bilateral)	,648	,125	,085	
	N	10	10	10	10

4. Regla de decisión:

Si  $p > \alpha$ , entonces se acepta H<sub>0</sub>, caso contrario el H<sub>1</sub>.

Para OCH:  $0.215 > 0.05$ ; por lo tanto; se acepta la H<sub>0</sub>.

Para MDS:  $0.856 > 0.05$ ; por lo tanto, se acepta la H<sub>0</sub>.

Para CBR:  $0.648 > 0.05$ ; por lo tanto, se acepta la H<sub>0</sub>.

5. Conclusión:

Conclusión para OCH: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades mecánicas de la subrasante (OCH) NO está relacionada de manera directa con la adición de CE y CS ( $r = -0.721$ ).

Conclusión para MDS: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades mecánicas de la subrasante (MDS) NO está relacionada de manera directa con la adición de CHSM ( $r = -0.325$ ). Esto se debe a que con la adición del 8% de CE y 1% de CS de la MDS tiende a decrecer. Si se considera

la adición hasta el 6% de CE y 5% de CS (n=7 muestras), se relaciona de manera directa (ver tabla 19).

Conclusión para CBR: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades mecánicas de la subrasante (CBR) NO está relacionada de manera directa con la adición de CE y CS (r= 0.648). Esto se debe a que con la adición del 8% de CE y 1% de CS la MDS tiende a decrecer. Si se considera la adición hasta el 6% de CE y 5% de CS (n=7 muestras), se relaciona de manera directa.

Hipótesis 03: La dosificación óptima de cenizas de sauco y eucalipto influye positivamente en las propiedades de la subrasante del pavimento flexible en la Av. Saco Rojas, Lima 2022

Prueba de normalidad de la variable: Propiedades físico-mecánicas de la subrasante (IP, OCH, MDS Y CBR).

1. Planteamiento de hipótesis Nula ( $H_0$ ) y Alterna ( $H_1$ ):

$H_0$ : Datos de la variable propiedades físico-mecánicas de la subrasante (IP, OCH, MDS Y CBR) tiene normalidad.

$H_1$ : La variable propiedades físico-mecánicas de la subrasante (IP, OCH, MDS Y CBR) no tiene normalidad.

2. Nivel de significancia:  $\alpha=0.05$  (5%)

3. Elección de la Prueba estadística: si  $n>50$  (Kolmogorov- Smirnov), si  $n<50$  (Shapiro-Wilk), para este caso  $n=10$  muestras por lo que se utiliza Shapiro Wilk.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ADICION_DE_CS_Y_CE	,152	10	,200*	0.978	10	,957
IP_C02	,121	10	,200*	0.951	10	,850
OCH_C02	,275	10	,200*	0.859	10	,248
MDS_C02	,186	10	,200*	0.932	10	,824
CBR_C02	,209	10	,200*	0.965	10	,921

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

4. Regla de decisión:

$p \leq 0.05$  (se rechaza la hipótesis nula).

Para IP:  $0.850 > 0.05$ ; por lo tanto; se acepta la  $H_0$ .

Para OCH:  $0.248 > 0.05$ ; por lo tanto; se acepta la  $H_0$ .

Para MDS:  $0.824 > 0.05$ ; por lo tanto; se acepta la  $H_0$ .

Para CBR:  $0.921 > 0.05$ ; por lo tanto; se acepta la  $H_0$ .

5. Conclusión: Los datos de la variable propiedades mecánicas de la subrasante (OCH, MDS y CBR) tienen normalidad con un nivel de significancia de 5%, por ello se utiliza Correlación de Pearson.

Correlación “r” de Pearson:

6. Planteamiento del problema:

$H_0$ : La variable propiedades físico-mecánicas de la subrasante (IP, OCH, MDS y CBR) NO está relacionada con la adición de CHSM.

$H_1$ : La variable propiedades físico-mecánicas de la subrasante (IP, OCH, MDS y CBR) SI está relacionada con la adición de CHSM.

7. Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$  (5%)

8. Elección de la Prueba estadística:  $n = 10$  muestras (Correlación “r” de Pearson).

**Correlaciones**

		ADICION_DE_CS_Y_CE	IP_C02	OCH_C02	MDS_C02	CBR_C02
ADICION_DE_CS_Y_CE	Correlación de Pearson	1	-,981	-,721	-,325	-,459
	Sig. (bilateral)		,001	,215	,856	,648
	N	10	10	10	10	10
IP_C02	Correlación de Pearson	*-,981	1	,548	,175	-,855
	Sig. (bilateral)	,001		,324	,358	,125
	N	10	10	10	10	10
OCH_C02	Correlación de Pearson	*-,721	,548	1	-,522	-,855
	Sig. (bilateral)	,215	,324		,358	,125
	N	10	10	10	10	10
MDS_C02	Correlación de Pearson	*-,325	-,522	-,522	1	-,921
	Sig. (bilateral)	,856	,358	,358		,075
	N	10	10	10	10	10
CBR_C02	Correlación de Pearson	*-,459	-,855	-,855	-,921	1
	Sig. (bilateral)	,648	,125	,125	,085	
	N	10	10	10	10	10

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)

4. Regla de decisión:

Si  $p > \alpha$ , entonces se acepta  $H_0$ , caso contrario el  $H_1$ .

Para IP:  $0.001 < 0.05$ ; por lo tanto; se acepta la  $H_1$ .

Para OCH:  $0.215 > 0.05$ ; por lo tanto; se acepta la  $H_0$ .

Para MDS:  $0.856 > 0.05$ ; por lo tanto, se acepta la  $H_0$ .

Para CBR:  $0.648 > 0.05$ ; por lo tanto, se acepta la  $H_0$ .

5. Conclusión:

Conclusión para IP: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades mecánicas de la subrasante (OCH) SI está relacionada de manera directa y negativa con la adición de CE y CS ( $r = -0.981$ ).

Conclusión para OCH: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades mecánicas de la subrasante (OCH) NO está relacionada de manera directa con la adición de CE y CS ( $r = -0.721$ ).

Conclusión para MDS: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades mecánicas de la subrasante (MDS) NO está relacionada de manera directa con la adición de CHSM ( $r = -0.325$ ).

Conclusión para CBR: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades mecánicas de la subrasante (CBR) NO está relacionada de manera directa con la adición de CHSM ( $r = -0.459$ ).

Cabe recalcar que si se considera hasta la adición del 6% de CE y 5% de CS ( $n=7$  muestras) el IP, MDS y CBR estarán relacionadas directamente, el OCH no se relaciona de manera directa.

### Correlaciones

		ADICION_DE_CS_Y_CE	IP_C02	OCH_C02	MDS_C02	CBR_C02
ADICION_DE_CS_Y_CE	Correlación de Pearson	1	-,981	-,721	-,325	-,459
	Sig. (bilateral)		,001	,005	,0015	,032
	N	7	7	7	7	7
IP_C02	Correlación de Pearson	*-,981	1	,652	,175	-,855
	Sig. (bilateral)	,001		,124	,358	,125
	N	7	7	7	7	7
OCH_C02	Correlación de Pearson	*-,721	,652	1	-,522	-,758
	Sig. (bilateral)	,005	,124		,358	,105
	N	7	7	7	7	7
MDS_C02	Correlación de Pearson	*,325	-,522	-,522	1	-,875
	Sig. (bilateral)	,0015	,358	,358		,015
	N	7	7	7	7	7
CBR_C02	Correlación de Pearson	,459	-,855	-,758	-,875	1
	Sig. (bilateral)	,032	,125	,105	,015	
	N	7	7	7	7	7

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)

Donde para la Regla de decisión:

Si  $p > \alpha$ , entonces se acepta  $H_0$ , caso contrario el  $H_1$ .

Para IP:  $0.022 < 0.05$ ; por lo tanto; se acepta la  $H_1$ .

Para OCH:  $0.065 > 0.05$ ; por lo tanto; se acepta la  $H_0$ .

Para MDS:  $0.020 < 0.05$ ; por lo tanto, se acepta la  $H_1$ .

Para CBR:  $0.024 < 0.05$ ; por lo tanto, se acepta la  $H_1$ .

Se tiene como conclusión con la adición hasta el 2.0% de CHSM:

Conclusión para IP: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades mecánicas de la subrasante (OCH) SI está relacionada de manera directa y negativa con la adición de CHSM ( $r = -0.981$ ).

Conclusión para OCH: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades mecánicas de la subrasante (OCH) SI está relacionada de manera directa con la adición de CHSM ( $r = -0.721$ ).

Conclusión para MDS: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades mecánicas de la subrasante (MDS) SI está relacionada de manera directa y positiva con la adición de CHSM ( $r = 0.325$ ).

Conclusión para CBR: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades mecánicas de la subrasante (CBR) SI está relacionada de manera directa y positiva con la adición de CHSM ( $r = 0.459$ ).

## Anexo 4. Instrumentos de recolección de datos



### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (GRANULOMETRÍA) DE SUELOS MEDIANTE ANÁLISIS DE TAMIZ (ASTM D6913 / D6913M - 17)**

**TÍTULO:** "Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco y eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022".

**ELABORADO:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**UBICACIÓN:** Av. Saco Rojas, Distrito de Carabayllo, departamento Lima.

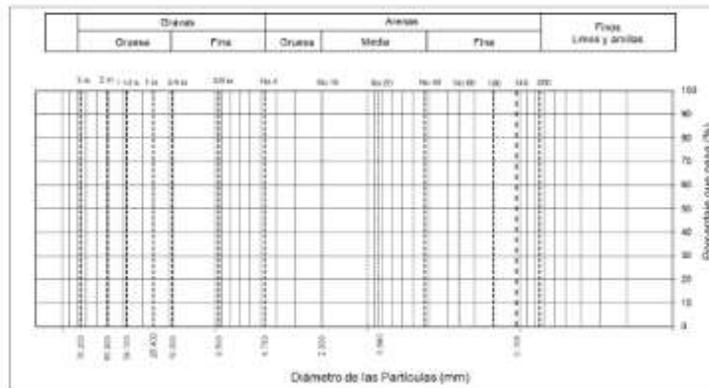
**MATERIAL:**

**FECHA:**

**Método de ensayo utilizado:**

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2457)	
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	
NOMBRE DEL GRUPO	

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Fracción Gruesa de tra Separación (0,1 g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	Especificación	
						Mínimo	Máximo
3 in.	76.200						
2 in.	50.800						
1 - 1/2 in.	38.100						
1 in.	25.400						
3/4 in.	19.000						
3/8 in.	9.500						
No. 4	4.750						
No. 10	2.000						
No. 20	0.840						
No. 40	0.425						
No. 60	0.250						
No. 100	0.150						
No. 140	0.106						
No. 200	0.075						
Pan	—						



**PAUL OMAR PALOMINO CARHUAPUMA**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 271611

**FREDDY CARIPIO NAHUI**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 271266

**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 268361 -



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS (ASTM D4318 - 17)

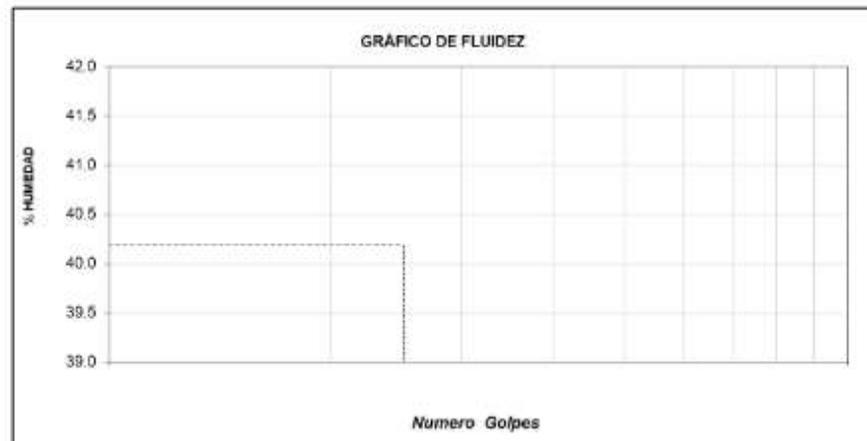
**TÍTULO:** "Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco y eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022".

**ELABORADO:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**UBICACIÓN:** Av. Saco Rojas, Distrito de Carabayllo, departamento Lima.

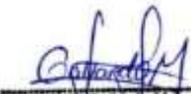
**Límite Líquido:** Método de ensayo utilizado LL:  
**Límite Plástico:** Tamiz de separación E11:  
**Índice de Plasticidad:** Método de separación de arena LL:

DESCRIPCION	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
Nro. de Recipiente					
Masa de Recipiente					
Masa de Recipiente + Suelo Humedo					
Masa Recipiente + Suelo Seco					
Nº De Golpes					
Cantidad mínima requerida LL: 20 g / LP: 6 g					
Contenido de Humedad					



  
PAUL OMAR  
PALOMINO CARHUAPUMA  
Ingeniero Civil  
CIP Nº 271811

  
FREDDY CARPIO NAHUI  
Ingeniero Civil  
CIP Nº 271266

  
Ing. Luis D. Gallardo Salurga  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP. 268361 -

**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA – CBR (ASTM D1883)**

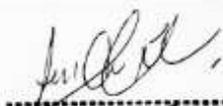
**TÍTULO:** "Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco y eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022".

**ELABORADO:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**UBICACIÓN:** Av. Saco Rojas, Distrito de Carabaylo, departamento Lima.

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde N°													
Número de capas													
Número de golpes													
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso suelo + molde (gr.)													
Peso molde (gr.)													
Peso suelo compactado (gr.)													
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )													
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )													
Densidad seca (gr./cm <sup>3</sup> )													
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Peso de tara (gr.)													
Tara + suelo húmedo (gr.)													
Tara + suelo seco (gr.)													
Peso de agua (gr.)													
Peso de suelo seco (gr.)													
Humedad (%)													
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión				
			mm	%		mm	%		mm	%			
PENETRACIÓN													
Penetración (mm)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 0				Molde N° 0				Molde N° 0			
		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													
0.050													
0.075													
0.100													
0.150													
0.200													
0.300													
0.400													
0.500													

  
 -----  
**PAUL OMAR**  
**PALOMINO CARHUAPUMA**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 271611

  
 -----  
**FREDDY CARPIO RAHUI**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 271265

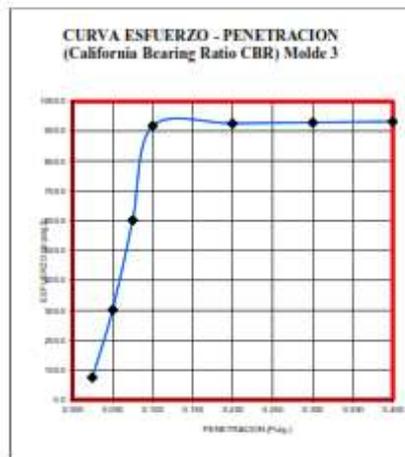
  
 -----  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 268381 -

**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA – CBR (ASTM D1883)**

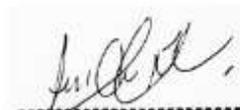
**TÍTULO:** "Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco y eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022".

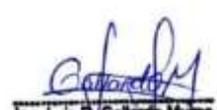
**ELABORADO:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**UBICACIÓN:** Av. Saco Rojas, Distrito de Carabaylo, departamento Lima



  
 PAUL OMAR  
 PALOMINO CARHUAPUMA  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 271611

  
 FREDDY CARPIO RAHUI  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 271285

  
 Ing. Luis D. Gallardo Murga  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 268381

**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA – CBR (ASTM D1883)**

**TÍTULO:** "Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco y eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022".

**ELABORADO:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

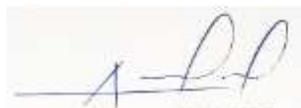
**UBICACIÓN:** Av. Saco Rojas, Distrito de Carabaylo, departamento Lima

**VALORES CORREGIDOS**

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (lbs/pulg2)	PRESION PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B,R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1				
2	0.1				
3	0.1				

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (lbs/pulg2)	PRESION PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B,R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2				
2	0.2				
3	0.2				

Máxima Densidad Seca (gr./cm3)	
ÓPTIMO Contenido de Humedad	
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	



PAUL OMAR  
PALOMINO CARHUAPUMA  
Ingeniero Civil  
CIP Nº 271811



FREDDY CARPIO RAHUJ  
Ingeniero Civil  
CIP Nº 271266



Ing. Luis D. Gallardo Murga  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP. 266381-

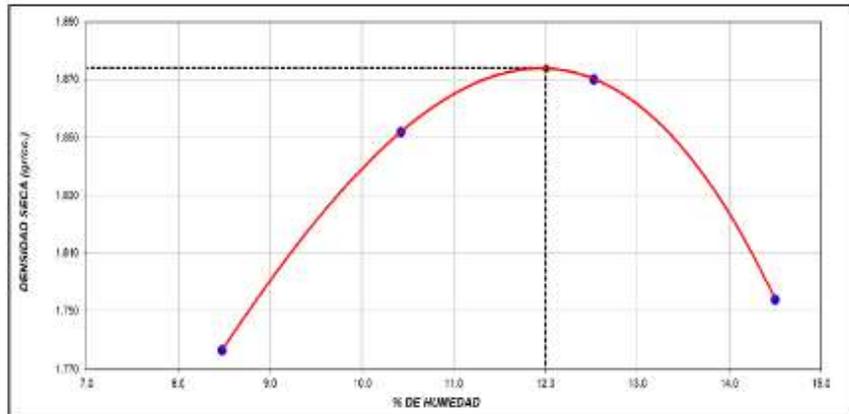
### PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557)

**TÍTULO:** "Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco y eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022".

**ELABORADO:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

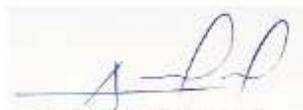
**UBICACIÓN:** Av. Saco Rojas, Distrito de Carabaylo, departamento Lima

ENSAYO No	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			
	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)				
Peso Tara + Suelo Seco (gr)				
Peso del Agua (gr)				
Peso tara (gr)				
Peso Suelo Seco (gr)				
Contenido de humedad (%)				
ENSAYO No	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )			
	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)				
Peso Molde (gr)				
Peso Suelo Húmedo (gr)				
Volumen Suelo Húmedo (gr)				
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )				
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )				



DENSIDAD SECA MAXIMA:

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:

  
 -----  
**PAUL OMAR**  
**PALOMINO CARHUAPUMA**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 271611

  
 -----  
**FREDDY CARPIO NAHUI**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 271266

  
 -----  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 268381



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### REGISTRO DE SONDAJE

#### (PERFIL ESTATIGRAFICO DEL TERRENO)

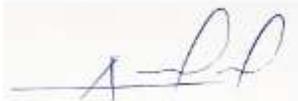
**TITULO:** "Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco y eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022".

**ELABORADO:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

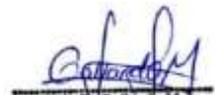
**UBICACIÓN:** Av. Saco Rojas, Distrito de Carabaylo, departamento Lima

### CALICATA - PC

Escala	Prof. (m)	Esp. (m)	Descripción del Suelo	SUCS	Símbolo	Observaciones
1						
2						
3						
4						

  
-----  
PAUL OMAR  
PALOMINO CARHUAPUMA  
Ingeniero Civil  
CIP N° 271611

  
-----  
\*\*FREDDY CARPIO NAMUI\*\*  
Ingeniero Civil  
CIP N° 271266

  
-----  
Ing. Luis D. Galindo Murga  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP. 266381-



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

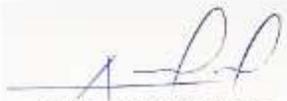
### CONTENIDOS DE SALES SOLUBLES (NORMA MTC - E219)

**TÍTULO:** "Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco y eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022".

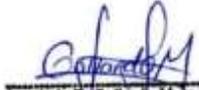
**ELABORADO:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**UBICACIÓN:** Av. Saco Rojas, Distrito de Carabayllo, departamento Lima

TIPO DE SUELO:				
	UND	1	2	PROMEDIO
PESO TARRO (BKER 250 ml)	GR			
PESO TARRO + AGUA + SAL	GR			
PESO TARRO SECO + SAL	GR			
PESO DE SAL	GR			
PESO DE AGUA	GR			
PORCENTAJE DE SAL	%			

  
-----  
PAUL OMAR  
PALOMINO CARHUAPUMA  
Ingeniero Civil  
CIP N° 271511

  
-----  
FREDDY CARPIO RAHUI  
Ingeniero Civil  
CIP N° 271266

  
-----  
Ing. Luis D. Gallardo Murga  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP. 266381 -



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### TRATAMIENTO DEL PRODUCTO

**TÍTULO:** "Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco y eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022".

**ELABORADO:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**UBICACIÓN:** Av. Saco Rojas, Distrito de Carabaylo, departamento Lima

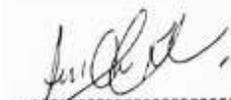
**PRODUCTO:** Ceniza de eucalipto

**FECHA:**

FECHA	HORA	ACTIVIDAD

OBSERVACIÓN:

  
-----  
PAUL OMAR  
PALOMINO GARHUAPUMA  
Ingeniero Civil  
CIP N° 271611

  
-----  
FREDDY CARPIO NAHUI  
Ingeniero Civil  
CIP N° 271266

  
-----  
Ing. Luis D. Gallardo Murga  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP. 266361-



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### TRATAMIENTO DEL PRODUCTO

**TÍTULO:** "Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco y eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022".

**ELABORADO:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

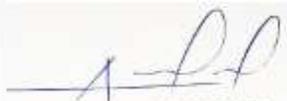
**UBICACIÓN:** Av. Saco Rojas, Distrito de Carabaylo, departamento Lima

**PRODUCTO:** Ceniza de sauco

**FECHA:**

FECHA	HORA	ACTIVIDAD

**OBSERVACIÓN:**

  
-----  
PAUL OMAR  
PALOMINO CARHUAPUMA  
Ingeniero Civil  
CIP N° 271611

  
-----  
FREDDY CARPIO RAHUI  
Ingeniero Civil  
CIP N° 271266

  
-----  
Ing. Luis D. Gallardo Murga  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP. 268381 -

## Anexo 5. Certificado de validación de instrumentos

### I. DATOS GENERALES

**Apellidos y nombres del especialista validador:** Carpio Nahui Freddy

**N° de registro CIP:** 271265

**Especialidad del validador:** Ingeniero Civil

**Autor:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Instrumentos a evaluar:** Análisis granulométrico de los agregados, peso específico y absorción de los agregados, peso unitario de los agregados, asentamiento del concreto, peso unitario del concreto, contenido de aire del concreto, resistencia a la compresión simple de muestras cilíndricas de concreto, resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto y resistencia a la flexión del concreto.

### II. VALIDACIÓN

Muy deficiente [1]      Deficiente [2]      Aceptable [3]      Buena [4]      Excelente [5]

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
CLARIDAD	Los ítems redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>RESULTADO DE VALIDACIÓN:</b>		50				

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Aplicable [ X ]

Aplicable después de corregir [ ]

No aplicable [ ]

  
**FREDDY CARPIO NAHUI**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 271265

Lim, 15 de agosto del 2022

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del especialista validador: Gallardo Murga Luis David

N° de registro CIP: 268381

Especialidad del validador: Ingeniero Civil

Autor: Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Instrumentos a evaluar:** Análisis granulométrico de los agregados, peso específico y absorción de los agregados, peso unitario de los agregados, asentamiento del concreto, peso unitario del concreto, contenido de aire del concreto, resistencia a la compresión simple de muestras cilíndricas de concreto, resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto y resistencia a la flexión del concreto.

### II. VALIDACIÓN

Muy deficiente [1]      Deficiente [2]      Aceptable [3]      Buena [4]      Excelente [5]

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
CLARIDAD	Los ítems redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
RESULTADO DE VALIDACIÓN:						50

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Aplicable [ X ]

Aplicable después de corregir [ ]

No aplicable [ ]

  
Ing. Luis D. Gallardo Murga  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP. 268381 -

Lima, 15 de agosto del 2022

## I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del especialista validador: Palomino Carhuapuma Paul Omar

N° de registro CIP: 271611

Especialidad del validador: Ingeniero Civil

Autor: Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Instrumentos a evaluar:** Análisis granulométrico de los agregados, peso específico y absorción de los agregados, peso unitario de los agregados, asentamiento del concreto, peso unitario del concreto, contenido de aire del concreto, resistencia a la compresión simple de muestras cilíndricas de concreto, resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto y resistencia a la flexión del concreto.

