



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías
del distrito de Carampoma - Huarochirí, 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Osores Mendoza, Kenny Anderson (orcid.org/0000-0003-2232-2054)

ASESOR:

Mg. Medrano Sanchez, Emilio José (orcid.org/0000-0003-0002-5876)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2023

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a mi madre y a mi hermano pues sin ellos no lo habría logrado. Sus palabras a diario a lo largo de este proceso no dejaron que deje de creer en mí y persista en conseguir metas. Por eso les doy este trabajo como resultado de su apoyo madre linda, hermano los quiero mucho.

El autor.

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a Dios por guiarnos siempre por el camino correcto y darnos buena salud.

Agradezco a mi madre por haberme otorgado siempre su apoyo incondicional, quien ha creído en mí dándome ejemplo de responsabilidad, humildad y enseñándome a valorar todo lo que Dios nos pudo ofrecer en esta vida. Lo que ha contribuido en conseguir este logro. Espero siempre contar con tu apoyo que es de mucho valor para mí persona, te amo madre linda.

El autor.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	viii
Resumen	x
Abstract	xi
I INTRODUCCIÓN	1
II MARCO TEÓRICO	5
III METODOLOGÍA	14
3.1 Tipo y diseño de investigación	14
3.2 Variables y operacionalización.....	14
3.3 Población, muestra y muestreo.....	15
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5 Procedimientos	17
3.6 Método de análisis de datos.....	18
3.7 Aspectos éticos	21
IV RESULTADOS.....	22
4.1 Resultados para la Subrasante de las vías del distrito de Carampoma ..	22
4.2 Resultados de la muestra experimental - Subrasante +10 % de Cal	25
4.2.1 <i>Calicata 1 - Progresiva 003 +050 + cal 10%</i>	25
4.2.2 <i>Calicata 2 - Progresiva 003 +450 + cal 10%</i>	26
4.2.3 <i>Calicata 3 - Progresiva 003 +800 + cal 10%</i>	27
4.2.4 <i>Subrasante +10 % de Cal</i>	28
4.3 Resultados de la muestra experimental - Subrasante +10 % de Cenizas de Eucalipto	29

4.3.1	<i>Calicata 1 - Progresiva 003 +050 + cenizas de eucalipto 10%</i>	29
4.3.2	<i>Calicata 2 - Progresiva 003 +450 + cenizas de eucalipto 10%</i>	30
4.3.3	<i>Calicata 3 - Progresiva 003 +800 + cenizas de eucalipto 10%</i>	31
4.3.4	<i>Subrasante +10 % de cenizas de eucalipto</i>	32
4.4	Resultados Finales.....	32
4.5	Prueba de Hipótesis.....	33
V	DISCUSIÓN	35
VI	CONCLUSIONES	38
VII	RECOMENDACIONES	39
	REFERENCIAS	40
	ANEXOS	47

Índice de tablas

Tabla 1	Clasificación granulométrica de las partículas de la subrasante	18
Tabla 2	Cálculo para determinar el límite líquido	18
Tabla 3	Cálculo para determinar el límite plástico.....	19
Tabla 4	Cálculo para determinar el índice de plasticidad.....	19
Tabla 5	Cálculo para determinar la densidad húmeda	19
Tabla 6	Cálculo para determinar la densidad seca	19
Tabla 7	Cálculo para determinar el peso unitario suelto	20
Tabla 8	Cálculo para determinar el contenido de agua para una saturación completa.....	20
Tabla 9	Cálculo para determinar el porcentaje de Agua	20
Tabla 10	Cálculo para determinar el porcentaje de Expansión	21
Tabla 11	<i>Ensayo de Análisis Granulométrico para la Calicata: C-1 Prog. 003+050</i>	22
Tabla 12	<i>Características físico- mecánicas para la Calicata: C-1 Prog. 003+05022</i>	
Tabla 13	Ensayo de Granulometría para la Calicata: C-2 Prog. 003+450	23
Tabla 14	<i>Características físico- mecánicas para la Calicata: C-2 Prog. 003+45023</i>	
Tabla 15	<i>Ensayo de Granulometría para la Calicata: C-3 Prog. 003+800</i>	24
Tabla 16	<i>Características físico- mecánicas para la Calicata: C-3 Prog. 003+80024</i>	
Tabla 17	<i>Características físico-mecánicas de la subrasante del distrito de Carampoma.....</i>	25
Tabla 18	Ensayo Proctor Modificado C-1 (Sub + Cal 10%)	25
Tabla 19	Compactación de Moldes C-1 (Sub + Cal 10%).....	26
Tabla 20	Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-1 (Sub + Ca 10%)	26
Tabla 21	Ensayo Proctor Modificado C-2 (Sub + Cal 10%)	26
Tabla 22	Compactación de Moldes C-2 (Sub + Cal 10%).....	27
Tabla 23	Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-2 (Sub + Ca 10%)	27
Tabla 24	Ensayo Proctor Modificado C-3 (Sub + Cal 10%)	27
Tabla 25	Compactación de Moldes C-3 (Sub + Cal 10%).....	28
Tabla 26	Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-3 (Sub + Ca 10%)	28
Tabla 27	Resultados finales – subrasante +10% de cal.....	28
Tabla 28	Ensayo Proctor Modificado C-1 (Sub + Ce 10%)	29
Tabla 29	29

Tabla 30	Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-1 (Sub + Ce 10%)	29
Tabla 31	Ensayo Proctor Modificado C-2 (Sub + Ce 10%)	30
Tabla 