## II. VALIDACIÓN

Muy deficiente [1]      Deficiente [2]      Aceptable [3]      Buena [4]      Excelente [5]

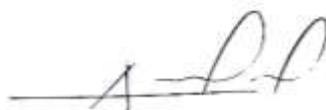
CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden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

## III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Aplicable [ X ]

Aplicable después de corregir [ ]

No aplicable [ ]



PAUL OMAR  
PALOMINO CARHUAPUMA  
Ingeniero Civil  
CIP N° 271611

Lima, 15 de agosto del 2022

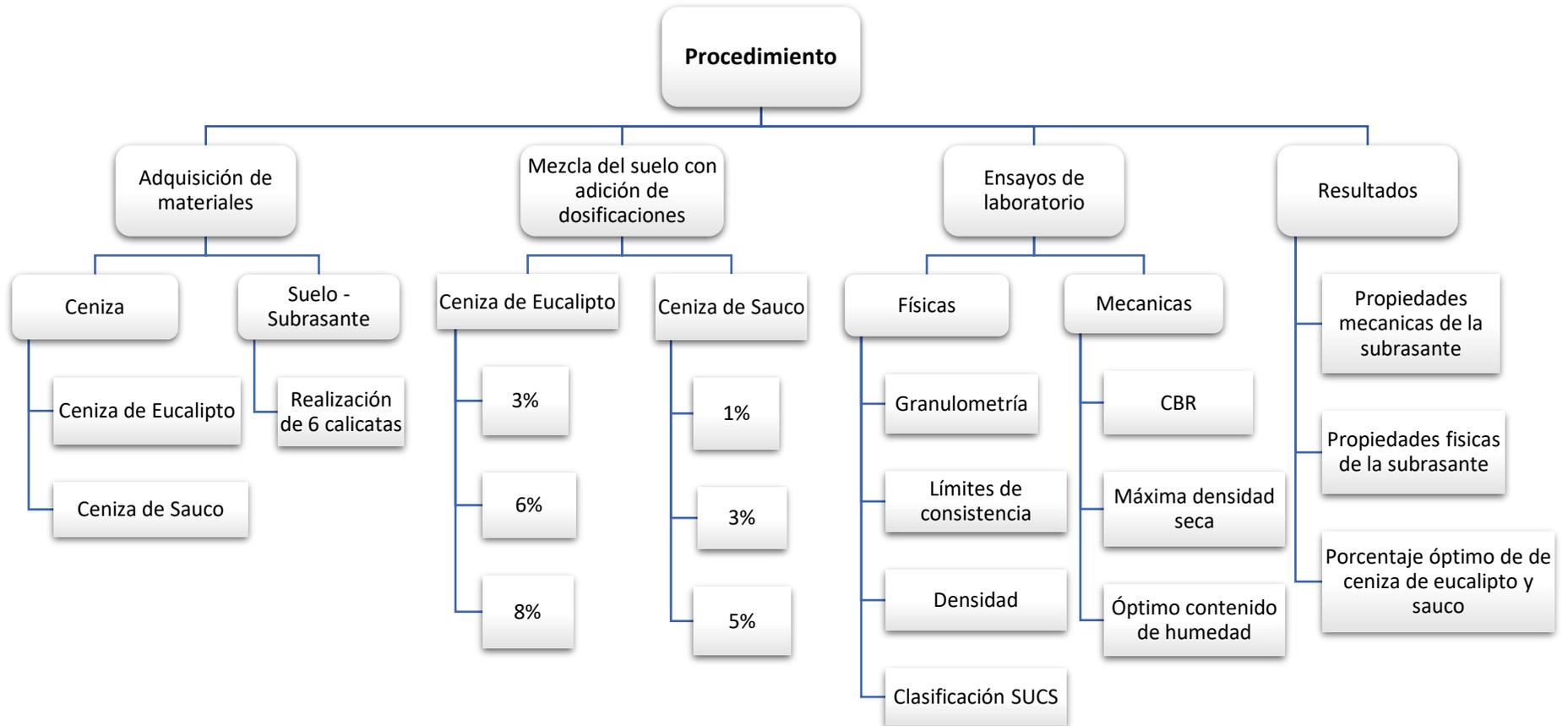
## Anexo 6. Cuadro de dosificación y resultados de antecedentes

TÍTULO: Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco y eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

AUTORES: Durand Balandra, Jhon Stephane - Lobato Guerrero Leyla Marita

	AUTOR	TITULO	Año	Porcentajes (%)	Indice de Plasticidad (IP = %)	Óptima Contenido de Humedad (OCH = %)	Máxima Densidad Seca (MDS = gr/cm3)	California Bearing Ratio (CBR= %)
<i>Tesis Internacionales</i>	Barragán Garzón Camilo Cuervo Camacho Harold (Colombia)	Análisis del comportamiento físico-mecánico de la adición de ceniza de cascarilla de arroz de la variedad blanca a un suelo arenoso-arcilloso	2019	Suelo CH	24.00	19.70	1.726	1.60
				CCA 1%	24.00	20.30	1.714	1.90
	Cañar Tiviano Santiago (Ecuador)	Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con cenizas de carbon .	2018	Suelo CH	0.00	26.60	1.300	9.30
				CC 20%	0.00	29.10	1.310	10.20
				CC 23%	0.00	29.60	1.320	10.20
				CC 25%	19.87	30.40	1.320	11.20
	Buitrón Landeta Shirley Karolina Enríquez León Alexis Jair (Ecuador)	Estudio de la estabilización de arcillas expansivas de Manabí con ceniza del Volcán Tungurahua	2018	Suelo CH	52.00	20.14	-	-
				CV 10%	30.00	20.70	-	-
				CV 20%	21.00	19.74	-	-
CV 30%				19.00	19.85	-	-	
<i>Tesis Nacionales</i>	Cristoal Gavancho Fiorella Patricia Quinte Baltazar Moica Milagritos (Huancayo)	Estabilización de subrasante con cenizas de eucalipto, paraje turístico Piedra Parada, Concepción, Junín 2021	2019	Suelo CH	15.88	11.50	1.808	3.23
				CE 5%	12.80	9.67	1.840	4.36
				CE 10%	7.15	11.22	1.997	15.67
				CE 15%	5.32	10.68	1.907	7.54
	Quispe Cañapataña Carlos Hector Campos Ibañez Juan Jorge (Lima)	Análisis de CBR, máxima densidad y resistencia al corte para estabilizar un suelo arcilloso SC utilizando 1%, 3% y 5% con cenizas de Sauco en Lima Este Distrito Ate - Vitarte	2022	Suelo SC	12.67	8.70	1.904	21.50
				CS 1%	11.51	8.60	1.902	23.10
				CS 3%	10.24	8.30	1.929	24.60
				CS 5%	9.52	7.8	1.932	25.90
	Claver Enciso Ortiz (Lima)	Adición de ceniza de eucalipto para mejorar la estabilidad de la subrasante en la carretera Abancay - Huayllabamba, Apurímac, 2022	2022	Suelo CL	11.28	16.15	1.903	8.58
				CE 3%	10.39	15.67	1.937	9.98
CE 6%				9.80	14.95	1.976	12.31	
CE 8%				9.44	14.75	1.988	13.15	
<i>Artículos</i>	Humberto Florez Gongora Carlos (Colombia)	Estabilización química de suelos expansivos de San José de Cúcuta (Colombia) usando cenizas volantes	2018	Suelo CH	39.01	19.30	1.79	-
				CV 20%	33.54	20.60	1.740	-
				CV 25%	31.65	16.00	1.860	-
				CV 30%	26.31	23.00	1.700	-
	Ojeda Farías O. Mendoza Rangel J. (Colombia)	Influencia de la inclusión de ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la compactación, CBR y resistencia a la compresión simple de un material granular tipo subrasante	2018	Suelo SM	N/P	21.70	1.311	24.50
				CS 3%	-	22.20	1.348	34.00
				CS 5%	-	22.60	1.328	49.00
				CS 7%	-	21.60	1.345	47.00
	Montejo Rodolfo Ramal. Raymundo Juárez José Emmanuel Chávez Ancajina Jhonatan Smith (Perú)	Materiales alternativos para estabilizar suelos: El uso de Ceniza de cáscara de arroz en vías de bajo tránsito de Piura	2020	Suelo A-5	-	20.52	1.726	2.85
				CCA 12%	-	21.62	1.714	4.52
CCA 20%				-	19.50	1.711	5.60	
CCA 30%				-	20.80	1.707	10.50	

## Anexo 7. Procedimientos



## Anexo 8. Tratamiento del producto



### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### TRATAMIENTO DEL PRODUCTO

**TÍTULO:** “Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco y eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022”.

**ELABORADO:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**UBICACIÓN:** Av. Saco Rojas, Distrito de Carabaylo, departamento Lima

**PRODUCTO:** HOJAS DE EUCALIPTO

HOJAS DE EUCALIPTO		
FECHA	HORA	DESCRIPCIÓN
20/09/2022	8:00 a.m.	Recolección de las hojas de eucalipto de la zona El Salvador, donde se recolectó 1 sacos de hojas de eucalipto
20/09/2022	12:00 p.m.	Se continuó la recolección de hojas de eucalipto en Chepén cuyo propietario se llama sr. Higinio, donde se recolectó 2 sacos de hojas de eucalipto
20/09/2022	3:00 p.m.	Una vez terminada la recolección de los sacos de hojas de eucalipto se pesó los sacos de eucalipto en una balanza, obteniendo un valor total de 70 kg de peso con la finalidad de tener un aprox. de ceniza que se obtendrá luego de ser calcinada
20/09/2022	5:00 p.m.	Se procedió a roturar y embalar los sacos para su envío en la agencia Emtrafesa con destino Trujillo ubicada en la av. Túpac Amaru
22/09/2022	11:00 a.m.	Recepción y traslado hacia el laboratorio INGEMAT ubicado en la Av. Húsares de Junín 507 en Trujillo Centro
22/09/2022	12:00 p.m.	Acopió de las hojas de eucalipto en el lugar donde se realizará el tratamiento
22/09/2022	1:00 p.m.	Se procedió a lavar las hojas de eucalipto 2 a 3 veces en un lavadero metálico para eliminar las impurezas que puedan tener presentes
22/09/2022	5:00 p.m.	Luego de terminar el lavado de las hojas de eucalipto se en una tina de plástico con la finalidad de escurrir durante toda la noche el agua presente en las hojas de eucalipto
23/09/2022	12:00 p.m.	Se procedió a colocar una manta de sacos color negro de 3 metros de ancho por 2.5 metros de largo en el piso y en cima se colocó las hojas de eucalipto para que puedan secar al aire libre.

23/09/2022	2:00 p.m.	Se procedió a voltear las hojas durante todo el proceso de secado en un tiempo aprox. de 2 horas para generar mayor flujo de aire por lo tanto un mejor secado.
23/09/2022	5:00 p.m.	Se realizó un último volteo de las hojas de eucalipto, y se dejó durante la noche más para pueda completar su secado.
24/09/2022	9:00 a.m.	Se dio inicio al proceso de calcinación de las hojas de eucalipto para ello, las hojas son colocadas en un recipiente de acero inoxidable, donde se colocó las hojas de eucalipto hasta el borde. Posteriormente son colocadas en el horno a una temperatura de 110°C +- 5 durante 24 horas
25/09/2022	9:00 a.m.	Se retiró el recipiente con la ceniza de eucalipto, para dejarse enfriar al aire libre durante dos a tres horas aproximadamente.
25/09/2022	12:00 p.m.	Una vez enfriada, se coloca en una bolsa plástica las cenizas de eucalipto con mucho cuidado de no desperdiciar, para ser usada en los ensayos respectivos.
26/09/2022	8:00 a.m.	Inicio de los ensayos de laboratorio

### TRATAMIENTO DEL PRODUCTO

**TÍTULO:** “Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco y eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022”.

**ELABORADO:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**UBICACIÓN:** Av. Saco Rojas, Distrito de Carabayllo, departamento Lima

**PRODUCTO:** HOJAS DE SAUCO

<b>HOJAS DE SAUCO</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
20/09/2022	8:00 a.m.	Recolección de las hojas de sauco de la zona El Salvador, donde se recolectó 1 sacos de hojas de sauco
20/09/2022	12:00 p.m.	Se continuó la recolección de hojas de sauco en Chepén cuyo propietario se llama sr. Higinio, donde se recolectó 2 sacos de hojas de sauco
20/09/2022	3:00 p.m.	Una vez terminada la recolección de los sacos de hojas de sauco se pesó los sacos de sauco en una balanza, obteniendo un valor total de 70 kg de peso con la finalidad de tener un aprox. de ceniza que se obtendrá luego de ser calcinada
20/09/2022	5:00 p.m.	Se procedió a roturar y embalar los sacos para su envío en la agencia Emtrafesa con destino Trujillo ubicada en la av. Túpac Amaru
22/09/2022	11:00 a.m.	Recepción y traslado hacia el laboratorio INGEMAT ubicado en la Av. Húsares de Junín 507 en Trujillo Centro
22/09/2022	12:00 p.m.	Acopió de las hojas de sauco en el lugar donde se realizará el tratamiento
22/09/2022	1:00 p.m.	Se procedió a lavar las hojas de sauco 2 a 3 veces en un lavadero metálico para eliminar las impurezas que puedan tener presentes
22/09/2022	5:00 p.m.	Luego de terminar el lavado de las hojas de sauco se en una tina de plástico con la finalidad de escurrir durante toda la noche el agua presente en las hojas de sauco
23/09/2022	12:00 p.m.	Se procedió a colocar una manta de sacos color negro de 3 metros de ancho por 2.5 metros de largo en el piso y en cima se colocó las hojas de sauco para que puedan secar al aire libre.

23/09/2022	2:00 p.m.	Se procedió a voltear las hojas durante todo el proceso de secado en un tiempo aprox. de 2 horas para generar mayor flujo de aire por lo tanto un mejor secado.
23/09/2022	5:00 p.m.	Se realizó un último volteo de las hojas de sauco, y se dejó durante la noche más para pueda completar su secado.
24/09/2022	9:00 a.m.	Se dio inicio al proceso de calcinación de las hojas de sauco para ello, las hojas son colocadas en un recipiente de acero inoxidable, donde se colocó las hojas de sauco hasta el borde. Posteriormente son colocadas en el horno a una temperatura de 110°C +- 5 durante 24 horas
25/09/2022	9:00 a.m.	Se retiró el recipiente con la ceniza de sauco, para dejarse enfriar al aire libre durante dos a tres horas aproximadamente.
25/09/2022	12:00 p.m.	Una vez enfriada, se coloca en una bolsa plástica las cenizas de sauco con mucho cuidado de no desperdiciar, para ser usada en los ensayos respectivos.
26/09/2022	8:00 a.m.	Inicio de los ensayos de laboratorio

## PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 01. Tratamiento del producto (cenizas de eucalipto y cenizas de sauco)



Fotografía 02. Recolección de las hojas de sauco y eucalipto de la zona El Salvador



Fotografía 03. Recolección de sacos de hojas de sauco y eucalipto



Fotografía 04. Hojas de eucalipto llevadas a laboratorio



Fotografía 05. Secado de las hojas eucalipto y sauco



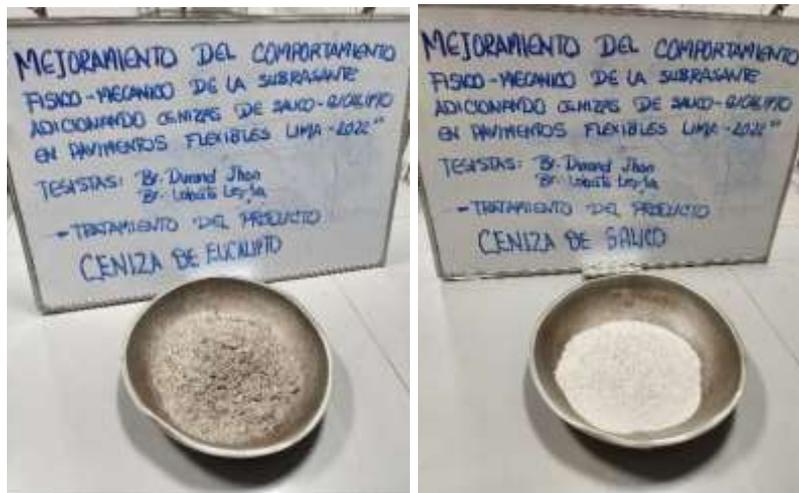
Fotografía 06. Colocación de hojas en el horno para su calcinación



Fotografía 07. Obtención de cenizas de eucalipto y sauco respectivamente



Fotografía 08. Cenizas de eucalipto y sauco



Fotografía 09. Dosificaciones de cenizas de eucalipto y sauco



## COTIZACIÓN

**COT-LAB22-20**

**PROYECTO:** "Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022"

**SOLICITANTE:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane y Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**FECHA:** Trujillo, 20 de setiembre del 2022

**PROPUESTA ECONÓMICA:**

DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO	Cantidad	C.U. S/.	Parcial S/.
<b>ENSAYOS EN LABORATORIO</b>			
1. Ensayos físicos de suelos (granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad, clasificación SUCS, densidad)	Varios	935.00	935.00
2. Proctor Modificado (máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad)	6	110.00	600.00
3. Valor soporte de CBR	6	200.00	1200.00
<b>SUB TOTAL</b>			<b>S/ 3830.00</b>
IGV 18%			S/ 503.10
<b>TOTAL</b>			<b>S/ 3300.00</b>

  
**Luis D. Gallardo Murga**  
 GERENTE GENERAL  
 INGEMAT GALLARDO S.A.C.



Av. Húsares de Junín Mz. D Lt. 13 Int. 2 – Trujillo, La Libertad

Email: [ingematgallardo@gmail.com](mailto:ingematgallardo@gmail.com)

Celular: 964545765

## **INGEMAT GALLARDO SAC**

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

INFORME N° 121-2022-LABINGEMAT

# **ANÁLISIS DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO:

**"MEJORAMIENTO DEL  
COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO  
DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO  
CENIZAS DE SAUCO - EUCALIPTO EN  
PAVIMENTOS FLEXIBLES, LIMA 2022"**

SOLICITANTE:

**BR. DURAND BALANDRA, JHON STEPHANE  
BR. LOBATO GUERRERO, LEYLA MARITA**

UBICACIÓN:

**LUGAR : AV. SACO ROJAS**

**DISTRITO : CARABAYLLO**

**DEPARTAMENTO: LIMA**

**OCTUBRE DEL 2022**



*Luis D. Gallardo Murga*  
Ing. Luis D. Gallardo Murga  
JEFE DE LABORATORIO  
C.I.P. 268381

# **INGEMAT GALLARDO SAC**

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

---

## *Anexo 1.*

## *Ensayos de laboratorio*



Ing. Luis D. Gallardo Murga  
XFE DE LABORATORIO  
CIP. 200381

® INDECOPI N° 034506-2021      RUC 20607982971      TRUJILLO - PERU  
Av. Húsares de Junín Mz. D L.L. 13 Int. 2 - Trujillo - Celular: 964545765 - Email: ingematgallardo@gmail.com

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - encalpipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata** : C-01  
**Muestra** : M-1

Peso de muestra seca	800.3
Peso de muestra lavada	541.9

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Límites e Índice de Consistencia
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 27.03
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 10.54
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plastic : 12.51
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCC : SC
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO : A-6 (1)
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº4	4.750	20.67	2.58	2.58	97.42	HUMEDAD NATURAL
Nº8	2.380	65.11	8.14	10.72	89.28	Sh = Tarea : 217.5
Nº10	2.000	30.49	3.81	14.53	85.47	Sa = Tarea : 209.3
Nº16	1.180	38.30	4.78	19.31	80.69	Wp : 15.4
Nº30	0.590	92.12	11.51	30.82	69.18	Peso Agua : 6.20
Nº40	0.420	55.61	6.95	37.77	62.23	Peso Sólido Seco : 173.5
Nº60	0.250	34.87	4.36	42.13	57.87	Humedad % : 4.72
Nº100	0.149	20.79	2.60	44.73	55.27	
Nº200	0.075	16.63	2.08	46.81	53.19	
< Nº200		241.01	30.12	76.93	23.07	
Total		800.30	100.00	100.00	0.00	



**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 XFE DE LABORATORIO  
 CIP: 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

## CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216

Proyecto : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
Solicitante : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrera, Leyla Marita  
Ubicación : Lima - Perú  
Fecha : Trujillo, octubre del 2022  
Tipo de suelo : Arena Arcillosa (SC)  
Calicata : C-01  
Muestra : M-1

Descripción	l
Peso de tara (gr)	217,5
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	209,3
Peso de la tara + muestra seca (gr)	35,5
Peso del agua contenida (gr)	8,2
Peso de la muestra seca (gr)	173,8
Contenido de Humedad (%)	4,72
Contenido de Humedad Promedio (%)	4,72

  
Ing. Luis D. Gallardo Murga  
XFE DE LABORATORIO  
CIP: 200381

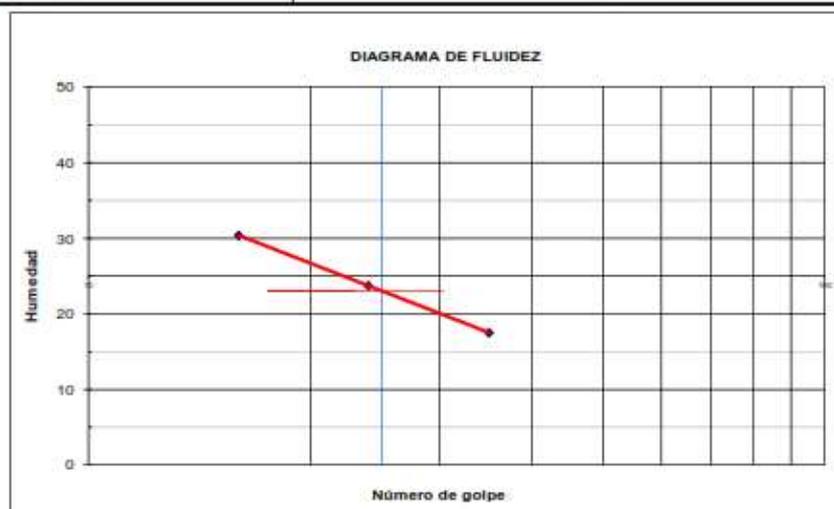
# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FO-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata** : C-01  
**Muestra** : M-1

Límites de Consistencia	Límite Líquido			Límite Plástico	
N° de golpes	16	24	35	-	-
Peso tara (g)	18.20	20.15	21.30	21.50	22.30
Peso tara + suelo húmedo (g)	37.60	38.40	37.20	34.30	25.08
Peso tara + suelo seco (g)	33.08	34.90	34.83	24.03	24.82
Humedad %	30.38	23.73	17.52	10.89	10.19
Límites	23.05			10.54	
Índice Plástico	12.51				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 XFE DE LABORATORIO  
 C.P. 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

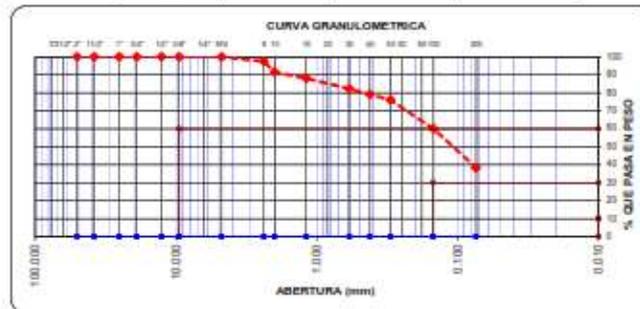
Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - encalpipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata** : C-02  
**Muestra** : M-2

Peso de muestra seca : 1014.0  
 Peso de muestra lavada : 938.4

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Límites e Índices de Consistencia
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 27.32
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 14.55
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Índ. Plástico : 12.97
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCC : SC
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO : A-6 (1)
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>HUMEDAD NATURAL</b>
Nº8	2.380	41.32	2.58	2.58	97.44	Sh = Tarea : 229.0
Nº10	2.000	95.30	5.99	8.48	91.54	Sw = Tarea : 219.6
Nº16	1.180	56.32	3.49	11.97	88.03	Wp : 36.2
Nº30	0.590	93.40	5.79	17.74	82.26	Peso Agua : 10.00
Nº40	0.420	52.10	3.23	20.97	79.03	Peso Sólido Seco : 183.1
Nº60	0.250	47.30	2.92	23.89	76.11	Humedad % : 5.40
Nº100	0.149	26.00	16.11	40.00	60.00	
Nº200	0.074	13.00	21.69	61.69	38.31	
< Nº200		83.36	38.31	100.00	0.00	
<b>Total</b>		1014.00				



**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 XFE DE LABORATORIO  
 CIP: 206381

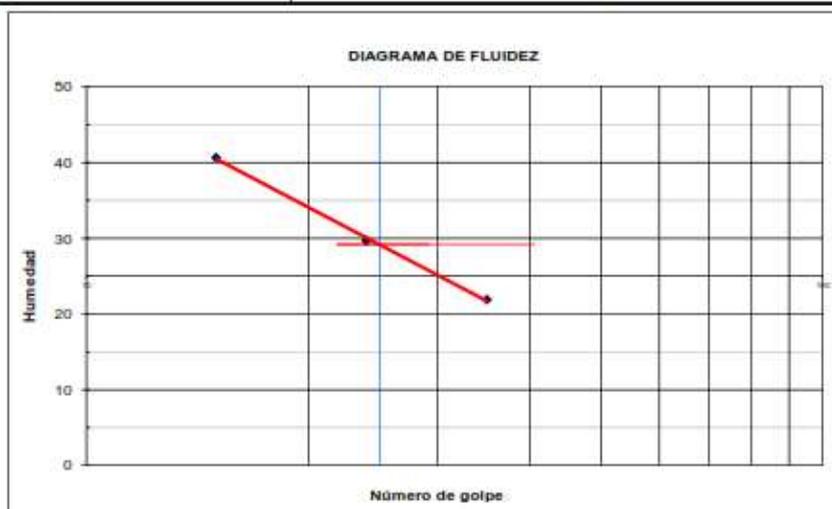
# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FO-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata** : C-03  
**Muestra** : M-3

Límites de Consistencia	Límite Líquido			Límite Plástico	
N° de golpes	15	24	35	-	-
Peso tara (g)	16.80	17.60	19.05	21.30	21.50
Peso tara + suelo húmedo (g)	34.00	34.98	34.58	34.15	34.66
Peso tara + suelo seco (g)	29.03	31.00	31.79	23.74	24.21
Humedad %	40.64	29.70	21.90	16.58	16.59
<b>Límites</b>	<b>29.18</b>			<b>16.58</b>	
<b>Índice Plástico</b>	<b>12.60</b>				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murpa**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - encalpipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata** : C-03  
**Muestra** : M-3

Peso de muestra seca	743.0
Peso de muestra lavada	722.3

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Límites e Índices de Consistencia
2"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 29.18
2.12"	53.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 16.38
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plástica : 12.60
1.18"	30.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS : SC
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO : A-4 (1)
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>HUMEDAD NATURAL</b>
Nº8	2.360	39.14	7.65	7.65	92.35	Sh - Tara : 215.8
Nº10	2.000	42.67	5.74	13.39	86.61	Sw - Tara : 205.6
Nº16	1.180	81.46	10.92	24.31	75.69	Wp : 10.23
Nº30	0.850	73.11	9.83	34.14	65.86	Peso Suelo Seco : 170.1
Nº40	0.425	22.75	3.06	37.40	62.60	Humedad (%) : 6.01
Nº60	0.300	65.12	8.76	46.16	53.84	
Nº100	0.149	54.91	7.38	53.54	46.46	
Nº200	0.075	23.18	3.11	56.65	43.34	
< N°200		122.38	43.34	100.00	0.00	
Total		743.00				



**Ing. Luis D. Gallardo Murpa**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 266381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

## CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrera, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata** : C-02  
**Muestra** : M-2

Descripción	I
Peso de tara (gr)	229.6
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	219.6
Peso de la tara + muestra seca (gr)	36.5
Peso del agua contenida (gr)	10.0
Peso de la muestra seca (gr)	183.1
Contenido de Humedad (%)	5.46
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>5.46</b>

  
Ing. Luis D. Gallardo Murpa  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 206381

@ INDECOPI N° 034506-2021 RUC 20607982971 TRUJILLO - PERU  
Av. Héroes de Junín Mz. D Lt. 13 Int. 2 - Trujillo - Celular: 964545765 - Email: ingematgallardo@gmail.com

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FO-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata** : C-02  
**Muestra** : M-2

Límites de Consistencia	Límite Líquido			Límite Plástico	
N° de golpes	15	24	33	-	-
Peso tara (g)	15.94	19.79	23.44	20.86	22.90
Peso tara + suelo húmedo (g)	30.33	35.77	40.73	23.85	26.32
Peso tara + suelo seco (g)	26.62	32.30	37.50	23.47	25.88
Humedad %	34.74	27.74	22.97	14.43	14.67
<b>Límites</b>	<b>27.12</b>			<b>14.55</b>	
<b>Índice Plástico</b>	<b>12.57</b>				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murpa**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

## CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata** : C-03  
**Muestra** : M-3

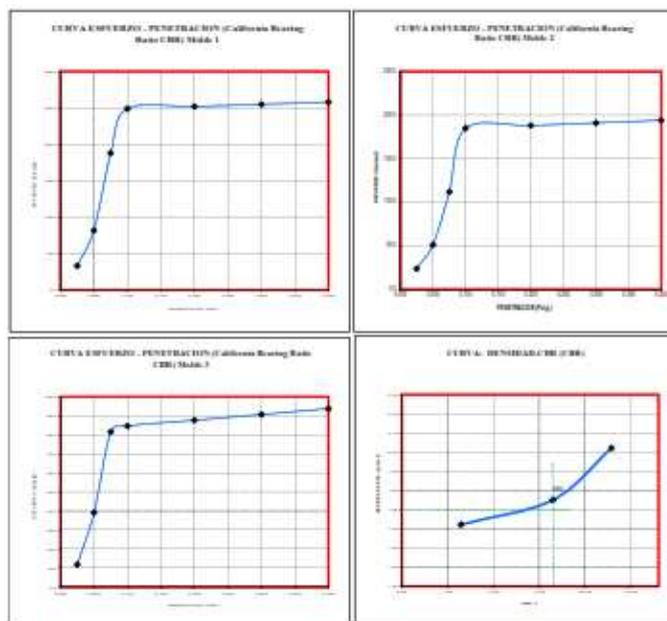
Descripción	I
Peso de tara (gr)	215.8
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	205.6
Peso de la tara + muestra seca (gr)	35.5
Peso del agua contenida (gr)	10.2
Peso de la muestra seca (gr)	170.1
Contenido de Humedad (%)	6.01
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>6.01</b>

  
Ing. Luis D. Gallardo Murpa  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 206381

@ INDECOPI N° 034506-2021 RUC 20607982971 TRUJILLO - PERU  
Av. Héroes de Junín Mz. D Lt. 13 Int. 2 - Trujillo - Celular: 964545765 - Email: ingematgallardo@gmail.com

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (bar/pulg²)	PRESION PATRON (lb/pulg²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.1	248.7	1000	24.87	2.02
2	0.1	184.9	1000	18.49	1.75
3	0.1	84.7	1000	8.47	1.62

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (bar/pulg²)	PRESION PATRON (lb/pulg²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.2	251.8	1500	16.79	2.02
2	0.2	186.0	1500	12.53	1.75
3	0.2	87.7	1500	5.85	1.62

Maxima Densidad Seca (gr/cm³)	2.02
OPTIMO Contenido de Humedad	6.73%
C.B.R. Al 100 % de la Maxima Densidad Seca	24.87%
C.B.R. Al 95% de la Maxima Densidad Seca	18.49%

NOTA: Los material fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
 Ing. Luis D. Gallardo Murpa  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 2

**Proyecto:** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de asuco - escalfiplo en pavimento flexible Base/Espe, Lima 2022.  
**Solicitante:** : Dr. Durand Balandra, Jhon Stephens - Dr. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación:** : Lima - Perú  
**Fecha:** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** : Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** : C-03  
**Muestra:** : M-3

## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1557

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	1		2		3	
N° DE GOLPES POR C.A.F.A	55		25		12	
<b>SOBRECARGA (gr.)</b>	4530		4530		4530	
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	4780		4090		7800	
Peso de Molde (gr.)	4137		4137		4137	
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	4505		3953		3663	
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211		3211		3211	
Volumen del Disco Espaciador (cm <sup>3</sup> )	1095		1095		1095	
Volumen SMI (cm <sup>3</sup> )	2116		2116		2116	
Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.38		1.87		1.73	

### CONTENIDO DE HUMEDAD

CAPSLA N°	1	2	3
Peso de Suelo Húmedo + Capsula (gr.)	60.7	60.7	67.6
Peso de Suelo seco + Capsula (gr.)	56.1	54.2	54.90
Peso de Agua (gr.)	2.60	2.5	2.50
Peso de Capsula (gr.)	27.6	27.5	29.1
Peso de Suelo seco (gr.)	38.5	36.8	36.80
% de Humedad	6.75	6.80	6.79
Densidad de Suelo seco (gr/cm <sup>3</sup> )	2.02	1.75	1.62

### EXPANSION

DIA	LECT. DIAL	HINCH. (%)	LECT. DIAL	HINCH. (%)	LECT. DIAL	HINCH. (%)	Expansión (%)	Estado Suelo
1	0.00	0.00	0.11	0.00	0.13	0.00	0.00	1
2	0.11	0.12	0.12	0.24	0.15	0.40		2
3	0.12	0.16	0.15	0.40	0.18	0.60		3
4	0.13	0.24	0.18	0.64	0.22	0.96		3

### SUELO NO EXPANSIVO

PENETRACION											
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	50 GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES		
PENETRACION	DIAL	So.	So y psi/2	DIAL	So.	So y psi/2	DIAL	So.	So y psi/2		
0.023	14	89.0	13.0	13	71.7	23.0	7	59.2	11.7		
0.056	30	244.9	81.8	20	132.7	31.2	16	117.3	26.1		
0.077	45	363.9	189.0	40	136.0	112.0	30	244.9	81.0		
0.100	60	746.2	248.7	64	254.9	184.0	31	254.0	84.7		
0.200	80	757.4	231.0	65	543.0	188.0	32	243.1	87.7		
0.300	87	764.5	254.8	66	573.0	191.0	33	272.2	86.7		
0.400	88	773.8	257.0	67	582.2	194.1	34	281.3	93.8		

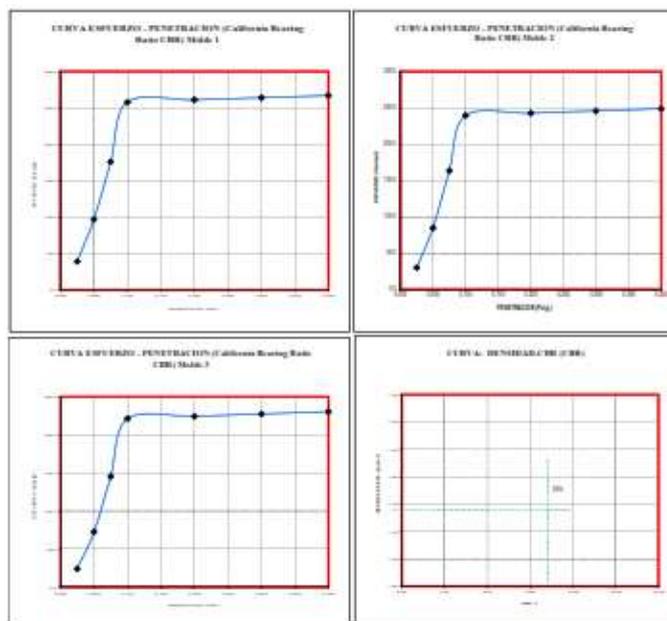
### OBSERVACIONES:

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Murpa**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 266381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm²)	PRESION PATRON (kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.1	257.9	1000	25.79	2.17
2	0.1	230.0	1000	23.00	2.08
3	0.1	221.4	1000	22.14	1.95

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm²)	PRESION PATRON (kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.2	260.0	1500	17.33	2.17
2	0.2	242.7	1500	16.18	2.08
3	0.2	224.4	1500	14.96	1.95

Maxima Densidad Seca (gr/cm³)	2.17
OPTIMO Contenido de Humedad	5.88%
C.B.R. Al 100 % de la Maxima Densidad Seca	25.79%
C.B.R. Al 95% de la Maxima Densidad Seca	23.96%

NOTA: Los material fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
 Ing. Luis D. Gallardo Murpa  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 266381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PG-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 2

**Proyecto:** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la estructura adyacente con base de asfalto - escalpito en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** : Dr. Durand Balandra, Jhon Stephens - Dr. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación:** : Lima - Perú  
**Fecha:** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** : Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** : C-02  
**Muestra:** : M-2

## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1557

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
<b>MOLDE</b>	1		2		3	
<b>N° DE GOLPES POR CADA</b>	55		25		12	
<b>SOBRECARGA (gr.)</b>	4530		4530		4530	
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	1097		874		875	
Peso de Molde (gr.)	4133		4137		4133	
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	4862		4619		4302	
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211		3211		3211	
Volumen del Disco Espaciador (cm <sup>3</sup> )	1095		1095		1095	
Volumen SMI (cm <sup>3</sup> )	2116		2116		2116	
Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.30		2.38		2.07	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
<b>CAPSLA N°</b>	1		2		3	
Peso de Suelo Húmedo + Capsula (gr.)	62.2		60.7		67.48	
Peso de Suelo seco + Capsula (gr.)	59.8		58.0		62.80	
Peso de Agua (gr.)	2.35		2.7		2.58	
Peso de Capsula (gr.)	30.3		30.0		30.0	
Peso de Suelo Seco (gr.)	30.3		48.0		42.80	
% de Humedad	5.98		5.94		6.01	
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	2.07		2.66		1.98	

EXPANSION								Espesura	Eje de Med.
DIA	LECT. DIAL	HINCH. (%)	LECT. DIAL	HINCH. (%)	LECT. DIAL	HINCH. (%)	TPO		
1	0.00	0.00	0.17	0.00	0.39	0.00	Base	1	
2	0.11	0.24	0.39	0.36	0.21	0.60	Sub Base	2	
3	0.12	0.24	0.20	0.34	0.25	0.10	Sub Base	2	
4	0.14	0.35	0.22	0.38	0.22	0.17	Sub Base	2	

### SUELO NO EXPANSIVO

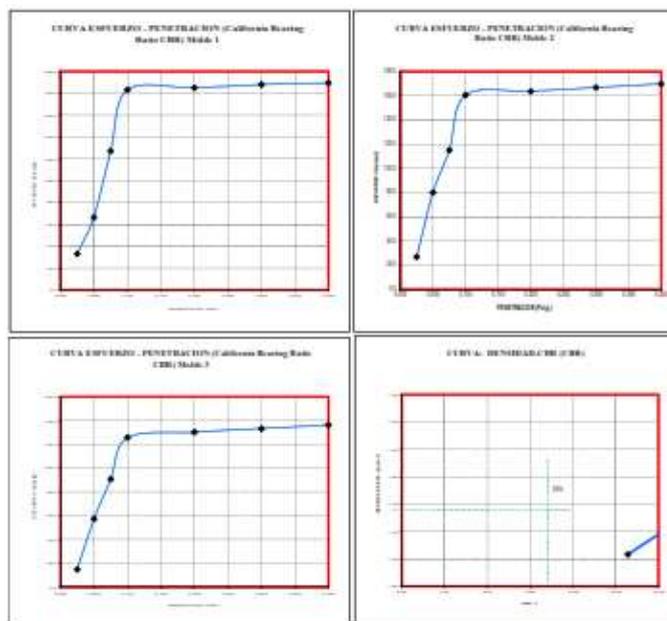
PENETRACION											
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	50 GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	17 GOLPES		
PENETRACION	DIAL	lbs.	lb/peg/2	DIAL	lbs.	lb/peg/2	DIAL	lbs.	lb/peg/2		
0.025	16	117.7	36.1	13	89.9	30.0	11	71.7	21.9		
0.050	35	250.5	86.8	31	234.8	84.7	27	217.5	72.3		
0.075	61	427.5	133.8	57	481.8	143.7	51	426.3	145.4		
0.100	88	771.6	257.9	82	718.9	239.8	76	644.2	221.4		
0.200	189	1821.7	568.9	181	1288.9	342.7	177	1671.3	524.4		
0.300	303	2911.8	903.9	304	2121.1	545.7	298	2824.4	827.5		
0.400	431	4081.9	1281.9	431	3461.2	748.7	430	4011.3	1183.3		

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Murpa**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 266381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (lb/in <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (lb/in <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1000	18.21	1.84
2	0.1	160.6	1000	16.06	1.75
3	0.1	125.7	1000	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (lb/in <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (lb/in <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	584.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.91	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84
OPTIMO Contenido de Humedad	6.78%
C.B.R. A1 100 % de la Maxima Densidad Seca	18.21%
C.B.R. A1 95% de la Maxima Densidad Seca	16.66%

NOTA: Los material fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
 Ing. Luis D. Gallardo Murpa  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 266381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PG-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 2

**Proyecto:** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adhiriendo cenizas de asuca - escallpito en pavimento flexible Base/Eslo, Lima 2022  
**Solicitante:** : Sr. Durand Balandra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación:** : Lima - Perú  
**Fecha:** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** : Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** : C-01  
**Muestra:** : M-1

## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1557

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
<b>MOLDE</b>	1		2		3	
<b>N° DE GOLPES POR CADA</b>	55		25		12	
<b>SOBRECARGA (gr.)</b>	4530		4530		4530	
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	4245		4090		3800	
Peso de Molde (gr.)	4137		4137		4137	
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	4170		3953		3745	
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211		3211		3211	
Volumen del Disco Espaciador (cm <sup>3</sup> )	1095		1095		1095	
Volumen SMI (cm <sup>3</sup> )	2116		2116		2116	
Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.30		1.27		1.27	

### CONTENIDO DE HUMEDAD

CAPSLA N°	1	2	3
Peso de Suelo Húmedo + Capsula (gr.)	30.3	30.5	30.87
Peso de Suelo seco + Capsula (gr.)	31.8	34.3	34.43
Peso de Agua (gr.)	2.44	2.5	2.45
Peso de Capsula (gr.)	27.6	27.45	28.1
Peso de Suelo Seco (gr.)	30.9	30.9	30.34
% de Humedad	6.75	6.75	6.75
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.34	1.35	1.36

### EXPANSION

DIA	LECT. DIAL	HINCH. (%)	LECT. DIAL	HINCH. (%)	LECT. DIAL	HINCH. (%)	Expansión (%)	Estado Max.
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	TPD	
2	0.01	0.12	0.13	0.24	0.14	0.30	Base	1
3	0.02	0.35	0.13	0.36	0.15	0.38	Sub Base	2
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	Sub Base	3

### SUELO NO EXPANSIVO

ENSAYO DE CARGA	PENETRACION						LECTURA	MOLDE 1	17 GOLPES
	LECTURA	DIAL	DIAL	DIAL	DIAL	DIAL			
0.025	14	89.9	11.0	12	80.8	26.9	8	44.3	14.9
0.050	25	199.1	36.4	30	240.3	80.1	22	172.0	57.3
0.075	45	381.6	127.2	40	348.2	125.3	31	272.2	96.7
0.100	63	549.3	183.3	50	481.9	160.6	45	377.1	125.7
0.200	94	924.8	284.9	77	891.9	263.7	60	589.7	190.2
0.300	125	1263.9	388.0	98	1201.1	366.7	77	799.8	253.3
0.400	160	1813.3	559.7	120	1681.2	489.7	90	1080.8	334.3

### OBSERVACIONES:

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Murza**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 266381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	FD-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

Proyecto: Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles. Lima 2022

Solicitante: Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

Ubicación: Lima - Perú

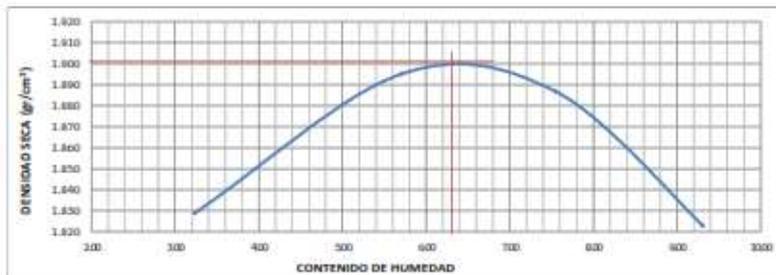
Fecha: Trujillo, octubre del 2022

Material: Arena Arcillosa (SC)

Calicata: C-3

N° de Muestra: M-3

ENSAYO No	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			
	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	121.50	120.90	130.40	122.30
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	115.90	116.30	123.40	115.30
Peso del Agua (gr)	2.60	4.60	7.00	7.00
Peso tara (gr)	30.50	35.60	30.70	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	80.40	80.70	92.70	75.20
Contenido de humedad (%)	3.23	5.70	7.50	9.31
ENSAYO No	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )			
	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	3700	3610	3635	3600
Peso Molde (gr)	1695	1695	1695	1695
Peso Suelo Húmedo (gr)	1805	1915	1940	1905
Volumen Suelo Húmedo (gr)	356.04	356.04	356.04	356.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.89	2.00	2.03	1.99
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.629	1.895	1.887	1.623



DENSIDAD SECA MAXIMA: 1.915 gr/cm<sup>3</sup>

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 10.0%

NOTA: Los material fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limito a realizar el ensayo

  
 Ing. Luis D. Gallardo Murpa  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 206381

@ INDECOPI N° 034506-2021

RUC 20607982971

TRUJILLO - PERU

Av. Húsares de Junín Mz. D Lt. 13 Int. 2 - Trujillo - Celular: 964545765 - Email: ingenatgallardo@gmail.com

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	FD-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

Proyecto: Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

Solicitante: Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

Ubicación: Lima - Perú

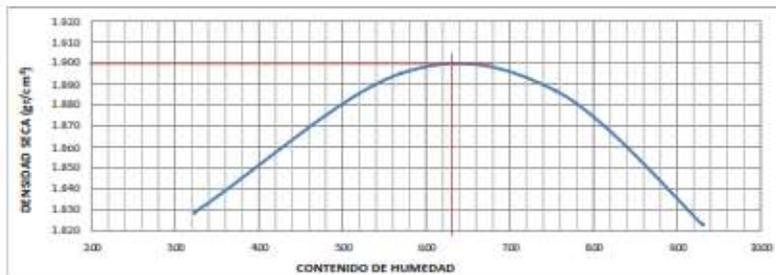
Fecha: Trujillo, octubre del 2022

Material: Arena Arcillosa (SC)

Calicata: C-2

N° de Muestra: M-2

ENSAYO No	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			
	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	121.50	120.90	130.40	122.30
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	115.90	116.30	123.40	115.30
Peso del Agua (gr)	2.60	4.60	7.00	7.00
Peso tara (gr)	30.50	35.60	30.70	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	80.40	80.70	92.70	75.20
Contenido de humedad (%)	3.23	5.70	7.50	9.31
ENSAYO No	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )			
	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	3700	3610	3635	3600
Peso Molde (gr)	1695	1695	1695	1695
Peso Suelo Húmedo (gr)	1805	1915	1940	1905
Volumen Suelo Húmedo (gr)	356.04	356.04	356.04	356.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.89	2.00	2.03	1.99
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.629	1.895	1.887	1.623



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.919 gr/cm<sup>3</sup>

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 63.3 %

NOTA: Los material fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
 Ing. Luis D. Gallardo Murpa  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 266381

@ INDECOPI N° 034506-2021

RUC 20607982971

TRUJILLO - PERU

Av. Húsares de Junín Mz. D Lt. 13 Int. 2 - Trujillo - Celular: 964545765 - Email: ingenatgallardo@gmail.com

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	FD-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Ubicación:** Lima - Perú

**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022

**Material:** Arena Arcillosa (SC)

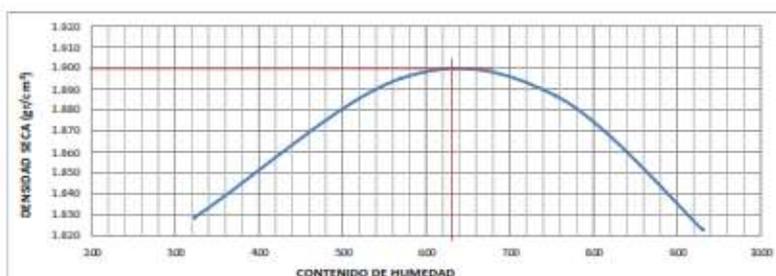
**Calicata:** C-1

**N° de Muestra:** M-1

ENSAYO No	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			
	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	121.50	120.90	130.40	122.30
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	115.90	116.30	123.40	115.30
Peso del Agua (gr)	2.60	4.60	7.00	7.00
Peso tara (gr)	30.50	35.60	30.70	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	80.40	80.70	92.70	75.20
Contenido de humedad (%)	3.23	5.70	7.50	9.31

ENSAYO No	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )			
	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	3700	3610	3635	3600
Peso Molde (gr)	1695	1695	1695	1695
Peso Suelo Húmedo (gr)	1805	1915	1940	1905
Volumen Suelo Húmedo (gr)	356.04	356.04	356.04	356.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.89	2.00	2.03	1.99
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.829	1.895	1.887	1.823



**DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.905 gr/cm<sup>3</sup>**

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 10.5%**

NOTA: Los material fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Murpa**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FO-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Ubicación** : Lima - Perú

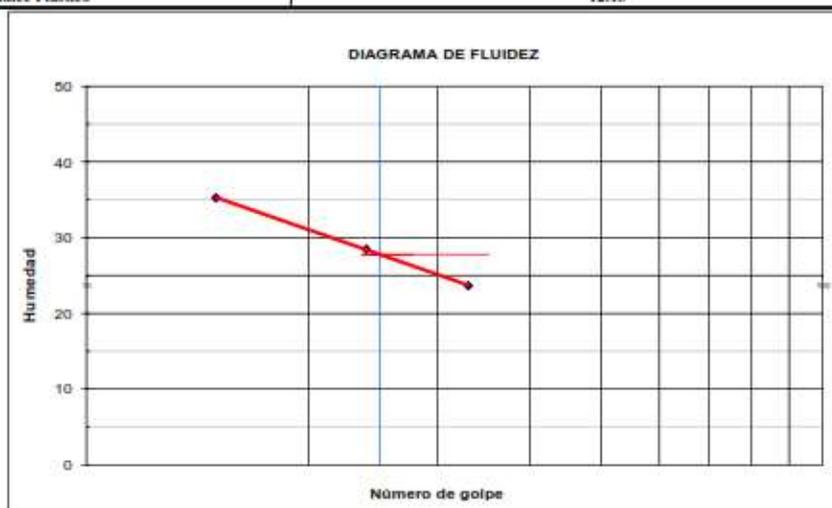
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022

**Tipo de suelo** : Suelo adicionado

**Calicuta** : C-02

**Muestra** : SN + 3% de CE + 1% de CS

Límites de Consistencia	Límite Líquido			Límite Plástico	
N° de golpes	15	24	33	-	-
Peso tara (g)	16.10	20.12	23.85	21.08	23.08
Peso tara + suelo húmedo (g)	30.33	35.77	40.73	23.85	26.32
Peso tara + suelo seco (g)	26.62	32.30	37.50	23.47	25.88
Humedad %	35.27	28.49	23.66	15.72	15.61
<b>Límites</b>	<b>27.79</b>			<b>15.67</b>	
<b>Índice Plástico</b>	<b>12.13</b>				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murpa**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 206381

@ INDECOPI N° 034506-2021      RUC 20607982971      TRUJILLO - PERU  
 Av. Húsares de Junín Mz. D L.I. 13 Int. 2 - Trujillo - Celular: 964545765 - Email: ingenatgallardo@gmail.com

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-03  
**Muestra** : SN + 3% de CE + 1% de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	15	24	35	-	-
Peso tara (g)	16.85	17.64	19.20	21.34	21.55
Peso tara + suelo húmedo (g)	34.00	34.98	34.58	24.15	24.66
Peso tara + suelo seco (g)	29.03	31.00	31.79	23.74	24.21
Humedad %	40.80	29.79	22.16	16.85	16.90
Límites	29.36			16.88	
Índice Plástico	12.49				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-02  
**Muestra** : SN + 8% de CE + 5 de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	15	24	33	-	-
Peso tara (g)	17.63	22.48	25.34	21.09	23.12
Peso tara + suelo húmedo (g)	30.33	35.65	40.73	23.85	26.32
Peso tara + suelo seco (g)	26.62	32.39	37.50	23.36	25.75
Humedad %	41.27	32.90	26.56	21.61	21.67
Límites	31.87			21.64	
Índice Plástico	10.22				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-02  
**Muestra** : SN + 8% de CE + 3 de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	15	24	33	-	-
Peso tara (g)	17.59	22.47	25.30	21.07	23.08
Peso tara + suelo húmedo (g)	30.33	35.65	40.73	23.85	26.32
Peso tara + suelo seco (g)	26.62	32.39	37.50	23.36	25.75
Humedad %	41.09	32.86	26.48	21.40	21.35
Límites	31.77			21.37	
Índice Plástico	10.40				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-02  
**Muestra** : SN + 8% de CE + 1 de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico		
N° de golpes	16	24	33	-	-	
Peso tara (g)	17.07	21.05	24.48	21.56	23.49	
Peso tara + suelo húmedo (g)	30.33	35.72	40.73	23.85	26.32	
Peso tara + suelo seco (g)	26.62	32.35	37.54	23.47	25.88	
Humedad %	38.85	29.82	24.43	19.71	18.29	
Límites	29.67			19.00		
Índice Plástico	10.67					



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

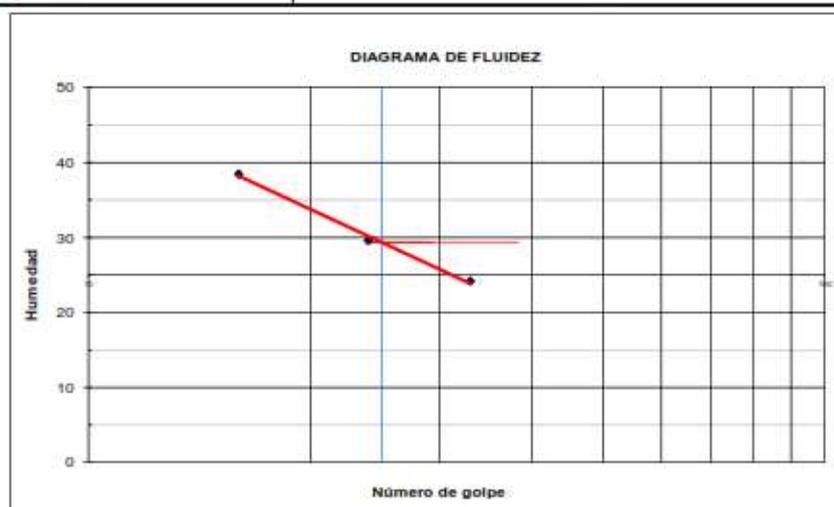
# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-02  
**Muestra** : SN + 6% de CE + 5 de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	16	24	33	-	-
Peso tara (g)	16.97	20.97	24.34	21.48	23.47
Peso tara + suelo húmedo (g)	30.33	35.72	40.73	23.85	26.32
Peso tara + suelo seco (g)	26.62	32.35	37.54	23.47	25.88
Humedad %	38.45	29.61	24.17	18.92	18.13
Límites	29.39			18.53	
Índice Plástico	10.86				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-02  
**Muestra** : SN + 6% de CE + 3 de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	16	24	33	-	-
Peso tara (g)	16.84	20.85	24.17	21.43	23.37
Peso tara + suelo húmedo (g)	30.33	35.72	40.73	23.85	26.32
Peso tara + suelo seco (g)	26.62	32.35	37.54	23.47	25.88
Humedad %	37.93	29.30	23.86	18.45	17.41
Límites	29.03			17.93	
Índice Plástico	11.10				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-02  
**Muestra** : SN + 6% de CE + 1 de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	16	24	33	-	-
Peso tara (g)	16.77	20.68	24.14	21.37	23.32
Peso tara + suelo húmedo (g)	30.33	35.72	40.73	23.85	26.32
Peso tara + suelo seco (g)	26.62	32.35	37.54	23.47	25.88
Humedad %	37.66	28.88	23.81	17.93	17.07
Límites	28.81			17.50	
Índice Plástico	11.31				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-02  
**Muestra** : SN + 3% de CE + 5% de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	15	24	33	-	-
Peso tara (g)	16.77	20.55	24.09	21.32	23.19
Peso tara + suelo húmedo (g)	30.33	35.72	40.73	23.85	26.32
Peso tara + suelo seco (g)	26.62	32.35	37.54	23.47	25.88
Humedad %	37.66	28.56	23.72	17.51	16.25
Límites	28.38			16.88	
Índice Plástico	11.50				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

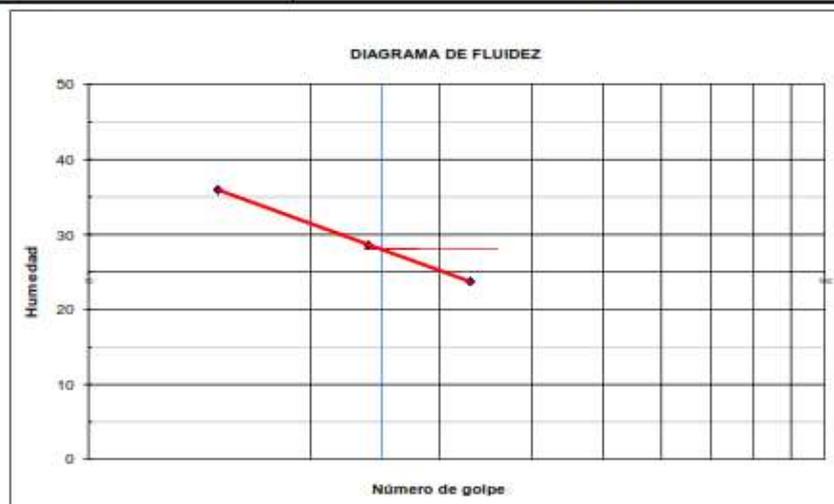
# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-02  
**Muestra** : SN + 3% de CE + 3% de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	15	24	33	-	-
Peso tara (g)	16.30	20.17	23.89	21.20	23.10
Peso tara + suelo húmedo (g)	30.33	35.77	40.73	23.85	26.32
Peso tara + suelo seco (g)	26.62	32.30	37.50	23.47	25.88
Humedad %	35.95	28.61	23.73	16.59	15.70
Límites	28.02			16.14	
Índice Plástico	11.87				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-03  
**Muestra** : SN + 3% de CE + 3% de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	15	24	35	-	-
Peso tara (g)	16.90	17.60	19.08	21.31	21.70
Peso tara + suelo húmedo (g)	34.05	34.98	34.63	24.15	24.66
Peso tara + suelo seco (g)	29.03	31.00	31.79	23.74	24.21
Humedad %	41.38	29.70	22.34	16.65	17.91
Límites	29.57			17.28	
Índice Plástico	12.29				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Ubicación:** Lima - Perú

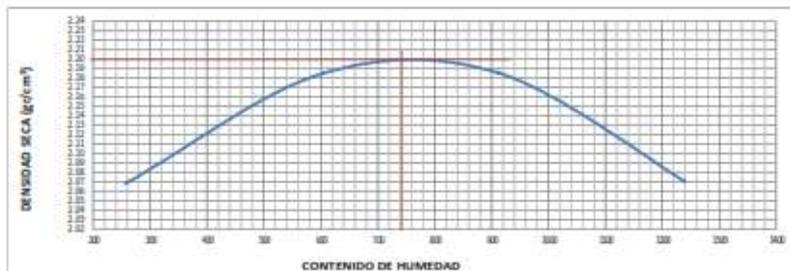
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022

**Material:** Arena Arcillosa (SC)

**Calicata:** C-2

**N° de Muestra:** SN + 3% de CE + 3% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.36	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 2.185 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 8.84 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

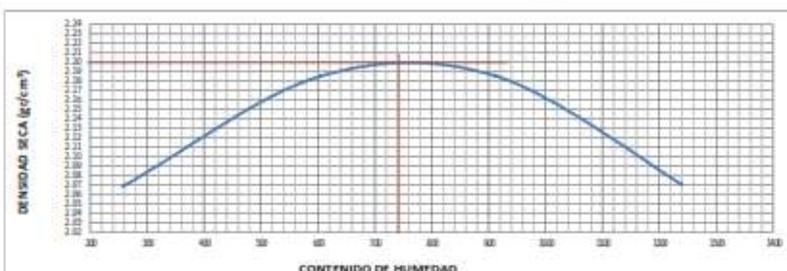
 <small>INGENIERÍA, SERVICIO Y CALIDAD EN SUELOS</small>	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación:** Lima - Perú  
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022  
**Material:** Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** C-2  
**N° de Muestra:** SN + 3% de CE + 1% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38

DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.36	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 1.92 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 7.88 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-03  
**Muestra** : SN + 8% de CE + 5 de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	15	24	33	-	-
Peso tara (g)	17.75	22.52	25.35	21.20	23.06
Peso tara + suelo húmedo (g)	30.33	35.65	40.73	23.85	26.32
Peso tara + suelo seco (g)	26.62	32.39	37.50	23.36	25.75
Humedad %	41.83	33.03	26.58	22.69	21.19
Límites	32.04			21.94	
Índice Plástico	10.11				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-03  
**Muestra** : SN + 8% de CE + 3 de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico		
N° de golpes	15	24	33	-	-	-
Peso tara (g)	17.59	22.47	25.30	21.06	23.03	-
Peso tara + suelo húmedo (g)	30.33	35.65	40.73	23.85	26.32	-
Peso tara + suelo seco (g)	26.62	32.39	37.50	23.36	25.75	-
Humedad %	41.09	32.86	26.48	21.30	20.96	-
Límites	31.77			21.13		
Índice Plástico	10.64					



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-03  
**Muestra** : SN + 8% de CE + 1 de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	15	24	35	-	-
Peso tara (g)	17.63	19.20	20.40	22.25	23.02
Peso tara + suelo húmedo (g)	33.87	35.08	34.58	24.15	24.66
Peso tara + suelo seco (g)	29.03	31.20	31.79	23.80	24.40
Humedad %	42.46	32.33	24.50	22.58	18.80
Límites	31.58			20.69	
Índice Plástico	10.89				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-03  
**Muestra** : SN + 6% de CE + 5 de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	15	24	35	-	-
Peso tara (g)	16.78	18.30	20.01	21.90	21.70
Peso tara + suelo húmedo (g)	34.20	35.05	34.58	24.15	24.66
Peso tara + suelo seco (g)	29.03	31.00	31.79	23.74	24.21
Humedad %	42.20	31.89	23.68	21.97	17.91
Límites	31.03			19.94	
Índice Plástico	11.09				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-03  
**Muestra** : SN + 6% de CE + 3 de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	15	24	35	-	-
Peso tara (g)	17.20	18.02	19.47	21.65	21.85
Peso tara + suelo húmedo (g)	34.00	35.10	34.59	24.15	24.66
Peso tara + suelo seco (g)	29.03	31.00	31.79	23.74	24.21
Humedad %	42.01	31.59	22.73	19.35	19.05
Límites	30.47			19.20	
Índice Plástico	11.27				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-03  
**Muestra** : SN + 6% de CE + 1 de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	15	24	35	-	-
Peso tara (g)	17.02	18.27	19.28	21.53	21.80
Peso tara + suelo húmedo (g)	34.00	34.97	34.58	24.15	24.66
Peso tara + suelo seco (g)	29.03	31.00	31.79	23.74	24.21
Humedad %	41.38	31.19	22.30	18.30	18.65
Límites	30.00			18.48	
Índice Plástico	11.52				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>INFORME</b>	Código	FD-SU-02
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante** : Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Suelo adicionado  
**Calicata** : C-03  
**Muestra** : SN + 3% de CE + 5% de CS

Límites de Consistencia	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	15	24	35	-	-
Peso tara (g)	16.88	17.89	19.25	21.46	21.63
Peso tara + suelo húmedo (g)	34.10	34.99	34.58	24.18	24.67
Peso tara + suelo seco (g)	29.03	31.00	31.79	23.76	24.21
Humedad %	41.73	30.43	22.25	18.26	17.83
Límites	29.84			18.05	
Índice Plástico	11.79				



  
**Ing. Luis D. Gallardo Murga**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

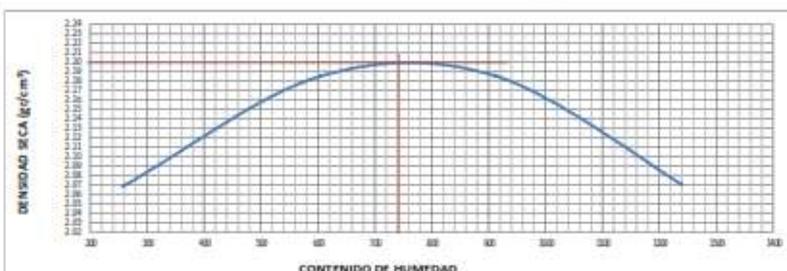
 <small>INGENIERÍA, SERVICIO Y CALIDAD EN SUELOS</small>	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación:** Lima - Perú  
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022  
**Material:** Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** C-2  
**N° de Muestra:** SN + 3% de CE + 5% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38

DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.38	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 2.185 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 6.03 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

 <small>INGENIERÍA, SERVICIO Y INNOVACIÓN TECNOLÓGICA</small>	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Ubicación:** Lima - Perú

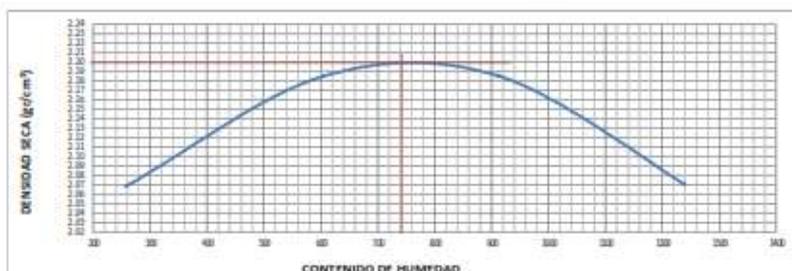
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022

**Material:** Arena Arcillosa (SC)

**Calicata:** C-3

**N° de Muestra:** SN + 3% de CE + 5% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.36	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 2.185 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 8.2 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Ubicación:** Lima - Perú

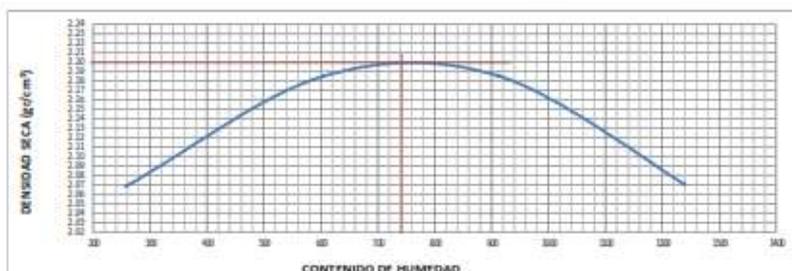
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022

**Material:** Arena Arcillosa (SC)

**Calicata:** C-3

**N° de Muestra:** SN + 3% de CE + 3% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde + Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.36	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 1.922 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 7.9 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

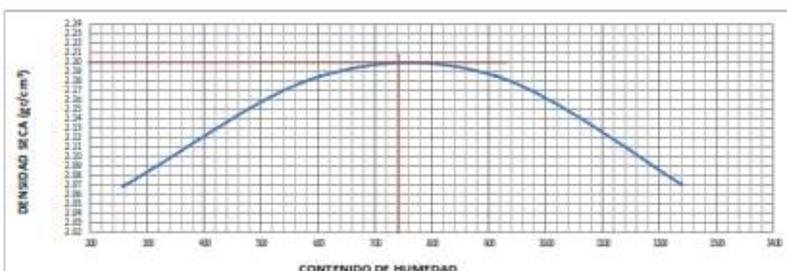
	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación:** Lima - Perú  
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022  
**Material:** Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** C-3  
**N° de Muestra:** SN + 3% de CE + 1% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38

DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.36	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 2.185 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 7.4 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

 <small>INGENIERÍA, SERVICIO Y CALIDAD EN SUELOS</small>	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Ubicación:** Lima - Perú

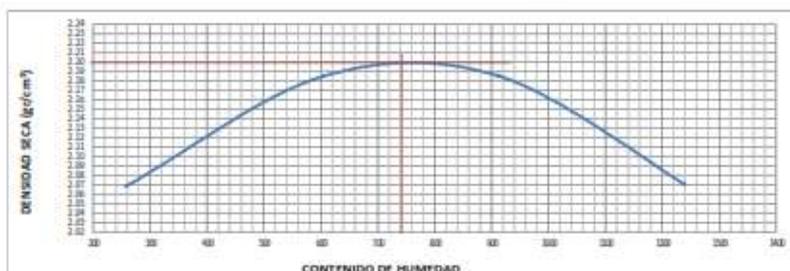
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022

**Material:** Arena Arcillosa (SC)

**Calicata:** C-2

**N° de Muestra:** SN + 5% de CE + 5% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde + Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.36	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 1.984 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 9.3 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

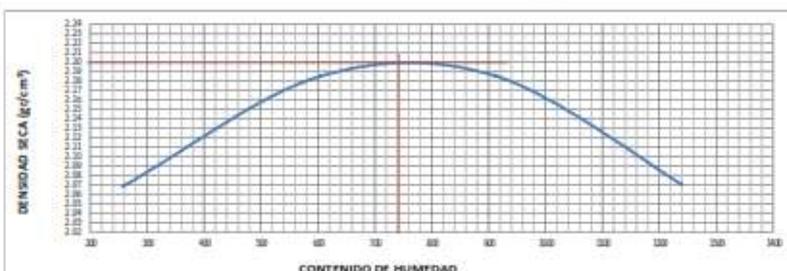
# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

 <small>INGENIERÍA, CONCRETO Y ALBAÑILERÍA</small>	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación:** Lima - Perú  
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022  
**Materia:** Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** C-2  
**N° de Muestra:** SN + 5% de CE + 3% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.38	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 1.984 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 9.3 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

 <small>INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y OBRAS DE OBRAS</small>	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Ubicación:** Lima - Perú

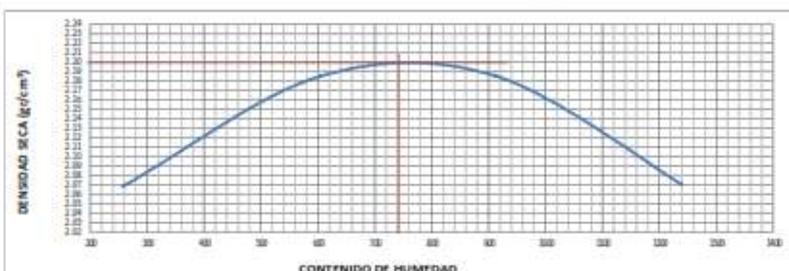
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022

**Material:** Arena Arcillosa (SC)

**Calicata:** C-2

**N° de Muestra:** SN + 5% de CE + 1% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde + Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.36	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 2.185 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 9.3 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

Proyecto: Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

Solicitante: Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

Ubicación: Lima - Perú

Fecha: Trujillo, octubre del 2022

Material: Arena Arcillosa (SC)

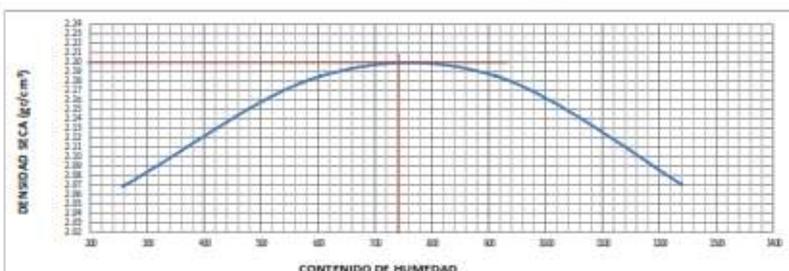
Calicata: C-2

N° de Muestra: SN + 0% de CE + 5% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38

DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde + Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.38	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 2.185 gr/cm<sup>3</sup>

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 9.3 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
 Ing. Luis D. Gallardo Morja  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	FORMATO	Código	FO-SU-01
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Ubicación:** Lima - Perú

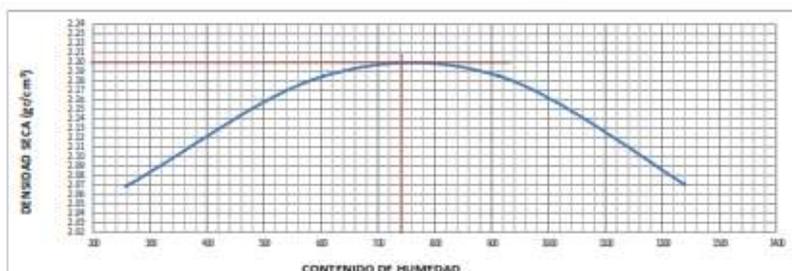
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022

**Material:** Arena Arcillosa (SC)

**Calicata:** C-2

**N° de Muestra:** SN + 0% de CE + 3% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde + Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.36	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 2.185 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 6.03 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

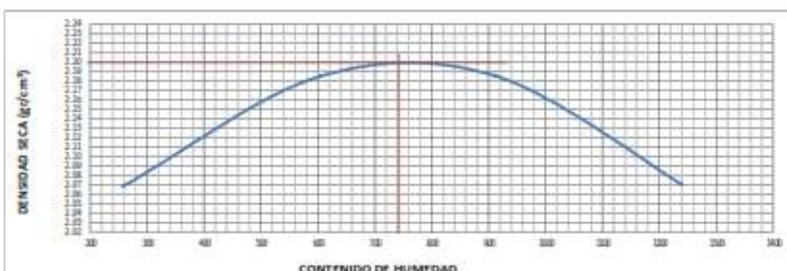
# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación:** Lima - Perú  
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022  
**Material:** Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** C-2  
**N° de Muestra:** SN + 0% de CE + 1% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.36	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 1.95 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 8.7 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

 <small>INGENIERÍA, SERVICIO Y TRANSACCIONES</small>	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Ubicación:** Lima - Perú

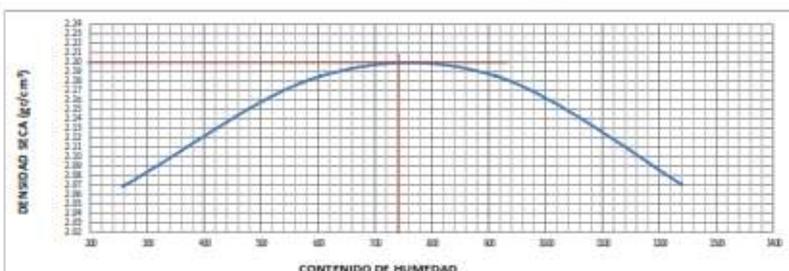
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022

**Material:** Arena Arcillosa (SC)

**Calicata:** C-3

**N° de Muestra:** SN + 0% de CE + 1% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.36	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 1.94 gr/cm<sup>3</sup>

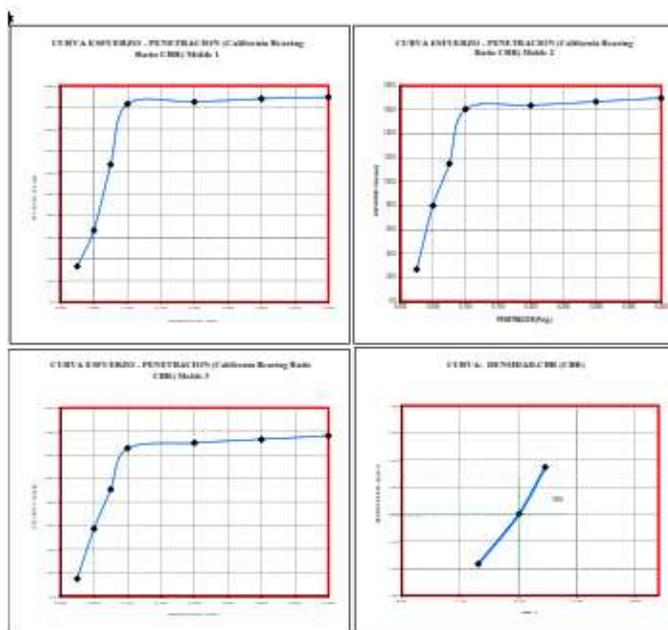
**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 8.5 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



#### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (lb/in <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1500	16.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	16.08	1.75
3	0.1	126.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (lb/in <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.91	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.934
OPTIMO Contenido de Humedad	8.88%
C.B.R. A1 100 % de la Maxima Densidad Seca	28.52%
C.B.R. A1 95% de la Maxima Densidad Seca	24.68%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Morja  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	FORMATO	Código	PO-SU-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 21

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de acceso - ecualpito en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-02  
**Muestra:** - SN + 3% de CE + 3% de CS

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE	1	2	3	4	5	6
N° DE GOLPES POR CADA			25		12	
SOBRECARGA (gr.)	4000		4050		4070	
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287		8090		7800	
Peso de Molde (gr.)	4107		4107		4107	
Peso de Suelo Seco (gr.)	4180		3983		3740	
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211		3211		3211	
Volumen del Disco Esparador (cm <sup>3</sup> )	1095		1095		1095	
Volumen (ml) (cm <sup>3</sup> )	2116		2116		2116	
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96		1.87		1.77	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
CAPSLA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0		86.3		86.07	
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3		84.3		84.81	
Peso de Agua (gr.)	2.44		2.5		2.45	
Peso de Capsula (gr.)	27.0		27.49		28.1	
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9		36.9		36.34	
% de Humedad	6.78		6.78		6.75	
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84		1.75		1.68	

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	

	Extracción	Límite Max.
	TPO	HUM. H. (%)
	Base	1
	Sub Base	2
	Sub Rasolet	3

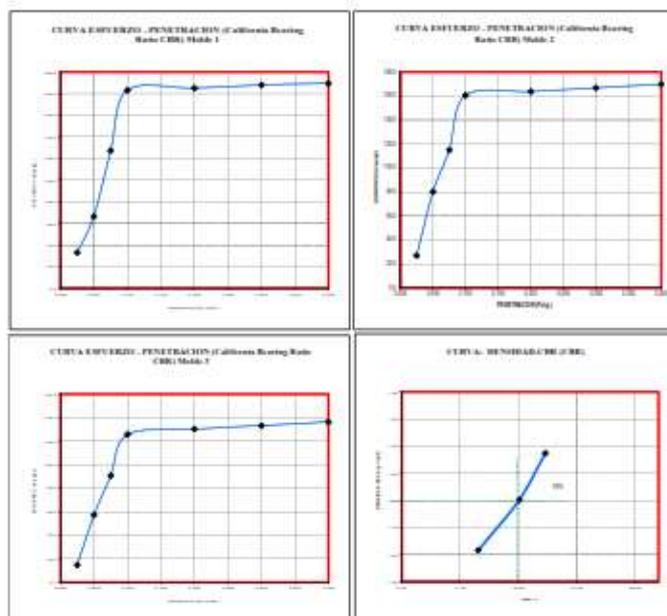
PENETRACION										
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES	
PERMEABILIDAD	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86	
0.025	18	89.8	33.0	22	90.8	26.0	5	84.3	14.8	
0.050	25	196.3	86.4	30	246.3	80.1	22	172.0	87.3	
0.075	45	381.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7	
0.100	63	548.3	183.3	56	481.8	160.8	45	377.1	124.7	
0.200	64	354.8	184.9	57	491.8	163.7	46	390.7	130.2	
0.300	65	263.8	188.0	58	508.1	166.7	47	399.8	133.3	
0.400	66	323.3	190.5	59	588.2	169.7	48	400.8	134.3	

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



**Valores Corregidos**

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (lbs/pulg2)	PRESION PATRON (lbs/pulg2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1	183.1	1000	16.31	1.84
2	0.1	100.0	1000	10.00	1.75
3	0.1	125.7	1000	12.57	1.86

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (lbs/pulg2)	PRESION PATRON (lbs/pulg2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2	164.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.91	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.86

Maxima Densidad Seca (gr/cm3)	1.922
OPTIMO Contenido de Humedad	7.69%
C.B.R. A 100 % de la Maxima Densidad Seca	25.67%
C.B.R. A 95% de la Maxima Densidad Seca	23.42%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morúa**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	FD-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 2

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de sauco - suscalpio en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-02  
**Muestra:** - SN + 3% de CE + 1% de CG

## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE GOLPES POR CARGA	1	2	25	50	125	250
SOBRECARGA (gr.)	4000	4000	4050	4050	4050	4050
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287	8090	8090	7800	8090	7800
Peso de Molde (gr.)	4107	4107	4107	4107	4107	4107
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4180	3983	3983	3693	3983	3693
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211	3211	3211	3211	3211	3211
Volumen del Disco Esparador (cm <sup>3</sup> )	1095	1095	1095	1095	1095	1095
Volumen (M <sup>3</sup> ) (cm <sup>3</sup> )	2116	2116	2116	2116	2116	2116
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96	1.87	1.87	1.77	1.87	1.77

CONTENIDO DE HUMEDAD						
CAPSLA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0	86.3	86.07	86.0	86.0	86.0
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3	84.3	84.81	83.3	83.3	83.3
Peso de Agua (gr.)	2.44	2.5	2.45	2.44	2.44	2.44
Peso de Capsula (gr.)	27.0	27.49	28.1	27.0	27.0	27.0
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9
% de Humedad	6.78	6.78	6.78	6.78	6.78	6.78
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.75	1.75	1.84	1.84	1.84

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	

	Extracción	Límite Max.
	TPO	HUM. H. (%)
	Base	1
	Sub Base	2
	Sub Rasolet	3

SUELO NO EXPANSIVO										
PENETRACION										
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES	
PERMEABILIDAD	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86	DIAM.	86	DIAM.	
0.025	18	80.4	33.0	22	80.5	26.0	5	84.3	14.8	
0.050	25	106.3	86.4	30	240.3	80.1	22	172.0	87.3	
0.075	45	181.8	127.2	40	348.2	115.3	33	272.2	86.7	
0.100	63	248.3	183.3	50	481.8	160.8	45	377.1	128.7	
0.200	64	354.8	184.9	57	491.8	163.7	46	390.7	130.2	
0.300	65	263.8	188.0	58	508.1	166.7	47	399.8	133.3	
0.400	66	323.3	190.5	60	588.2	189.9	48	400.8	138.3	

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

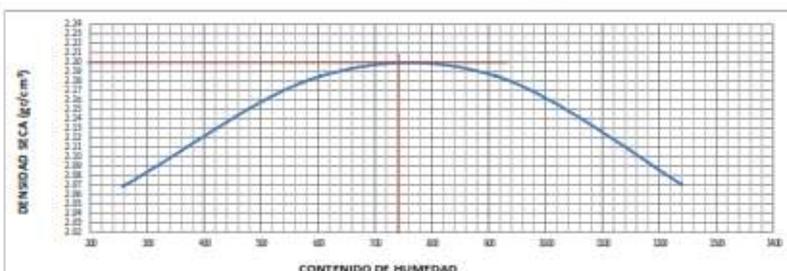
 <small>INGENIERÍA, SERVICIO Y CALIDAD</small>	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación:** Lima - Perú  
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022  
**Material:** Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** C-3  
**N° de Muestra:** SN + 5% de CE + 5% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38

DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde + Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.38	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 2.175 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 9.3 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

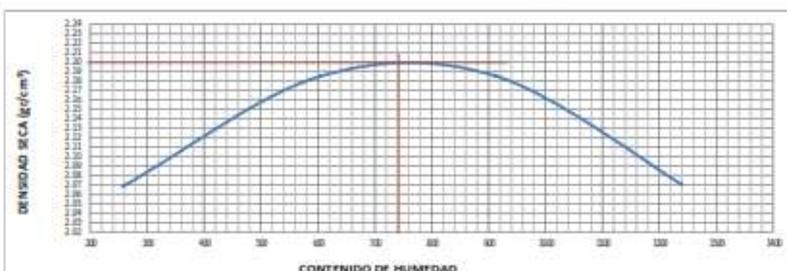
	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022  
**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita  
**Ubicación:** Lima - Perú  
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022  
**Material:** Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** C-3  
**N° de Muestra:** SN + 5% de CE + 3% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	89.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38

DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.38	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 2.188 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 9.5 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

 <b>Ingemat</b> <small>INGENIERÍA, SERVICIOS Y MANTENIMIENTO</small>	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Ubicación:** Lima - Perú

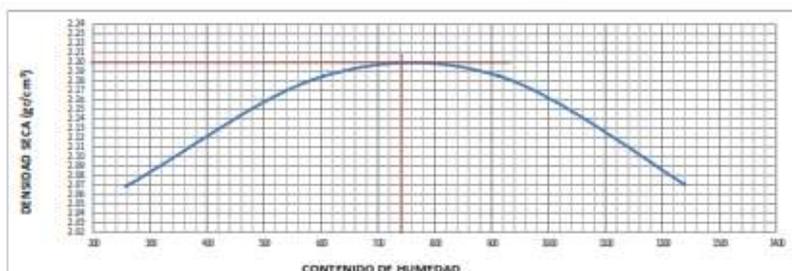
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022

**Material:** Arena Arcillosa (SC)

**Calicata:** C-3

**N° de Muestra:** SN + 5% de CE + 1% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.36	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 2.099 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 9.1 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

 <small>INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y OBRAS DE OBRAS</small>	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Ubicación:** Lima - Perú

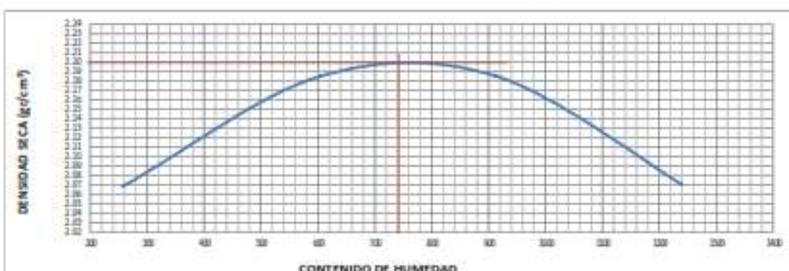
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022

**Material:** Arena Arcillosa (SC)

**Calicata:** C-3

**N° de Muestra:** SN + 0% de CE + 5% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde + Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.36	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 1.96 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 8.9 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

 <b>Ingemat</b> <small>PERU, S.A.   SUELOS Y GEOTECNICAS</small>	<b>FORMATO</b>	Código	FO-SU-01
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 1

**Proyecto:** Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022

**Solicitante:** Br. Durand Balandra, Jhon Stephane - Br. Lobato Guerrero, Leyla Marita

**Ubicación:** Lima - Perú

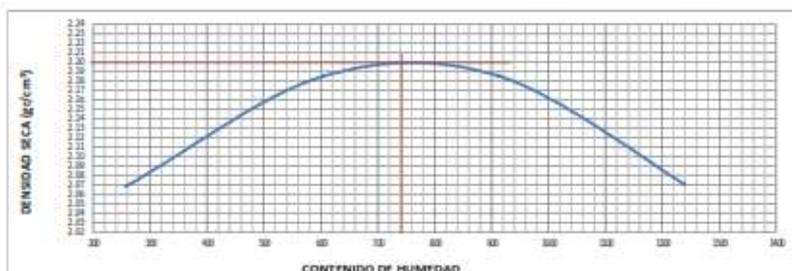
**Fecha:** Trujillo, octubre del 2022

**Material:** Arena Arcillosa (SC)

**Calicata:** C-3

**N° de Muestra:** SN + 0% de CE + 3% de CS

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	125.90	126.90	124.00	125.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	123.70	122.00	117.50	116.00
Peso del Agua (gr)	2.20	4.90	7.10	9.40
Peso tara (gr)	38.56	40.80	39.60	40.10
Peso Suelo Seco (gr)	85.20	81.20	77.90	75.90
Contenido de humedad (%)	2.58	6.03	9.11	12.38
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				
ENSAYO No	1	2	3	4
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	3929	4115	4160	4125
Peso Molde (gr)	1900	1900	1900	1900
Peso Suelo Húmedo (gr)	2029	2215	2260	2225
Volumen Suelo Húmedo (gr)	956.04	956.04	956.04	956.04
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.32	2.36	2.33
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.185	2.166	2.071



**DENSIDAD SECA MÁXIMA:** 1.99 gr/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:** 8.7 %

NOTA: Los material fueron muestreados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de sauco - suscalpito en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-02  
**Muestra:** - SN + 3% de CE + 8% de CG

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1093

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE	1	2	3	4	5	6
N° DE GOLPES POR CADA	10	25	10	25	10	25
SOBRECARGA (gr.)	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287	8090	8090	7800	8090	7800
Peso de Molde (gr.)	4107	4107	4107	4107	4107	4107
Peso de Suelo Seco (gr.)	4180	3983	3983	3745	4180	3745
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211	3211	3211	3211	3211	3211
Volumen del Disco Españador (cm <sup>3</sup> )	1095	1095	1095	1095	1095	1095
Volumen (Ml) (cm <sup>3</sup> )	2116	2116	2116	2116	2116	2116
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96	1.87	1.87	1.77	1.96	1.77

CONTENIDO DE HUMEDAD						
CAPSLA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0	86.3	86.0	86.07	86.0	86.0
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3	84.3	83.3	84.41	83.3	83.3
Peso de Agua (gr.)	2.44	2.5	2.44	2.45	2.44	2.44
Peso de Capsula (gr.)	27.0	27.49	27.0	27.1	27.0	27.0
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9	36.9	36.9	36.34	36.9	36.9
% de Humedad	6.78	6.78	6.78	6.75	6.78	6.78
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.75	1.75	1.80	1.84	1.80

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUMID. (%)	LECT. DIAM.	HUMID. (%)	LECT. DIAM.	HUMID. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	

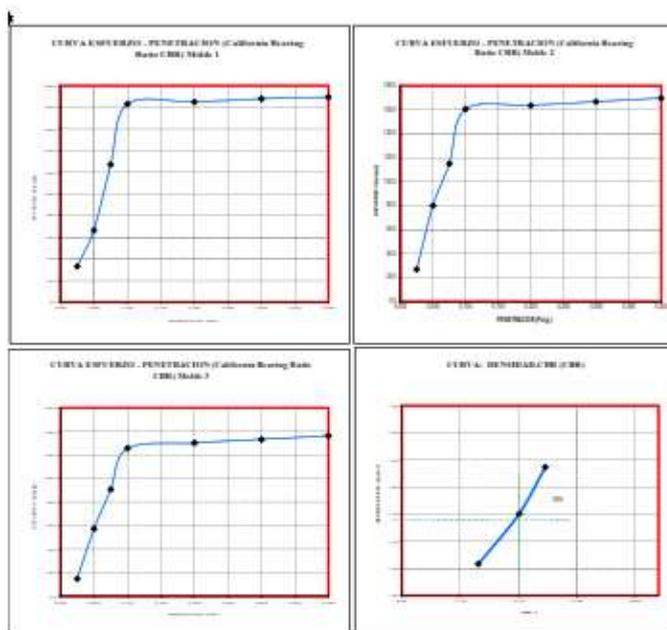
SUELO NO EXPANSIVO									
PENETRACION									
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES
PERMEABILIDAD	DIAM.	Se	Impulso	DIAM.	Se	Impulso	DIAM.	Se	Impulso
0.025	18	80.0	33.0	22	80.5	26.0	5	84.3	14.0
0.050	25	100.3	86.4	30	240.3	80.1	22	172.0	57.3
0.075	45	181.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7
0.100	63	248.3	183.3	56	481.9	160.8	45	377.1	124.7
0.200	64	354.8	184.9	57	491.9	163.7	46	390.7	130.2
0.300	65	263.9	188.0	58	508.1	166.7	47	399.8	133.3
0.400	66	323.7	190.7	59	588.2	169.7	48	400.8	134.3

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



#### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (lb/in <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1500	16.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	16.08	1.75
3	0.1	126.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (lb/in <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.91	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	2.020
OPTIMO Contenido de Humedad	8.58%
C.B.R. A1 100 % de la Maxima Densidad Seca	43.51%
C.B.R. A1 95% de la Maxima Densidad Seca	46.22%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Morja  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de sauco - escollido en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-02  
**Muestra:** - SN + 8% de CE + 1% de CS

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE	1	2	1	2	1	2
N° DE GOLPES POR CADA			25		12	
<b>SOBRECARGA (gr.)</b>	4000		4050		4050	
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287		8090		7800	
Peso de Molde (gr.)	4107		4107		4107	
Peso de Suelo Seco (gr.)	4180		3983		3745	
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211		3211		3211	
Volumen del Disco Esparador (cm <sup>3</sup> )	1095		1095		1095	
Volumen (ml) (cm <sup>3</sup> )	2116		2116		2116	
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96		1.87		1.77	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
CAPSLA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0		86.3		86.07	
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3		84.3		84.81	
Peso de Agua (gr.)	2.44		2.5		2.45	
Peso de Capsula (gr.)	27.0		27.49		28.1	
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9		36.9		36.34	
% de Humedad	6.78		6.78		6.75	
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84		1.75		1.68	

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	

Extractos	Límite Max.
TPO	HUM. H. (%)
Húmedo	1
Sub Seco	2
Sub Saturado	3

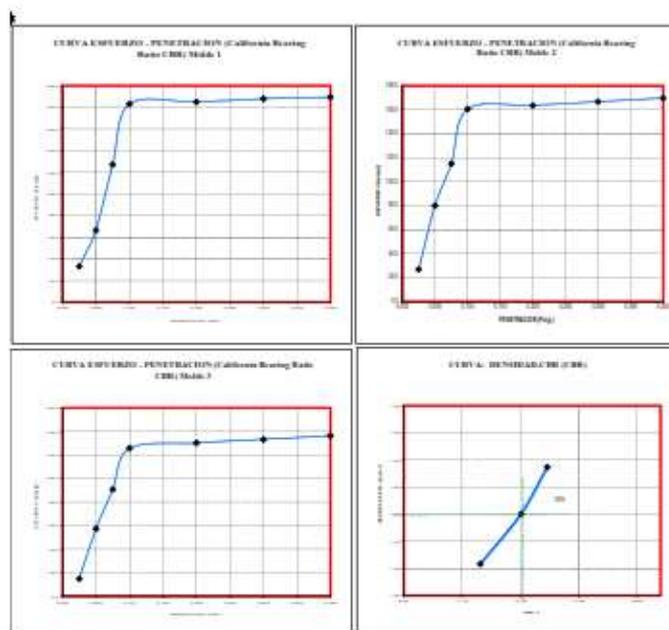
SUELO NO EXPANSIVO									
PENETRACION									
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES
PERMEABILIDAD	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86
0.025	18	89.0	33.0	22	90.5	26.0	5	84.3	14.0
0.050	25	100.3	86.4	30	240.3	80.1	22	172.0	87.3
0.075	45	181.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7
0.100	63	248.3	183.3	56	481.9	160.8	45	377.1	124.7
0.200	64	354.8	184.9	57	491.9	163.7	46	390.7	130.2
0.300	65	263.9	188.0	58	508.1	166.7	47	399.8	133.3
0.400	66	323.3	190.5	59	588.2	169.7	48	400.8	134.3

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



#### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (lb/in <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1500	16.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	16.08	1.75
3	0.1	126.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (lb/in <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.61	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.84
OPTIMO Contenido de Humedad	9.30%
C.B.R. A 100 % de la Maxima Densidad Seca	38.48%
C.B.R. A 95% de la Maxima Densidad Seca	33.60%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
 Ing. Luis D. Gallardo Morja  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de acceso - ecualpito en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-02  
**Muestra:** - SN + 8% de CE + 8% de CS

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1093

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE	1	2	1	2	1	2
N° DE GOLPES POR CADA			25		12	
<b>SOBRECARGA (gr.)</b>	4000		4050		4050	
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287		8090		7800	
Peso de Molde (gr.)	4107		4107		4107	
Peso de Suelo Seco (gr.)	4180		3983		3693	
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211		3211		3211	
Volumen del Disco Españador (cm <sup>3</sup> )	1095		1095		1095	
Volumen (Ml) (cm <sup>3</sup> )	2116		2116		2116	
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96		1.87		1.77	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
<b>CAPSLA N°</b>	1	2	3			
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0		86.3		86.07	
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3		84.3		84.81	
Peso de Agua (gr.)	2.44		2.5		2.45	
Peso de Capsula (gr.)	27.8		27.49		28.1	
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9		36.9		36.34	
% de Humedad	6.78		6.78		6.75	
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84		1.75		1.68	

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	Extracta
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	Límite Max.
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	1
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	2
							Sub Base
							Sub Base

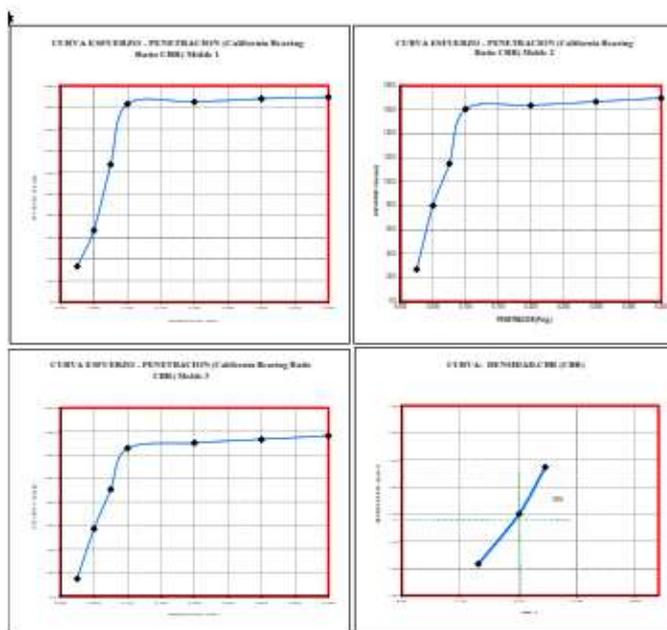
PENETRACION									
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES
PERMEABILIDAD	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86
0.025	18	80.4	33.0	22	80.5	26.0	8	84.3	14.8
0.050	25	106.3	46.4	30	246.3	80.1	22	172.0	57.3
0.075	45	181.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7
0.100	63	248.3	183.3	56	481.8	160.8	45	377.1	124.7
0.200	64	354.8	264.9	57	491.8	163.7	46	390.7	130.2
0.300	65	263.8	188.0	58	508.1	166.7	47	399.8	133.3
0.400	66	323.3	190.5	59	588.2	189.9	48	400.8	134.3

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1500	16.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	16.08	1.75
3	0.1	125.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.61	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.989
OPTIMO Contenido de Humedad	8.10%
C.B.R. A 100 % de la Maxima Densidad Seca	36.82%
C.B.R. A 95% de la Maxima Densidad Seca	32.62%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Morúa  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de sauco - escollido en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-02  
**Muestra:** - SN + 8% de CE + 3% de CS

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE	1	2	1	2	1	2
N° DE GOLPES POR CADA			25		12	
SOBRECARGA (gr.)	4000		4050		4050	
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287		8090		7800	
Peso de Molde (gr.)	4107		4107		4107	
Peso de Suelo Seco (gr.)	4180		3983		3693	
Volumen de Molde (cm³)	3211		3211		3211	
Volumen del Disco Españador (cm³)	1095		1095		1095	
Volumen (ml) (cm³)	2116		2116		2116	
Densidad (Húmedo) (gr/cm³)	1.96		1.87		1.77	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
CAPSLA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0		86.3		86.07	
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3		84.3		84.81	
Peso de Agua (gr.)	2.44		2.5		2.45	
Peso de Capsula (gr.)	27.8		27.49		28.1	
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9		36.9		36.34	
% de Humedad	6.78		6.78		6.75	
Densidad de Suelo Seco (gr/cm³)	1.84		1.75		1.68	

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	Extracción
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	Límite Max.
4	0.03	0.54	0.15	0.48	0.17	0.40	1
							Sub Base
							Sub Base

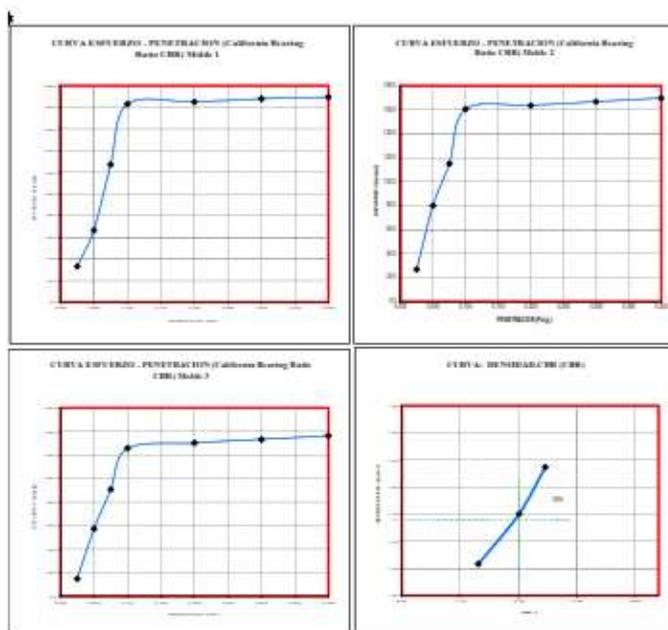
SUELO NO EXPANSIVO									
PENETRACION									
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES
PERMEABILIDAD	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86
0.025	18	80.8	37.0	22	80.8	20.0	8	84.7	14.8
0.050	25	186.3	86.4	30	240.3	80.1	22	172.0	87.3
0.075	45	381.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7
0.100	63	548.3	183.1	56	481.8	160.8	45	377.1	124.7
0.200	64	554.8	184.9	57	491.8	163.7	46	380.7	130.2
0.300	65	563.8	188.0	58	508.1	166.7	47	389.8	133.3
0.400	66	583.3	190.5	59	588.2	169.7	48	400.8	138.3

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1500	10.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	10.00	1.75
3	0.1	125.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.91	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.931
OPTIMO Contenido de Humedad	8.70%
C.B.R. A1 100 % de la Maxima Densidad Seca	33.41%
C.B.R. A1 95% de la Maxima Densidad Seca	30.20%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Morja  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de acceso - escollido en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-02  
**Muestra:** - SN + 8% de CE + 1% de CG

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE	1	2	1	2	1	2
N° DE GOLPES POR CAPA	59	27	59	27	59	27
SOBRECARGA (gr.)	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287	8090	8090	7800	8090	7800
Peso de Molde (gr.)	4107	4107	4107	4107	4107	4107
Peso de Suelo Seco (gr.)	4180	3983	3983	3745	3983	3745
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211	3211	3211	3211	3211	3211
Volumen del Disco Esparador (cm <sup>3</sup> )	1095	1095	1095	1095	1095	1095
Volumen (M <sup>3</sup> ) (cm <sup>3</sup> )	2116	2116	2116	2116	2116	2116
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96	1.87	1.87	1.77	1.87	1.77

CONTENIDO DE HUMEDAD						
CAPSLA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0	86.3	86.07	86.0	86.0	86.0
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3	84.3	84.81	83.3	83.3	83.3
Peso de Agua (gr.)	2.44	2.5	2.45	2.44	2.44	2.44
Peso de Capsula (gr.)	27.0	27.49	28.1	27.0	27.0	27.0
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9
% de Humedad	6.78	6.78	6.78	6.78	6.78	6.78
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.75	1.75	1.84	1.84	1.84

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	Extracción Límite Max.
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	Base
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	Sub Base

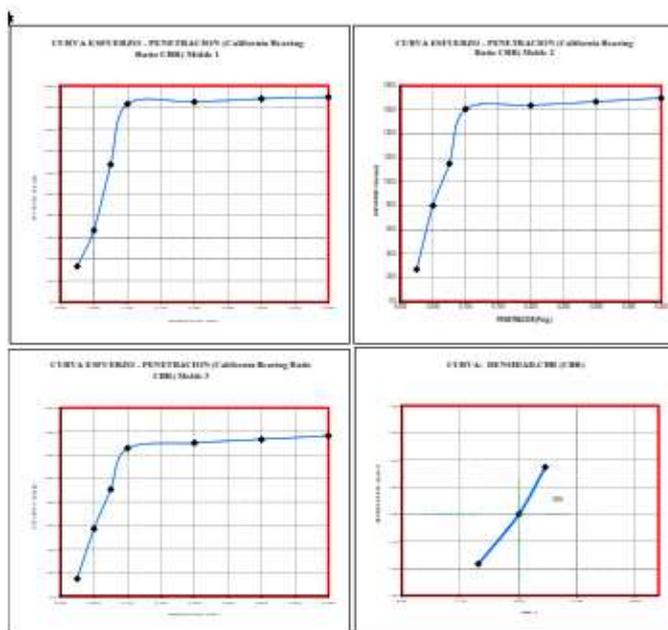
SUELO NO EXPANSIVO									
PENETRACION									
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	21 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES
PERMEABILIDAD	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86
0.025	18	80.4	33.0	22	80.5	26.0	5	84.3	14.8
0.050	25	106.3	86.4	30	246.3	80.1	22	172.0	87.3
0.075	45	181.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7
0.100	63	248.3	183.3	56	481.8	160.8	45	377.1	128.7
0.200	64	354.8	184.8	57	491.8	163.7	46	390.7	130.2
0.300	65	263.8	188.0	58	508.1	166.7	47	399.8	133.3
0.400	66	323.3	190.5	59	588.2	169.7	48	400.8	138.3

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1500	16.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	16.08	1.75
3	0.1	125.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.61	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.945
OPTIMO Contenido de Humedad	8.38%
C.B.R. A 100 % de la Maxima Densidad Seca	30.24%
C.B.R. A 95% de la Maxima Densidad Seca	26.51%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Morja  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de sauco - suscalpito en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-02  
**Muestra:** - SN + 8% de CE + 2% de CS

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE	1	2	1	2	1	2
N° DE GOLPES POR CADA			25		12	
<b>SOBRECARGA (gr.)</b>	4000		4050		4050	
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287		8090		7800	
Peso de Molde (gr.)	4107		4107		4107	
Peso de Suelo Húmedo (gr.)	4180		3983		3745	
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211		3211		3211	
Volumen del Disco Esparador (cm <sup>3</sup> )	1095		1095		1095	
Volumen (M <sup>3</sup> ) (cm <sup>3</sup> )	2116		2116		2116	
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96		1.87		1.77	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
CAPSLA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0		86.3		86.07	
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3		84.3		84.81	
Peso de Agua (gr.)	2.44		2.5		2.45	
Peso de Capsula (gr.)	27.8		27.49		28.1	
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9		36.9		36.34	
% de Humedad	6.78		6.78		6.75	
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84		1.75		1.68	

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	Extracción 1
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	Sub Base 2
4	0.03	0.54	0.15	0.48	0.17	0.40	Sub Base 3

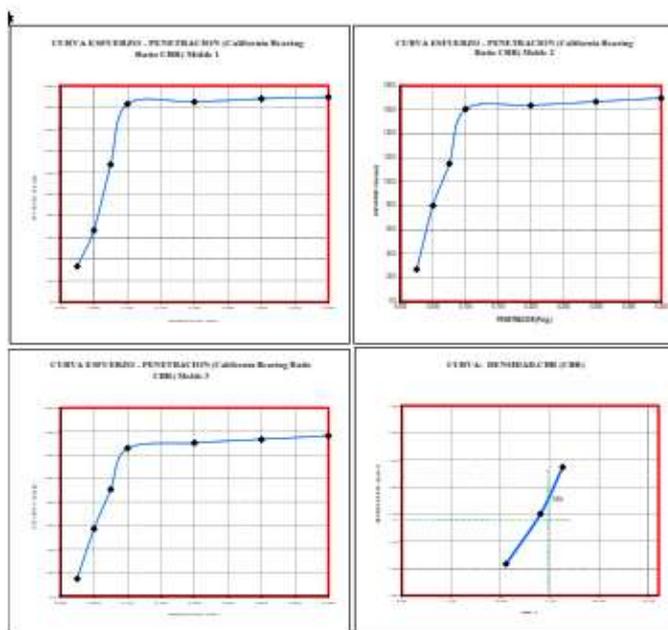
SUELO NO EXPANSIVO									
PENETRACION									
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES
PERMEABILIDAD	DIAM.	Gr.	Impulso	DIAM.	Gr.	Impulso	DIAM.	Gr.	Impulso
0.025	18	80.8	33.0	12	80.8	26.0	8	84.3	14.8
0.050	25	106.3	46.4	30	246.3	80.1	22	172.0	37.3
0.075	45	181.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7
0.100	63	248.3	183.1	56	481.8	160.8	45	377.1	124.7
0.200	64	254.8	184.9	57	491.8	163.7	46	380.7	130.2
0.300	65	263.8	188.0	58	508.1	166.7	47	389.8	133.3
0.400	66	268.3	190.5	59	508.2	168.7	48	400.8	138.3

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1500	16.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	16.08	1.75
3	0.1	125.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.61	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.931
OPTIMO Contenido de Humedad	6.28%
C.B.R. A1 100 % de la Máxima Densidad Seca	36.58%
C.B.R. A1 95% de la Máxima Densidad Seca	27.11%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Morja  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de sauco - suscalpito en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-03  
**Muestra:** - SN + 3% de CE + 8% de CG

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE	1	2	1	2	1	2
N° DE GOLPES POR CADA			25		12	
<b>SOBRECARGA (gr.)</b>	4000		4050		4050	
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287		8090		7800	
Peso de Molde (gr.)	4107		4107		4107	
Peso de Suelo Seco (gr.)	4180		3983		3745	
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	2211		2211		2211	
Volumen del Disco Esparador (cm <sup>3</sup> )	1095		1095		1095	
Volumen (Ml) (cm <sup>3</sup> )	2216		2216		2216	
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.86		1.87		1.77	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
<b>CAPSLA N°</b>	1	2	3			
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0		86.3		86.07	
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3		84.3		84.81	
Peso de Agua (gr.)	2.44		2.5		2.45	
Peso de Capsula (gr.)	27.8		27.49		28.1	
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9		36.9		36.34	
% de Humedad	6.73		6.78		6.75	
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84		1.75		1.68	

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	Extracción
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	Límite Max.
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	Base
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	Sub Base

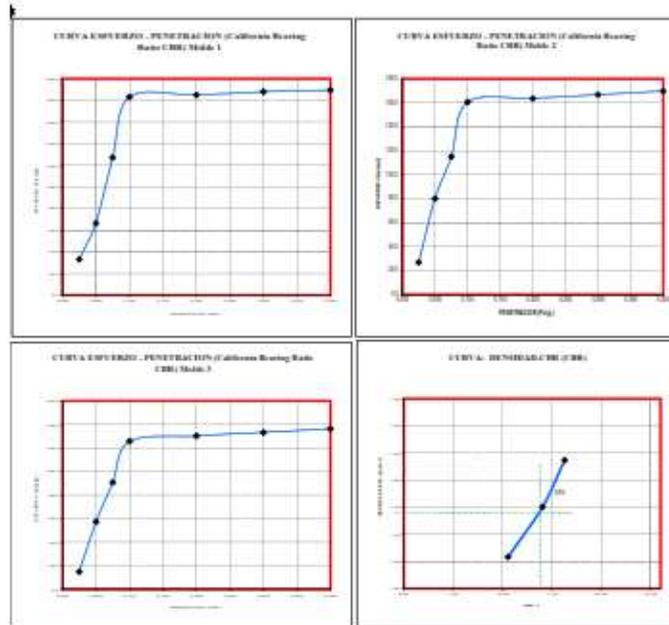
PENETRACION									
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES
PERMEABILIDAD	DIAM.	Se	Impulso	DIAM.	Se	Impulso	DIAM.	Se	Impulso
0.025	18	80.8	37.0	22	80.8	20.0	8	84.7	14.8
0.050	25	100.3	46.4	30	240.3	80.1	22	172.0	37.3
0.075	45	181.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7
0.100	63	248.3	183.3	56	481.8	160.8	45	377.1	124.7
0.200	64	354.8	184.9	57	491.8	163.7	46	390.7	130.2
0.300	65	263.8	188.0	58	508.1	166.7	47	399.8	133.3
0.400	66	323.3	190.5	59	588.2	169.7	48	400.8	134.3

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm²)	PRESION PATRON (kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.1	183.1	1500	16.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	16.08	1.75
3	0.1	125.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm²)	PRESION PATRON (kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.91	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm³)	1.922
OPTIMO Contenido de Humedad	7.90%
C.B.R. A1 100 % de la Maxima Densidad Seca	25.69%
C.B.R. A1 95% de la Maxima Densidad Seca	22.56%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Morúa  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de acceso - escollido en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-03  
**Muestra:** - SN + 3% de CE + 3% de CS

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE	1	2	3	4	5	6
N° DE GOLPES POR CADA	19	27	19	27	19	27
SOBRECARGA (gr.)	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287	8090	8090	7800	8090	7800
Peso de Molde (gr.)	4107	4107	4107	4107	4107	4107
Peso de Suelo Seco (gr.)	4180	3983	3983	3745	3983	3745
Volumen de Molde (cm³)	3211	3211	3211	3211	3211	3211
Volumen del Disco Españador (cm³)	1095	1095	1095	1095	1095	1095
Volumen (ml) (cm³)	2116	2116	2116	2116	2116	2116
Densidad (Húmedo) (gr/cm³)	1.96	1.87	1.87	1.77	1.87	1.77

CONTENIDO DE HUMEDAD						
CAPSLA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0	86.3	86.0	86.07	86.0	86.0
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3	84.3	83.3	84.41	83.3	83.3
Peso de Agua (gr.)	2.44	2.5	2.44	2.45	2.44	2.44
Peso de Capsula (gr.)	27.0	27.49	27.0	27.1	27.0	27.0
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9	36.9	36.9	36.34	36.9	36.9
% de Humedad	6.78	6.78	6.78	6.75	6.78	6.78
Densidad de Suelo Seco (gr/cm³)	1.84	1.75	1.75	1.68	1.75	1.68

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAL	HUM. H. (%)	LECT. DIAL	HUM. H. (%)	LECT. DIAL	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	Extracta
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	Límite Max.
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	1
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	2
							Sub Base
							Sub Base

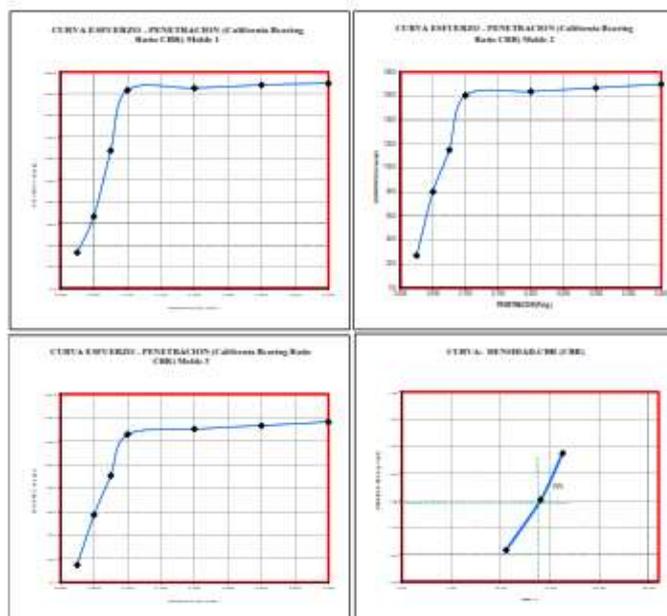
SUELO NO EXPANSIVO									
PENETRACION									
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	21 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES
PERMEABILIDAD	DIAS	Se	Se	Se	Se	Se	Se	Se	Se
0.025	18	80.4	37.0	12	80.5	20.0	8	84.3	14.8
0.050	25	100.3	46.4	30	240.3	80.1	22	172.0	57.3
0.075	45	181.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7
0.100	63	248.3	183.3	56	481.8	160.8	45	377.1	124.7
0.200	64	354.8	184.9	57	491.8	163.7	46	390.7	130.2
0.300	65	263.8	188.0	58	508.1	166.7	47	399.8	133.3
0.400	66	323.3	190.5	59	588.2	189.9	48	400.8	134.3

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



**Valores Corregidos**

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (lb/in²)	PRESION PATRON (lb/in²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.1	183.1	1000	16.21	1.84
2	0.1	100.0	1000	10.00	1.75
3	0.1	125.7	1000	12.57	1.86

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (lb/in²)	PRESION PATRON (lb/in²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.2	164.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.91	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.86

Maxima Densidad Seca (g/cm³)	1.914
OPTIMO Contenido de Humedad	7.69%
C.B.R. A 100 % de la Maxima Densidad Seca	25.67%
C.B.R. A 95% de la Maxima Densidad Seca	21.56%

NOTA: Los materiales fueron mostrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
 Ing. Luis D. Gallardo Morúa  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	1 de 2

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de sauco - suscalpio en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-03  
**Muestra:** - SN + 3% de CE + 1% de CG

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE GOLPES POR CARGA	1	2	25	50	125	250
SOBRECARGA (gr.)	4000	4000	4050	4050	4050	4050
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287	8090	8090	7800	8090	7800
Peso de Molde (gr.)	4107	4107	4107	4107	4107	4107
Peso de Suelo Seco (gr.)	4180	3983	3983	3745	3983	3745
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211	3211	3211	3211	3211	3211
Volumen del Disco Esparador (cm <sup>3</sup> )	1095	1095	1095	1095	1095	1095
Volumen (M <sup>3</sup> ) (cm <sup>3</sup> )	2116	2116	2116	2116	2116	2116
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96	1.87	1.87	1.77	1.87	1.77

CONTENIDO DE HUMEDAD						
CAPSLA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0	86.3	86.07	86.0	86.0	86.0
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3	84.3	84.81	83.3	83.3	83.3
Peso de Agua (gr.)	2.44	2.5	2.45	2.44	2.44	2.44
Peso de Capsula (gr.)	27.0	27.49	28.1	27.0	27.0	27.0
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9
% de Humedad	6.78	6.78	6.78	6.78	6.78	6.78
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.75	1.75	1.84	1.84	1.84

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	Extracción
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	Límite Max.
4	0.03	0.54	0.15	0.48	0.17	0.40	TPO

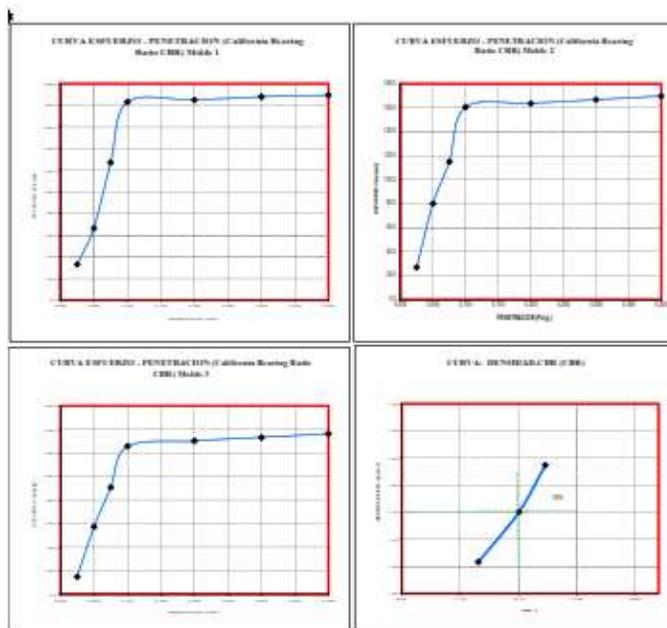
PENETRACION									
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES
PERMEABILIDAD	DIAM.	Se	Impulso	DIAM.	Se	Impulso	DIAM.	Se	Impulso
0.025	18	80.0	33.0	22	80.0	20.0	8	84.3	14.0
0.050	25	100.3	46.4	30	240.3	80.1	22	172.0	57.3
0.075	45	181.0	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7
0.100	63	248.3	183.3	56	481.0	160.0	45	377.1	124.7
0.200	64	354.8	184.0	57	491.0	163.7	46	390.7	130.2
0.300	65	263.0	188.0	58	500.1	166.7	47	399.0	133.3
0.400	66	323.3	190.5	59	508.2	169.7	48	400.0	134.3

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



#### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1500	16.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	16.08	1.75
3	0.1	126.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.91	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.978
OPTIMO Contenido de Humedad	18.18%
C.B.R. A1 100 % de la Maxima Densidad Seca	31.26%
C.B.R. A1 95% de la Maxima Densidad Seca	28.50%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Murga  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de sauco - escollido en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-02  
**Muestra:** - SN + 8% de CE + 8% de CS

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLE DE	1	2	1	2	1	2
N° DE GOLPES POR CAPA	19	19	27	27	12	12
SOBRECARGA (gr.)	4000	4000	4050	4050	4000	4000
Peso de Suelo Húmedo + Mole (gr.)	8287	8090	8090	7800		
Peso de Mole (gr.)	4107	4107	4107	4107		
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	4180	3983	3983	3693		
Volumen de Mole (cm³)	3211	3211	3211	3211		
Volumen del Disco Esparador (cm³)	1095	1095	1095	1095		
Volumen (M) (cm³)	2116	2116	2116	2116		
Densidad (Húmedo) (gr/cm³)	1.96	1.87	1.87	1.77		

CONTENIDO DE HUMEDAD						
CAPSLA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0	86.3	86.07			
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.8	84.3	84.81			
Peso de Agua (gr.)	2.44	2.5	2.45			
Peso de Capsula (gr.)	27.8	27.49	28.1			
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9	36.9	36.34			
% de Humedad	6.78	6.78	6.75			
Densidad de Suelo Seco (gr/cm³)	1.84	1.75	1.88			

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAL	HUM. H. (%)	LECT. DIAL	HUM. H. (%)	LECT. DIAL	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	

Extracción	Límite Max.
TPO	HUM. H. (%)
Húmedo	1
Sub Suelo	2
Sub Escudo	3

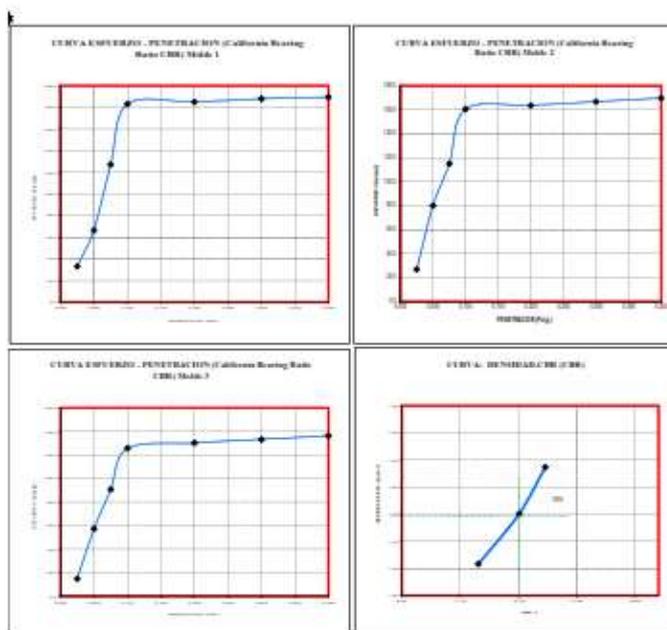
SUELO NO EXPANSIVO										
PENETRACION										
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	Nº GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	21 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES	
PREPARACION	DIAL	86	189/42	DIAL	86	189/42	DIAL	86	189/42	
0.025	18	80.8	37.0	22	80.8	20.0	8	84.3	14.8	
0.050	25	106.3	86.4	30	240.3	80.1	22	172.0	87.3	
0.075	45	181.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7	
0.100	63	248.3	183.3	56	481.8	160.8	45	377.1	128.7	
0.200	64	354.8	284.8	57	491.8	163.7	46	390.7	130.2	
0.300	65	263.8	188.0	58	508.1	166.7	47	399.8	133.3	
0.400	66	323.3	190.5	59	588.2	169.7	48	400.8	138.3	

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



#### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1500	10.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	10.00	1.75
3	0.1	125.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.01	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.985
OPTIMO Contenido de Humedad	9.80%
C.B.R. A1 100 % de la Maxima Densidad Seca	35.77%
C.B.R. A1 95% de la Maxima Densidad Seca	31.58%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Morja  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de acceso - escollido en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-03  
**Muestra:** - SN + 8% de CE + 1% de CS

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE	1	2	1	2	1	2
N° DE GOLPES POR CADA SOBRECARGA (gr.)	4000	4000	4050	4050	4000	4050
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287	8090	8090	7800		
Peso de Molde (gr.)	4107	4107	4107	4107		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4180	3983	3983	3693		
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211	3211	3211	3211		
Volumen del Disco Esparador (cm <sup>3</sup> )	1095	1095	1095	1095		
Volumen (M <sup>3</sup> ) (cm <sup>3</sup> )	2116	2116	2116	2116		
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96	1.87	1.87	1.77		

CONTENIDO DE HUMEDAD						
CAPSLA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0	86.3	86.07			
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.8	84.3	84.81			
Peso de Agua (gr.)	2.44	2.5	2.45			
Peso de Capsula (gr.)	27.8	27.49	28.1			
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9	36.9	36.34			
% de Humedad	6.78	6.78	6.75			
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.75	1.88			

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAL	HUMID. (%)	LECT. DIAL	HUMID. (%)	LECT. DIAL	HUMID. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	

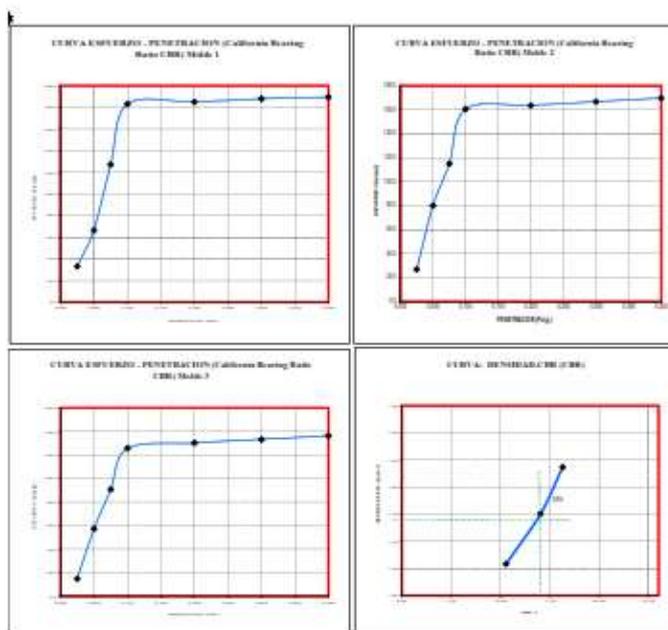
SUELO NO EXPANSIVO									
PENETRACION									
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	21 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES
PREPARACION	DIAL	86	86	DIAL	86	86	DIAL	86	86
0.025	18	89.8	33.0	22	90.8	26.0	5	84.3	14.8
0.050	25	196.3	86.4	30	246.3	80.1	22	172.0	87.3
0.075	45	381.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7
0.100	63	548.3	183.3	56	481.8	160.8	45	377.1	124.7
0.200	64	554.8	184.8	57	491.8	163.7	46	380.7	130.2
0.300	65	563.8	188.8	58	508.1	166.7	47	389.8	133.3
0.400	66	583.3	193.3	59	588.2	189.7	48	400.8	138.3

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



#### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1500	16.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	16.08	1.75
3	0.1	125.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.01	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.980
OPTIMO Contenido de Humedad	8.58%
C.B.R. A1 100 % de la Maxima Densidad Seca	36.83%
C.B.R. A1 95% de la Maxima Densidad Seca	32.55%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Morja  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto** : Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de sauco - escollido en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante** : Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación** : Lima - Perú  
**Fecha** : Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo** : Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata** : C-03  
**Muestra** : SN + 8% de CE + 2% de CS

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE	1	2	1	2	1	2
N° DE GOLPES POR CADA			25		12	
<b>SOBRECARGA (gr.)</b>	4000		4050		4050	
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287		8090		7800	
Peso de Molde (gr.)	4107		4107		4107	
Peso de Suelo Seco (gr.)	4180		3983		3693	
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211		3211		3211	
Volumen del Disco Esparador (cm <sup>3</sup> )	1095		1095		1095	
Volumen (Ml) (cm <sup>3</sup> )	2116		2116		2116	
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96		1.87		1.77	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
CAPSLA N°	1	2	3
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0	86.3	86.87
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3	84.3	84.81
Peso de Agua (gr.)	2.44	2.5	2.45
Peso de Capsula (gr.)	27.8	27.49	28.1
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9	36.9	36.34
% de Humedad	6.78	6.78	6.75
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.75	1.68

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	Extracción 1
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	Sub Base 2
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	Sub Base 3

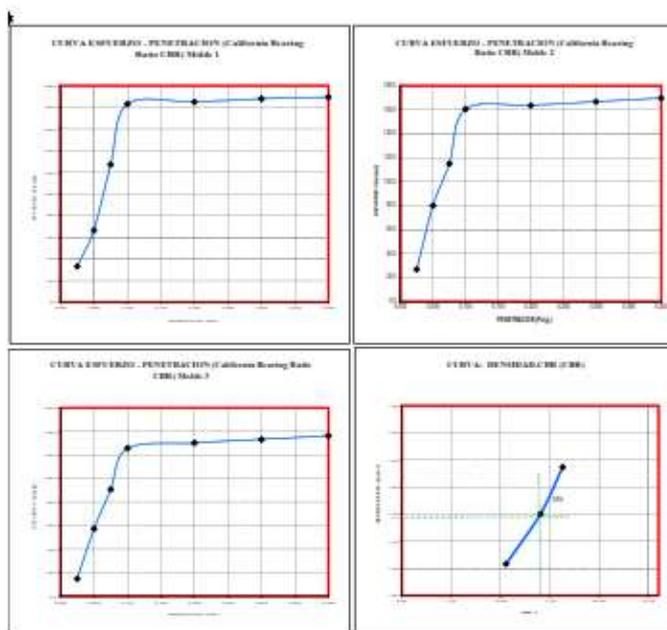
SUELO NO EXPANSIVO									
PENETRACION									
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES
PERMEABILIDAD	DIAM.	Gr.	Impulso	DIAM.	Gr.	Impulso	DIAM.	Gr.	Impulso
0.025	18	80.8	33.0	22	80.8	26.0	8	84.3	14.8
0.050	25	196.3	86.4	30	246.3	80.1	22	172.0	87.3
0.075	45	381.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7
0.100	63	548.3	183.3	56	481.8	160.8	45	377.1	124.7
0.200	64	354.8	184.9	57	491.8	163.7	46	390.7	130.2
0.300	65	263.8	188.0	58	508.1	166.7	47	399.8	133.3
0.400	66	323.3	190.5	59	588.2	169.7	48	400.8	134.3

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1500	16.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	16.08	1.75
3	0.1	126.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.91	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	2.020
OPTIMO Contenido de Humedad	8.10%
C.B.R. A1 100 % de la Máxima Densidad Seca	48.31%
C.B.R. A1 95% de la Máxima Densidad Seca	38.50%

NOTA: Los materiales fueron muestrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Morja  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de acceso - escollido en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-03  
**Muestra:** - SN + 8% de CE + 1% de CS

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE	1	2	1	2	1	2
N° DE GOLPES POR CADA			25		12	
<b>SOBRECARGA (gr.)</b>	4000		4050		4050	
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287		8090		7800	
Peso de Molde (gr.)	4107		4107		4107	
Peso de Suelo Seco (gr.)	4180		3983		3693	
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211		3211		3211	
Volumen del Disco Españador (cm <sup>3</sup> )	1095		1095		1095	
Volumen (Ml) (cm <sup>3</sup> )	2116		2116		2116	
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96		1.87		1.77	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
CAPSLA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0		86.3		86.07	
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3		84.3		84.81	
Peso de Agua (gr.)	2.44		2.5		2.45	
Peso de Capsula (gr.)	27.0		27.49		28.1	
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9		36.9		36.34	
% de Humedad	6.78		6.78		6.75	
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84		1.75		1.68	

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUMID. (%)	LECT. DIAM.	HUMID. (%)	LECT. DIAM.	HUMID. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	Extracción 1
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	Sub Suelo 2
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	Sub Suelo 3

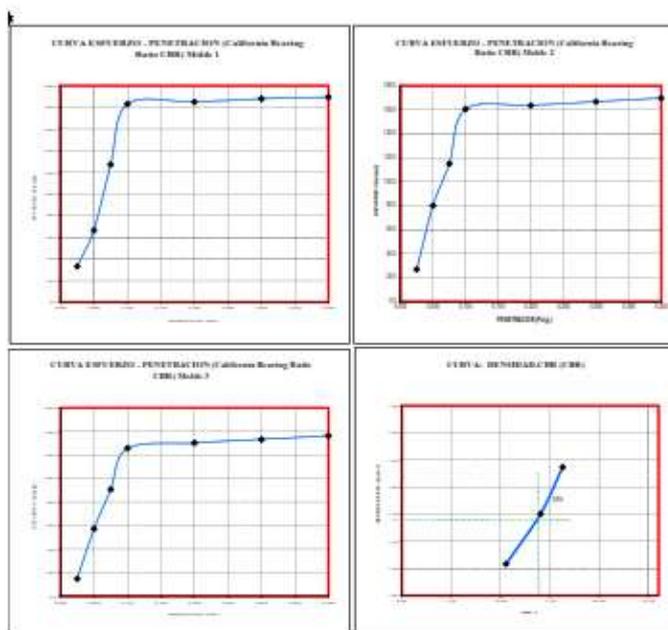
SUELO NO EXPANSIVO									
PENETRACION									
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES
PERMEABILIDAD	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86
0.025	18	89.0	33.0	22	90.5	26.0	5	84.3	14.0
0.050	25	100.3	86.4	30	240.3	80.1	22	172.0	87.3
0.075	45	181.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7
0.100	63	248.3	183.3	56	481.9	160.8	45	377.1	124.7
0.200	64	354.8	184.9	57	491.9	163.7	46	390.7	130.2
0.300	65	263.9	188.0	58	508.1	166.7	47	399.8	133.3
0.400	66	323.3	190.5	59	588.2	169.7	48	400.8	134.3

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



#### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1500	16.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	16.08	1.75
3	0.1	125.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.61	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	2.010
OPTIMO Contenido de Humedad	8.10%
C.B.R. A 100 % de la Maxima Densidad Seca	41.31%
C.B.R. A 95% de la Maxima Densidad Seca	37.55%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Morja  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de sauco - suscalpito en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-03  
**Muestra:** - SN + 8% de CE + 8% de CS

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLE DE	1	2	1	2	1	2
N° DE GOLPES POR CAPA	59	59	25	25	12	12
SOBRECARGA (gr.)	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Peso de Suelo Húmedo + Mole (gr.)	8287	8090	7800	7800		
Peso de Mole (gr.)	4107	4107	4107	4107		
Peso de Suelo Seco (gr.)	4180	3983	3693	3693		
Volumen de Mole (cm <sup>3</sup> )	3211	3211	3211	3211		
Volumen del Disco Esparador (cm <sup>3</sup> )	1095	1095	1095	1095		
Volumen (M <sup>3</sup> ) (cm <sup>3</sup> )	2116	2116	2116	2116		
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96	1.87	1.77	1.77		

CONTENIDO DE HUMEDAD						
CAPSLA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0	86.3	86.07			
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3	84.3	84.81			
Peso de Agua (gr.)	2.44	2.5	2.45			
Peso de Capsula (gr.)	27.0	27.49	28.1			
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9	36.9	36.34			
% de Humedad	6.78	6.78	6.75			
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.75	1.88			

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	

Extracción	Límite Max.
TPO	1
Hum.	1
Sub Base	2
Sub Base	3

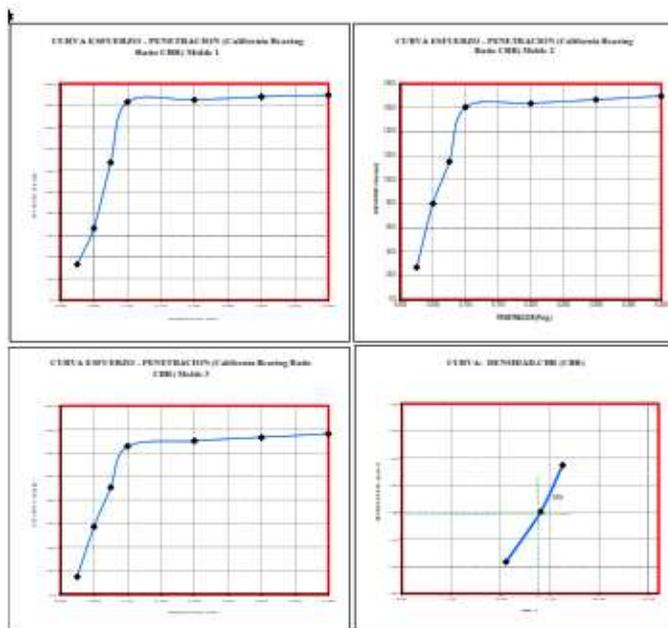
SUELO NO EXPANSIVO										
PENETRACION										
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	Nº GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	21 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES	
PERMEABILIDAD	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86	
0.025	18	89.0	33.0	22	90.5	26.0	5	84.3	14.0	
0.050	25	100.3	86.4	30	240.3	80.1	22	172.0	57.3	
0.075	45	181.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7	
0.100	63	248.3	183.3	56	481.9	160.8	45	377.1	124.7	
0.200	64	354.8	184.9	57	491.9	163.7	46	390.7	130.2	
0.300	65	263.9	188.0	58	508.1	166.7	47	399.8	133.3	
0.400	66	323.7	190.7	59	588.2	169.7	48	400.8	134.3	

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



#### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm²)	PRESION PATRON (kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.1	183.1	1500	10.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	10.00	1.75
3	0.1	125.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm²)	PRESION PATRON (kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.01	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm³)	1.949
OPTIMO Contenido de Humedad	8.70%
C.B.R. A1 100 % de la Maxima Densidad Seca	35.20%
C.B.R. A1 95% de la Maxima Densidad Seca	31.58%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Morja  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de acceso - ecualpito en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-03  
**Muestra:** - SN + 8% de CE + 2% de CS

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1083

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE GOLPES POR CAVA	1	1	2	2	3	3
SOBRECARGA (gr.)	4000	4000	4050	4050	4050	4050
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287	8090	8090	7800		
Peso de Molde (gr.)	4107	4107	4107	4107		
Peso de Suelo Seco (gr.)	4180	3983	3983	3745		
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211	3211	3211	3211		
Volumen del Disco Españador (cm <sup>3</sup> )	1095	1095	1095	1095		
Volumen (Ml) (cm <sup>3</sup> )	2116	2116	2116	2116		
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96	1.87	1.87	1.77		

CONTENIDO DE HUMEDAD						
CAPSLA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0	86.3	86.07			
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3	84.3	84.81			
Peso de Agua (gr.)	2.44	2.5	2.45			
Peso de Capsula (gr.)	27.0	27.49	28.1			
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9	36.9	36.34			
% de Humedad	6.78	6.78	6.75			
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.75	1.88			

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	
4	0.03	0.24	0.15	0.48	0.17	0.40	

Extracción	Límite Max.
TPO	HUM. H. (%)
Húmedo	1
Sub Suelo	2
Sub Espesor	3

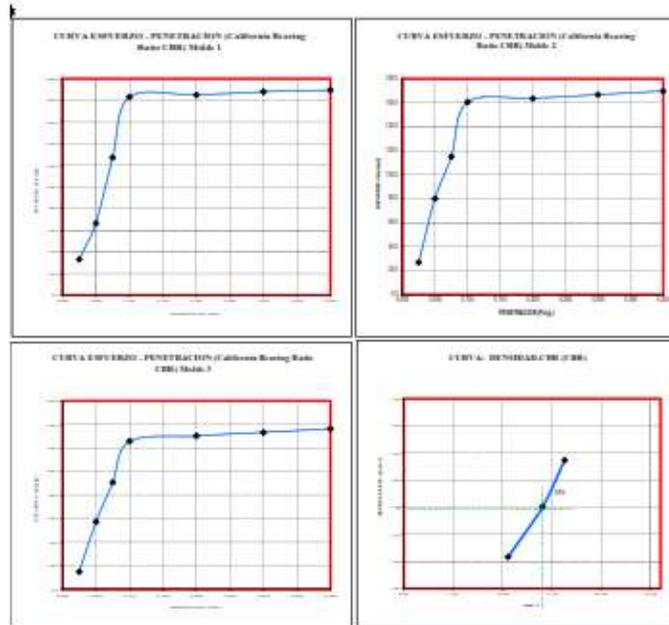
SUELO NO EXPANSIVO										
PENETRACION										
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	21 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES	
PREPARACION	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86	DIAM.	86	86	
0.025	18	89.8	33.0	22	90.8	26.0	3	84.3	14.8	
0.050	25	106.3	46.4	30	240.3	80.1	22	172.0	57.3	
0.075	45	181.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7	
0.100	63	248.3	183.3	56	481.8	160.8	45	377.1	124.7	
0.200	64	354.8	264.8	57	491.8	163.7	46	390.7	130.2	
0.300	65	263.8	188.0	58	508.1	166.7	47	399.8	133.3	
0.400	66	323.3	190.5	59	588.2	189.7	48	400.8	134.3	

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



#### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1500	16.31	1.84
2	0.1	180.6	1500	16.08	1.75
3	0.1	125.7	1500	12.57	1.68

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESION PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	154.9	1500	12.33	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.91	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.68

Maxima Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.842
OPTIMO Contenido de Humedad	8.58%
C.B.R. A1 100 % de la Maxima Densidad Seca	32.78%
C.B.R. A1 95% de la Maxima Densidad Seca	29.87%

NOTA: Los materiales fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Morja  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

	<b>FORMATO</b>	Código	PO-SU-01
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	01-07-2021
		Página	de 2 1

**Proyecto:** - Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adyacente central de sauco - escollido en pavimento flexible, Lima 2022  
**Solicitante:** - Sr. Durand Balendra, Jhon Stephens - Sr. Lobato Guerrero, Layla Marita  
**Ubicación:** - Lima - Perú  
**Fecha:** - Trujillo, octubre del 2022  
**Tipo de suelo:** - Arena Arcillosa (SC)  
**Calicata:** - C-03  
**Muestra:** - SN + 8% de CE + 8% de CS

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1093

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
NO. DE	1	2	1	2	1	2
N° DE GOLPES POR CADA			25		12	
<b>SOBRECARGA (gr.)</b>	4000		4050		4050	
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	8287		8090		7800	
Peso de Molde (gr.)	4107		4107		4107	
Peso de Suelo Húmedo (gr.)	4180		3983		3745	
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	3211		3211		3211	
Volumen del Disco Esparador (cm <sup>3</sup> )	1095		1095		1095	
Volumen (Ml) (cm <sup>3</sup> )	2116		2116		2116	
Densidad (Húmedo) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96		1.87		1.77	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
<b>CAPSLA N°</b>	1	2	3			
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	86.0		86.3		86.07	
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	83.3		84.3		84.81	
Peso de Agua (gr.)	2.44		2.5		2.45	
Peso de Capsula (gr.)	27.8		27.49		28.1	
Peso de Suelo Seco (gr.)	36.9		36.9		36.34	
% de Humedad	6.78		6.78		6.75	
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84		1.75		1.68	

EXPANSION							
DIA	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	LECT. DIAM.	HUM. H. (%)	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	
2	0.01	0.17	0.11	0.24	0.14	0.30	Extracción 1
3	0.02	0.36	0.13	0.36	0.15	0.38	Sub Base 2
4	0.03	0.54	0.15	0.48	0.17	0.40	Sub Base 3

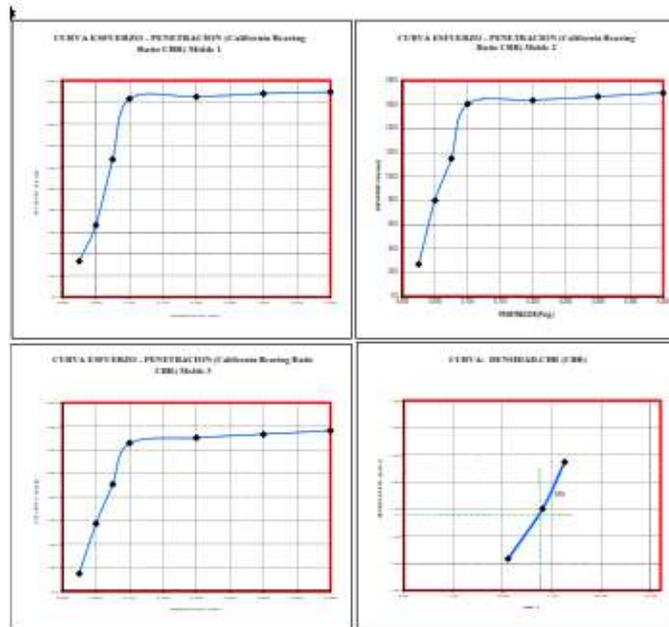
PENETRACION									
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	No GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES
PERMEABILIDAD	DIAM.	Se	Impulso	DIAM.	Se	Impulso	DIAM.	Se	Impulso
0.025	18	80.8	33.0	22	80.8	26.0	8	84.3	14.8
0.050	25	106.3	46.4	30	246.3	80.1	22	172.0	37.3
0.075	45	181.8	127.2	41	348.2	115.3	33	272.2	86.7
0.100	63	248.3	183.3	56	481.8	160.8	45	377.1	124.7
0.200	64	354.8	184.9	57	491.8	163.7	46	390.7	130.2
0.300	65	263.8	188.0	58	508.1	166.7	47	399.8	133.3
0.400	66	323.3	190.5	59	588.2	169.7	48	400.8	134.3

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante

  
**Ing. Luis D. Gallardo Morja**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



### Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (bar/psig)	PRESION PATRON (lb/psig)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.1	183.1	1000	18.31	1.84
2	0.1	180.6	1000	18.06	1.75
3	0.1	125.7	1000	12.57	1.88

MOLDE Nº	PENETRACION (mm)	PRESION APLICADA (bar/psig)	PRESION PATRON (lb/psig)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0.2	584.9	1500	12.53	1.84
2	0.2	163.7	1500	10.01	1.75
3	0.2	130.2	1500	8.68	1.88

Maxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.975
OPTIMO Contenido de Humedad	8.89%
C.B.R. A 100 % de la Maxima Densidad Seca	38.20%
C.B.R. A 95% de la Maxima Densidad Seca	28.56%

NOTA: Los material fueron suministrados por el solicitante, el laboratorio solo se limitó a realizar el ensayo

  
Ing. Luis D. Gallardo Murgo  
XPE DE LABORATORIO  
C.P. 208381

# **INGEMAT GALLARDO SAC**

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

---

*Anexo 2.*

*Panel fotográfico*



Ing. Luis D. Gallardo Murgo  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP. 200381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

## ENSAYOS A SUELO NATURAL

Panel 1. Reducción de muestras a tamaño de ensayo



Panel 2. Ensayo de granulometría



Panel 3. Ensayo de proctor modificado (M.D.S y O.C.H.)



  
Ing. Luis D. Gallardo Murga  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería

Panel 4. Ensayo de limite liquido mediante cuchara de Casagrande



Panel 5. Ensayo de CBR en laboratorio



## ENSAYOS A SUELO NATURAL + CENIZAS DE EUCALIPTO Y SAUCO

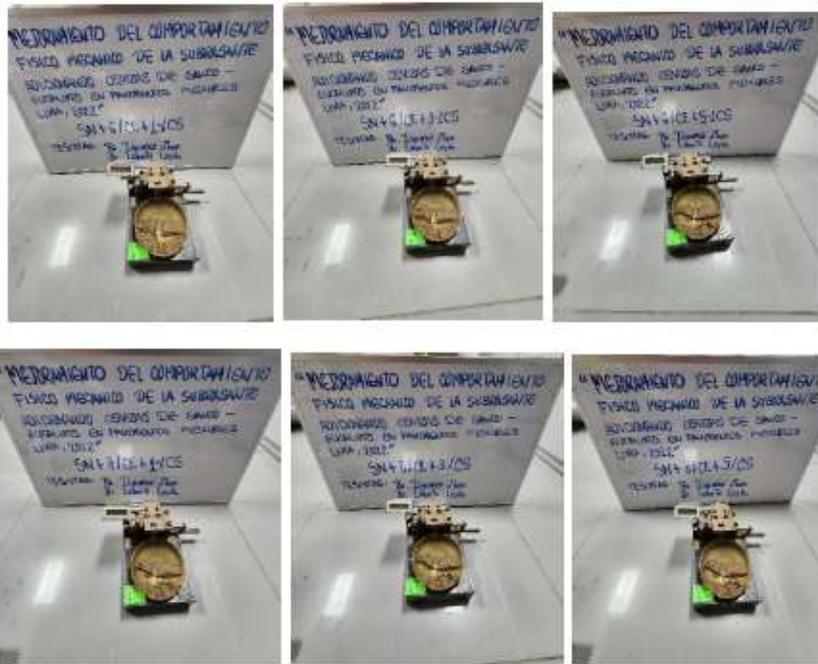
Panel 6. Ensayo de limite liquido de suelo natural + cenizas de eucalipto - sauco



  
Ing. Luis D. Gallardo Morúa  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



Panel 7. Ensayo de proctor modificado suelo natural + cenizas de eucalipto - sauco



*Luis D. Gallardo*  
 Ing. Luis D. Gallardo Murga  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 206381

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



Panel 8. Ensayo de CBR de suelo natural + cenizas de eucalipto - sauco



  
Ing. Luis D. Gallardo Murga  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

@ INDECOPI N° 034506-2021 RUC 20607982971 TRUJILLO - PERU  
Av. Húsares de Junín Mz. D Lt. 13 Int. 2 - Trujillo - Celular: 964545765 - Email: ingematgallardo@gmail.com

# INGEMAT GALLARDO SAC

Laboratorio de Estudios Geotécnicos, Suelos, Concreto, Asfalto y Albañilería



  
Ing. Luis D. Gallardo Murga  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 206381

@ INDECOPI N° 034506-2021 RUC 20607982971 TRUJILLO - PERU  
Av. Húsares de Junín Mz. D Lt. 13 Int. 2 - Trujillo - Celular: 964545765 - Email: ingematgallardo@gmail.com

Anexo 10. Certificados de calibración de los equipos



# PERUTEST S.A.C.

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

---

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Longitud*

## INFORME DE VERIFICACIÓN

### PT - IV - 0125 - 2022

Página 1 de 1

<b>1. Expediente</b>	03455-2022	Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>INGEMAT GALLARDO S.A.C.</b>	
<b>3. Dirección</b>	AV. HUSARES DE JUNÍN MZA. D LOTE. 13 URB. MONSERRATE LA LIBERTAD - TRUJILLO - TRUJILLO	Los resultados son válidos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>4. Instrumento de medición</b>	<b>EQUIPO LÍMITE LÍQUIDO</b> (CAZUELA CASAGRANDE)	
<b>Marca</b>	PERUTEST	
<b>Modelo</b>	PT-CC	
<b>Procedencia</b>	PERÚ	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>Número de Serie</b>	134	
<b>Código de Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Tipo de contador</b>	ANALÓGICO	
<b>Ubicación</b>	NO INDICA	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>5. Fecha de Verificación</b>	2022-09-28	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

---

<b>Fecha de Emisión</b> 2022-09-28	<b>Jefe del Laboratorio de Metrología</b>  JOSÉ ALEJANDRO FLORES MINAYA	<b>Sello</b> 
---------------------------------------	--	--

---

☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST S.A.C.



# PERUTEST S.A.C.

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

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 0125 - 2022

Página 2 de 3

### 6. Método de Verificación

La Verificación se realizó tomando las medidas del instrumento, según las especificaciones de la norma internacional ASTM D4318 "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plastic Index of Soils."

### 7. Lugar de Verificación

En el laboratorio de Longitud de PERUTEST S.A.C.  
Avenida Chillón lote 50 B - Comas - Lima

### 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.3 °C	20.3 °C
Humedad Relativa	65 %	65 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL	BLOQUES PARALELOS DE LONGITUD MARCA: INSIZE	LLA-C-053-2022
METROIL	"PIE DE REY DIGITAL de 200 mm MARCA: INSIZE"	1AD-0845-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	1AT-1704-2022

### 10. Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICACIÓN.  
(\* Serie grabado en el instrumento)



913 028 621 - 913 028 622  
913 028 623 - 913 028 624  
www.perutest.com.pe

Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
ventas@perutest.com.pe  
PERUTEST S.A.C.



# PERUTEST S.A.C.

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

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 0125 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

### 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

#### DIMENSIONES DE LA BASE DE GOMA DURA

Altura (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)
50.40	150.45	125.42

#### HERRAMIENTA DE RANURADO

EXTREMO CURVADO		
Espesor (mm)	Borde Cortante (mm)	Ancho (mm)
10.01	2.01	13.54

#### DIMENSIONES DE LA COPA

Radio de la copa (mm)	Espesor de la copa (mm)	Altura desde la guía del elevador hasta la base (mm)
46.85	2.00	47.01



Fin del Documento

913 028 621 - 913 028 622  
913 028 623 - 913 028 624  
www.perutest.com.pe

Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
ventas@perutest.com.pe  
PERUTEST S.A.C.



## PERUTEST S.A.C.

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

### CERTIFICADO DE FABRICACION CONO DE DENSIDADES DE ARENA MANUFACTURADO POR

### PERUTEST S.A.C. EQUIPOS DE LABORATORIO

Cono inferior	Rebordeado 165 mm de Diam. (6-1/2") en bronce
Válvula	1/2 "(13 mm)
Botella	1 galón
Plato de Base	En aluminio
Serie	416

El Cono de Densidades de Arena ha sido Fabricado  
examinado y ensayado en nuestros talleres de acuerdo con  
las especificaciones de las normas:

Norma de ensayo : ASTM D – 1556  
NTP 339.143

Lima, 02 de marzo del 2022

Aprobado:

  
PERUTEST S.A.C.  
ALJANDRO FLORES MINAYA  
DEP. TÉCNICO Y METROLOGÍA



☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



## CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 523-2022 GLLM

Página 1 de 1

FECHA DE EMISIÓN : 2022-10-06

1. SOLICITANTE : INGEMAT GALLARDO S.A.C  
DIRECCIÓN : AV. HUSARES DE JUNIN MZA. D LOTE. 13 URB. MONSERRATE LA LIBERTAD - TRUJILLO - TRUJILLO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MARTILLO PARA PRUEBA DE COMPACTACION MODIFICADO

MARCA : G&L EQUILAB PROCEDENCIA : PERÚ  
MODELO : GLS - 4 UBICACIÓN : LABORATORIO  
NÚMERO DE SERIE : 1020 IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA  
FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-10-01

3. PROCEDIMIENTO DE REFERENCIA UTILIZADO  
Procedimiento de verificación Comparación directa con patrones calibrados.

4. LUGAR Y FECHA DE INSPECCIÓN  
La verificación se realizó el 01 de Octubre del 2022 en el LAB. DE LONGITUD Y MASA DE G&L LABORATORIO S.A.C.

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura °C	20.4	20.3
Humedad Relativa %HR	67	67

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

7. OBSERVACIONES  
(\* ) Código inscrito en el instrumento.  
Este informe de inspección presenta las mediciones realizadas al molde cilíndrico para concreto, los cuales nos permiten confirmar el cumplimiento de los requisitos para la norma técnica ASTM D-698 / D1557.

8. RESULTADOS

Caida (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
437.2 / {18"}	437.0	437.1	437.1	437.1	-0.1

Diámetro (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
30.8 ± 0.13	30.9	30.8	30.9	30.9	-0.07

Peso (kg)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (kg)			PROMEDIO (kg)	ERROR DE INDICACIÓN (kg)
	1	2	3		
4.536 ± 0.01	4.535	4.535	4.534	4.535	-0.001

Gilmer Anta Huamani Poquioma  
Responsable del Laboratorio de Metrología

☎ Teléfono:  
(01) 622 - 5814  
Celular  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

✉ Correo:  
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

📍 Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



## CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 524-2022 GLL

Página 1 de 1

FECHA DE EMISIÓN : 2022-10-06

1. SOLICITANTE : **INGEMAT GALLARDO S.A.C**  
 DIRECCIÓN : AV. HUSARES DE JUNIN MZA. D LOTE. 13 URB. MONSERRATE LA LIBERTAD - TRUJILLO - TRUJILLO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **MOLDE PARA PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO**

MARCA : G&L EQUILAB PROCEDENCIA : NO PRESENTA  
 MODELO : GLS-3 UBICACIÓN : LABORATORIO  
 NÚMERO DE SERIE : 1022 IDENTIFICACIÓN : **NO PRESENTA**  
 FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-10-01

3. PROCEDIMIENTO DE REFERENCIA UTILIZADO

La verificación se realizó por el método lineal con patrones trazables al SNM/INDECOPI tomando como referencia la MTC E 132 / ASTM D 1883, Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory - Compacted Soils.

4. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN

La verificación se realizó el 01 de Octubre del 2022 en el **LAB. DE LONGITUD DE G&L LABORATORIO S.A.C.**

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Initial	Final
Temperatura °C	20.2	20.3
Humedad Relativa %HR	67	67

6. TRAZABILIDAD

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

Certificado de Calibración N° L - 1418 - 2021.

7. OBSERVACIONES

(\*) Código inscrito en el instrumento.

Este certificado de inspección presenta las mediciones realizadas al molde cilíndrico para concreto, los cuales nos permiten confirmar el cumplimiento de los requisitos para la norma técnica ASTM D-1557.

8. RESULTADOS

MOLDE PARA PRUEBA DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO					
Altura del Molde (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
116.4 ± 0.3	116.30	116.40	116.30	116.47	-0.07
Diámetro del Molde (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
152.4 ± 0.7	152.3	152.4	152.3	152.5	-0.07
Volumen Calculado del Molde (cm³)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (cm³)	ERROR DE INDICACIÓN (cm³)
	1	2	3		
2124 ± 23	2128	2127	2128	2126.4	-2.4

Gilmer Antonio Huamani Poquioma  
 Responsable del Laboratorio de Metrología



☎ Teléfono:  
 (01) 622 - 5814  
 Celular  
 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

✉ Correo:  
 laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com  
 servicios@gyllaboratorio.com

📍 Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
 Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de **G&L LABORATORIO S.A.C**



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 111-2022 GLL

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2022-03-11

1. SOLICITANTE : INGEMAT GALLARDO S.A.C

DIRECCIÓN : AV. HUSARES DE JUNÍN MZA. D LOTE. 13 URB.  
MONSERRATE LA LIBERTAD – TRUJILLO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TAMIZ

MARCA : G&L LABORATORIO

MODELO : GLS-33N8

NUMERO DE SERIE : D0123-2021

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

N° DE TAMIZ : 8

PROCEDENCIA : PERÚ

UBICACIÓN : LAB. DE LONGITUD DE G&L LABORATORIO  
S.A.C

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-03-03

### Misión:

Prestar servicio con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

### Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

### 3. MÉTODO DE CALIBRACION EMPLEADO

Determinación de la abertura y diámetro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando retículas micrométricas. Se tomó como referencia la Norma ASTM E11-09.

### 4. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- (\*) Código Asignado por G&L LABORATORIO SAC.

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de tres valores de un mismo punto.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refiere exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad del producto.

G&L LABORATORIO SAC no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valores sin firmas y sellos.

Gilmer Argenio Husman Pocuima  
Responsable de Metrología



Teléfono:  
(01) 622 - 5814  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:  
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 110-2022 GLL

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2022-03-11

1. SOLICITANTE : INGEMAT GALLARDO S.A.C

DIRECCION : AV. HUSARES DE JUNÍN MZA. D LOTE. 13 URB. MONSERRATE LA LIBERTAD – TRUJILLO

2. INSTRUMENTO DE MEDICION : TAMIZ

MARCA : G&L LABORATORIO

MODELO : GLS-33N4

NÚMERO DE SERIE : 00179-2021

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

N° DE TAMIZ : 4

PROCEDENCIA : PERÚ

UBICACIÓN : LAB. DE LONGITUD DE G&L LABORATORIO S.A.C

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-03-03

### Misión:

Prestar servicio con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

### Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

### 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN EMPLEADO

Determinación de la abertura y diámetro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando retículas micrométricas. Se tomó como referencia la Norma ASTM E11-09.

### 4. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- (\*) Código Asignado por G&L LABORATORIO SAC.

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de tres valores de un mismo punto.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refiere exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad del producto.

G&L LABORATORIO SAC no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valores sin unidades de medida.

Gilmer Antonio Huamán Poquioma  
Responsable de Laboratorio de Metrología



Teléfono:  
(01) 622 – 5814  
Celular:  
992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo:  
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 109-2022 GLL

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2022-03-11

1. SOLICITANTE : INGEMAT GALLARDO S.A.C

DIRECCIÓN : AV. HUSARES DE JUNÍN MZA. D LOTE. 13 URB. MONSERRATE LA LIBERTAD – TRUJILLO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TAMIZ

MARCA : G&L LABORATORIO

MODELO : GLS-33-3/4

NUMERO DE SERIE : 00176-2021

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

N° TAMIZ : 3/4"

PROCEDENCIA : PERÚ

UBICACIÓN : LAB. DE LONGITUD DE G&L LABORATORIO S.A.C

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-03-03

### Misión:

Prestar servicio con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

### Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

### 3. METODO DE CALIBRACION EMPLEADO

Determinación de la abertura y diámetro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando retículas micrométricas. Se tomó como referencia la Norma ASTM E11-09.

### 4. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- (\*) Código Asignado por G&L LABORATORIO SAC.

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de tres valores de un mismo punto.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refiere exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad del producto.

G&L LABORATORIO SAC no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valores sin firmas y sellos.

Gilmer Antonio Huamán Boquima  
Responsable de Metrología



Teléfono:  
(01) 622 - 5814  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:  
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 112-2022 GLL

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2022-03-11

1. SOLICITANTE : INGEMAT GALLARDO S.A.C

DIRECCIÓN : AV. HUSARES DE JUNÍN MZA. D LOTE. 13 URB. MONSERRATE LA LIBERTAD – TRUJILLO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TAMIZ

MARCA : G&L LABORATORIO

MODELO : GLS-33N16

NUMERO DE SERIE : 00128-2021

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

N° DE TAMIZ : 16

PROCEDENCIA : PERÚ

UBICACIÓN : LAB. DE LONGITUD DE G&L LABORATORIO S.A.C

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-03-03

### Misión:

Prestar servicio con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

### Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

### 3. METODO DE CALIBRACION EMPLEADO

Determinación de la abertura y diámetro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando retículas micrométricas. Se tomó como referencia la Norma ASTM E11-09.

### 4. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- (\*) Código Asignado por G&L LABORATORIO SAC.

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de tres valores de un mismo punto.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refiere exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad del producto.

G&L LABORATORIO SAC no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valores sin firma y sellos.

Gilmer Antonio Huaman Roguima  
Responsable de Laboratorio de Metrología



Teléfono:  
(01) 622 - 5814  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 277 - 858

Correo:  
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



Anexo 12. Boleta de servicios

<b>INGEMAT</b> <b>INGEMAT GALLARDO S.A.C.</b> AV. HUSARES DE JUNIN MZA. D LOTE. 13 URB. MONSERRATE TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD		<b>BOLETA DE VENTA ELECTRONICA</b> <b>RUC: 20607982971</b> <b>EB01-1</b>					
Fecha de Vencimiento :							
Fecha de Emisión :	01/10/2022						
Señor(es) :	LEYLA MARITA LOBATO GUERRERO						
DNI :	48560312						
Tipo de Moneda :	SOLES						
Observación :							
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER	
1.00	UNIDAD	ANALISIS DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE LABORATORIO PARA EL PROYECTO DE TESIS: MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZAS DE SAUCO-EUCALIPTO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, LIMA 2022	2796.01	0.00	3,296.9998	0.00	
					Otros Cargos :	S/ 0.00	
					Otros Tributos :	S/0.00	
					ICBPER :	S/ 0.00	
					Importe Total :	S/3,300.00	
<b>SON: TRES MIL TRESCIENTOS Y 00/100 SOLES</b>							
(*) Sin Impuestos.		Op. Gravada :					S/ 2,796.61
(**) Incluye Impuestos, de ser Op. Gravada.		Op. Exonerada :					S/ 0.00
		Op. Inafecta :					S/ 0.00
		ISC :					S/ 0.00
		IGV :					S/ 503.39
		ICBPER :					S/ 0.00
		Otros Cargos :					S/ 0.00
		Otros Tributos :					S/ 0.00
		Monto de Redondeo :					S/ 0.00
		<b>Importe Total :</b>					<b>S/ 3,300.00</b>
Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: <a href="http://www.sunat.gob.pe">www.sunat.gob.pe</a> , en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.							



REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

**NORMA CE.010**  
**PAVIMENTOS URBANOS**

**LIMA – PERÚ**  
**2010**

**PUBLICACIÓN OFICIAL**



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles



## MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES



Edición Mayo de 2016





PERU  
Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Ministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Carreteras y  
Ferrocarriles

# MANUAL DE CARRETERAS

## SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

SECCIÓN  
SUELOS Y  
PAVIMENTOS



2013

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.128  
1999 (revisada el 2019)**

Dirección de Normalización - INACAL  
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

## **SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico**

SOILS. Test method for granulometric analysis

**2019-10-09  
1ª Edición**

R.D. N° 022-2019-INACAL/DN. Publicada el 2019-10-24  
I.C.S.: 91.100.30  
Descriptor: Análisis granulométrico, granulometría

Precio basado en 23 páginas  
**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

© INACAL 2019

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.127  
1998**

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle De La Prosa 138. San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima-Perú

---

## **SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo**

Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock

**1998-11-25  
1ª Edición**

R.0062-98/INDECOPI-CRT. Publicada el 98-12-12

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.:93.020

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Suelo, método de ensayo, contenido de humedad, humedad

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.127  
1998**

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle De La Prosa 138. San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima-Perú

---

## **SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo**

Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock

**1998-11-25  
1ª Edición**

R.0062-98/INDECOPI-CRT. Publicada el 98-12-12

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.:93.020

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Suelo, método de ensayo, contenido de humedad, humedad

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 339-141  
1999**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle De la Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

---

**SUELOS. Método de ensayo para la compactación del  
suelo en laboratorio utilizando una energía modificada  
(2,700 kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

SOILS. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000  
ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>))

**1999-12-29  
1ª Edición**

R. 0086-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 2000-01-26

Precio basado en 30 páginas

I.C.S. 93.020

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptor: Suelos, metodos de ensayo, compactación del suelo, energía modificada

---

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

---

NTP 339.145  
1999

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima-Perú

---

## SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio

SOILS. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils

**1999-12-29**  
**1ª Edición**

R.0086-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 2000-01-26

Precio basado en 18 páginas

I.C.S: 93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Descriptores: Relación de Soporte de California, Subrasante, Sub-base, Base, Resistencia del suelo, Diseño de Pavimento, Ensayos de aceptación, capacidad de soporte, evaluación de materiales, Valor Relativo de Soporte, Curva

PARA USO EXCLUSIVO DE CONSTRUCTORES E COMERCIO CAMARGO CORREA S.A. SUCURSAL PERU

Anexo 14. Mapas y planos



## Anexo 15. Panel fotográfico

### PANEL FOTOGRÁFICO

Panel 1. Avenida Saco Rojas, Carabayllo - Lima



Panel 2. Realización de calicata C-02



Panel 3. Realización de calicata C-02



## ENSAYOS A SUELO NATURAL

Panel 4. Reducción de muestras a tamaño de ensayo



Panel 5. Ensayo de granulometría



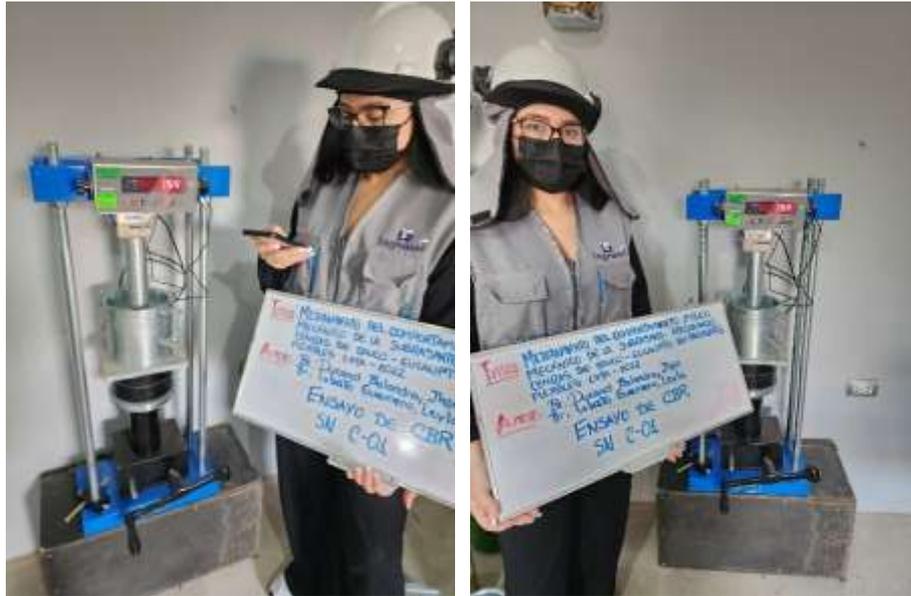


Panel 7. Ensayo de límite líquido mediante cuchara de Casagrande

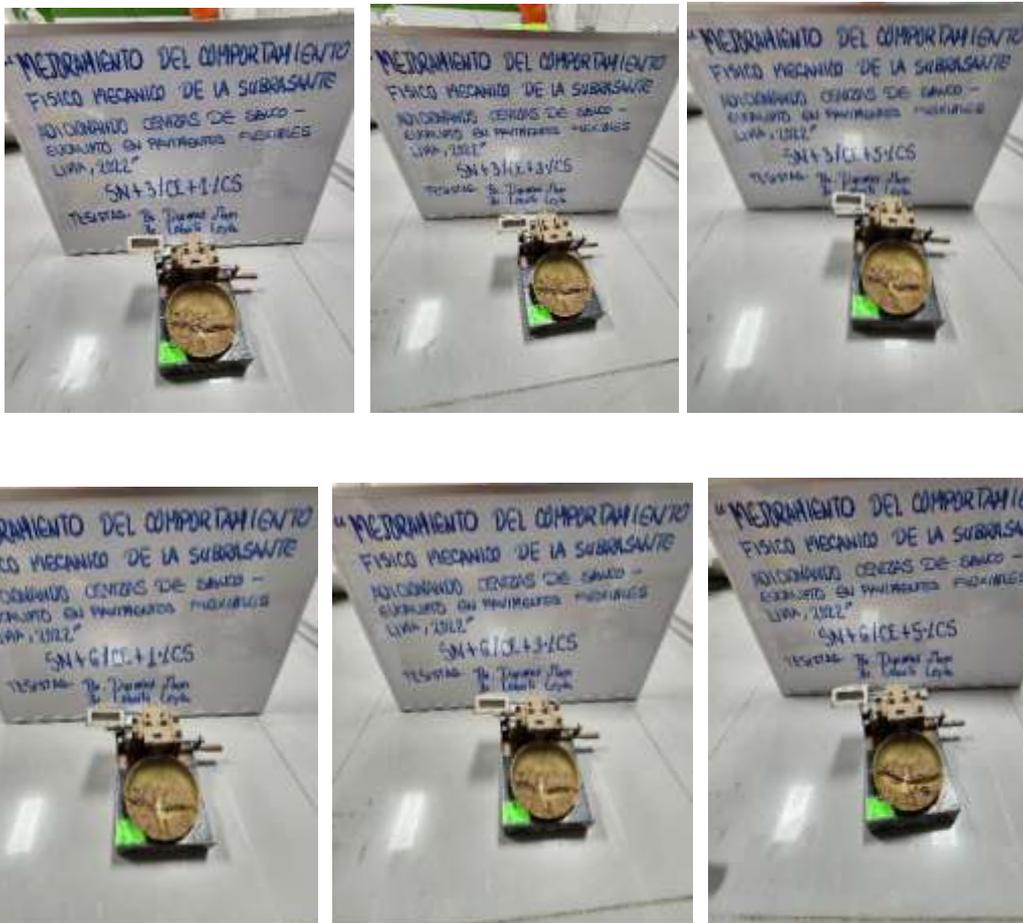


Panel 8. Ensayo de CBR en laboratorio



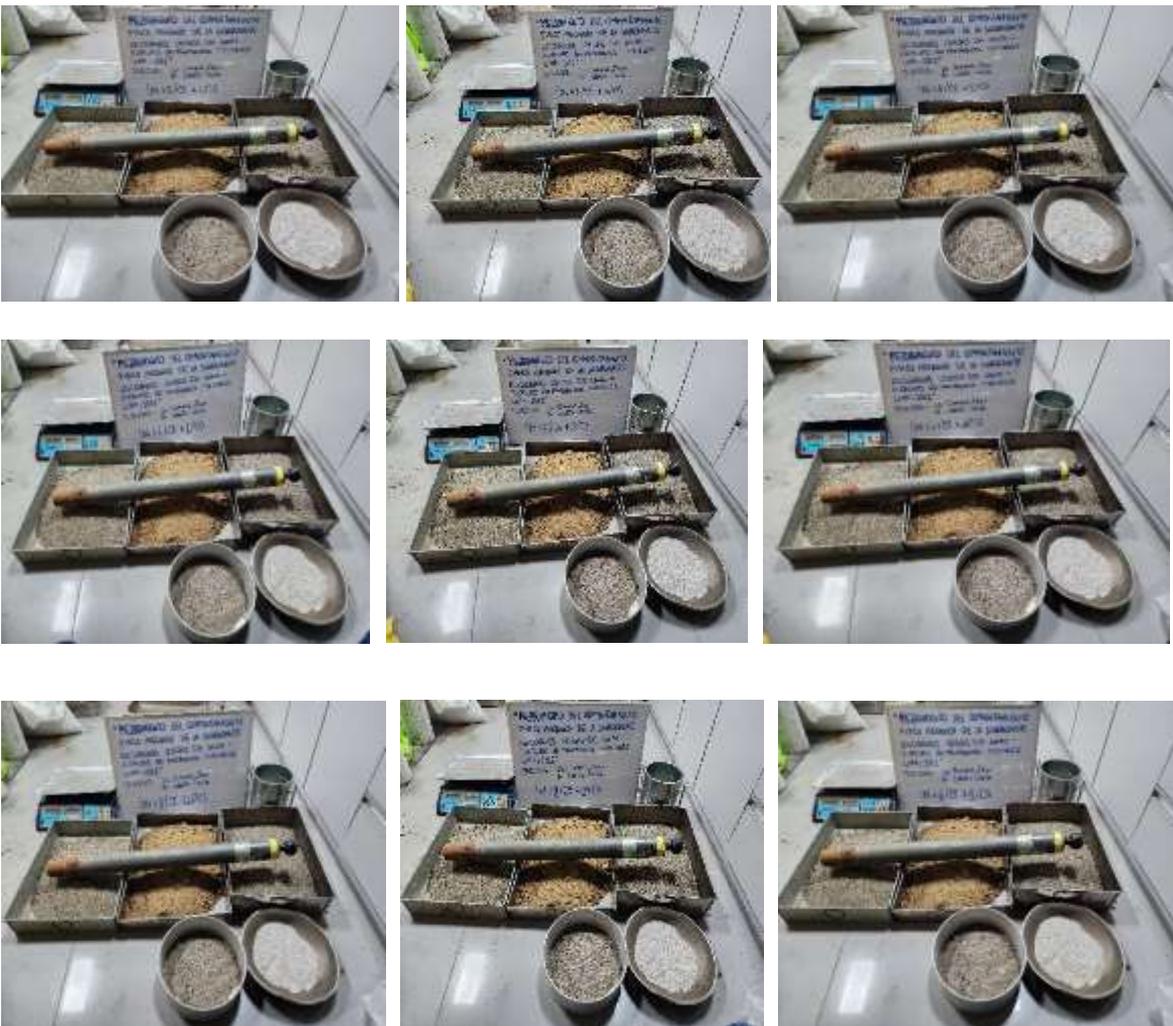


ENSAYOS A SUELO NATURAL + CENIZAS DE EUCALIPTO Y SAUCO  
 Panel 9. Ensayo de límite líquido de suelo natural + cenizas de eucalipto - sauco





Panel 10. Ensayo de Proctor modificado suelo natural + cenizas de eucalypto - sauco



Panel 11. Ensayo de CBR de suelo natural + cenizas de eucalipto - sauco



## Anexo 16. Diseño de pavimento

*"Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022"*

### MEMORIA DE CALCULO DE PAVIMENTO.

#### 1) INTRODUCCIÓN.-

En el presente capítulo se ha incluido una verificación del diseño de la estructura del pavimento existente, teniendo en cuenta que la superficie existente se halla a nivel de terreno natural, conformado por de desmonte y basura.

Para la verificación del pavimento se utilizará el método de diseño indicado en la Guía AASHTO Para El Diseño De Estructuras De Pavimentos Flexibles y Rígidos Del Año 93, en la cual se basa el procedimiento de diseño adoptado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el Manual de Diseño de Caminos Pavimentados de Bajo Volumen de Tráfico.

A efectos de aplicar el procedimiento de diseño indicado en párrafo anterior, se tomarán en cuenta los factores de diseño estudiados en el Expediente Técnico para la "Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022".

#### 2) DISEÑO DEL PAVIMENTO.

El método de diseño de la Guía AASHTO Para El Diseño De Estructuras De Pavimentos Flexibles y Rígidos Del Año 93, desarrollado a partir de la Experiencia vial AASHO, requiere de la determinación de los siguientes parámetros de diseño:

- + Período de diseño.
- + Tráfico, expresado como el número de ejes equivalentes a ejes simples de 18 Kip, acumulados durante el período de diseño (ESAL)  $w_{18}$ .
- + Resistencia del terreno de fundación, en términos del módulo resiliente  $M_r$ .
- + Confiabilidad.  $R$ .
- + Desviación estándar total.  $S_0$ .
- + Pérdida de la serviciabilidad.  $\Delta PSI$

A partir de los cuales se determina el número estructural, es decir la resistencia estructural que requiere el pavimento para soportar las solicitaciones a que estará sometido el pavimento; este número estructural a su vez, permite definir la estructura del pavimento, es decir el número de capas, así como el espesor de cada una de las capas, teniendo en cuenta las características físico mecánicas del material utilizado en cada capa.

##### a) Período de diseño.-

El tiempo en que se analizará la vida útil de la estructura del pavimento, está en función a la categorización de la carretera y al tipo de servicio que presta al tránsito vehicular, por tanto, en el presente caso, teniendo en cuenta que se trata de una carretera que forma parte de la red vial provincial, cuyo tráfico principal es de atender los requerimientos de la población de la zona, con un volumen no menor a los 966 vehículos por día, se considera un período de diseño de 20

*"Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022"*

años, en base al cual se determinará el número de ejes simples equivalentes acumulados al final del período de diseño.

b) **Tráfico.-**

Del estudio del tráfico llevado a cabo para la elaboración del expediente técnico para "Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022", se cuenta con la información del número de vehículos, tipo de vehículos y tipo y número de ejes de cada tipo, expresados como IMD, el cual proyectado al año 2042, asciende a 966 vehículos, distribuidos en la forma en que se indica en la tabla siguiente:

<b>Tráfico Actual por Tipo de Vehículo</b>		
<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>IMD</b>	<b>Distribución (%)</b>
Automovil	618	63.98
Camioneta	192	19.88
C.R.	37	3.83
Micro	39	4.04
Bus Grande	12	1.24
Camión 2E	29	3.00
Camión 3E	26	2.69
Camión 4E	7	0.72
Semi Trayler 2S1 /2S2	5	0.52
Semi Trayler 2S3	1	0.10
Semi Trayler 3S1 /3S2	0	0.00
Semi Trayler ≥3S3	0	0.00
Trayler 2T2	0	0.00
Trayler 2T3	0	0.00
Trayler 3T2	0	0.00
Trayler ≥3T3	0	0.00
<b>IMD</b>	<b>966</b>	<b>100.00</b>

"Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022"

DEMANDA PROYECTADA		
Tipo de Vehículo	IMD <sub>pi</sub>	Distribución (%)
Automovil	851	61.79
Camioneta	264	19.20
C.R.	51	3.70
Micro	54	3.90
Bus Grande	17	1.20
Camión 2E	60	4.35
Camión 3E	54	3.90
Camión 4E	14	1.05
Semi Trayler 2S1 /2S2	10	0.75
Semi Trayler 2S3	2	0.15
Semi Trayler 3S1 /3S2	0	0.00
Semi Trayler ≥3S3	0	0.00
Trayler 2T2	0	0.00
Trayler 2T3	0	0.00
Trayler 3T2	0	0.00
Trayler ≥3T3	0	0.00
<b>IMD</b>	<b>1378</b>	<b>100.00</b>

FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO:

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Fca V. Ligeros=	23.58
Fca V. Pesados=	29.47

EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO:

$$EE_{dla-carril} = IMD_{PI} * F_D * F_C * F_{VPI} * F_{PI}$$

"Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022"

EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO		
Tipo de Vehículo	EE día-carril	Distribución (%)
Bus Grande	22	7.12
Camión 2E	135	44.23
Camión 3E	88	28.92
Camión 4E	20	6.58
Semi Trayler 2S1 /2S2	34	11.05
Semi Trayler 2S3	6	2.10
Semi Trayler 3S1 /3S2	0	0.00
Semi Trayler ≥3S3	0	0.00
Trayler 2T2	0	0.00
Trayler 2T3	0	0.00
Trayler 3T2	0	0.00
Trayler ≥3T3	0	0.00
IMD	305	100.00

NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2tn

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.2tn} = \sum [(EE_{\text{día-carril}} \cdot F_{ca} + 365)]$$

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.2tn} = 3285279$$

Por lo tanto, el tránsito de diseño, teniendo en cuenta el factor de distribución direccional y de número de carriles de circulación será:

$$W_{18} = D_D \cdot D_L \cdot W_{18}$$

$$W_{18} = 0.5 \times 1 \times 23454.29 = 11727.15 \text{ EE}$$

$$W_{18} = 1.1723 \times 10^4 \text{ EE.}$$

c) **Resistencia del Terreno de fundación.-**

Del estudio de suelos, se desprende que la resistencia del terreno de fundación, en términos del CBR= 43.5 %, sin embargo, para la aplicación del procedimiento de diseño, debemos transformar este valor, a unidades de módulo resiliente, para lo cual utilizamos la siguiente relación:

$$p_r = 3.0$$

Por lo tanto, la pérdida del nivel de servicio en el período de diseño será:

$$\Delta PSI = (p_o - p_r) = 4.2 - 3.0$$

$$\Delta PSI = 1.20$$

**"Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022"**

Con los factores de diseño determinados en la forma anterior, procedemos a calcular el número estructural requerido por las condiciones de diseño, para lo cual aplicamos la fórmula de diseño que proporciona AASHTO, o con la ayuda de programas informáticos, obteniendo el valor siguiente:

**Número Estructural requerido**

$$SNr = 2.802$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente igual a (Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.20 + 8.07 = 15.527 \dots \text{ecuación 1}$$

$$4.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{1094} + 2.32 \text{Log}_{10}(Mr) = 15.527 \dots \text{ecuación 2}$$

$$0.4 + \frac{5.19}{(SN+1)^{5.19}}$$

**NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).**

$$SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$$

SN	=	Número Estructural.
a1,2,3	=	Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
d1,2,3	=	Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
m2,3	=	Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

**"Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022"**

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>	a1	
carpeta asfáltica en caliente modulo 2,955 Mpa (430,000 PSI) a 20°C	a1	0.17 /cm
carpeta asfáltica en frio	a1	0.125/cm
micro pavimento 25mm	a1	0.130 /cm
tratamiento superficial bicapa	a1	(*)
lechada asfáltica de 12 mm	a1	(*)
<b>BASE</b>		
base granular CBR 80% compactada al 100% de la MDS	a2	0.052
base granular CBR 100% compactada al 100% de la MDS	a2	0.054
base granular tratada con asfalto	a2	0.115
base granular tratada con cemento	a2	0.07
base granular tratada con cal	a2	0.08
<b>SUBBASE</b>		
subbase granular CBR 40% compactada al 100% de la MDS	a3	0.047/cm

a1 =	0.17	/cm
a2 =	0.054	/cm
a3 =	0.047	/cm

**CALIDAD DE DRENAJE**

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40
m2 =	1.15			
m3 =	1			

*"Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima 2022"*

Espesor de capa Superficial D1 = 5.00 Cm

Espesor de Base D2 = 15.00 Cm

Espesor de Subbase D3 = 25.00 Cm

Número Estructural requerido

**SN = 2.802**

Número Estructural calculado

**SN = 2.957**

**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

		Pulg.	Cm.
Losa de Cº Asfáltico	e=	0.020	5.00
Base Granular	e=	0.059	15.00
Subbase granular	e=	0.098	25.00

Comparando ambos "SN" **CUMPLE**





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, asesor de Tesis titulada: "Mejoramiento del comportamiento físico mecánico de la subrasante adicionando cenizas de sauco - eucalipto en pavimentos flexibles, Lima-2022

", cuyos autores son LOBATO GUERRERO LEYLA MARITA, DURAND BALANDRA JHON STEPHANE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 27 de Noviembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA <b>DNI:</b> 09389936 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4136-7189	Firmado electrónicamente por: LAVARGASV el 02- 12-2022 05:41:13

Código documento Trilce: TRI - 0457249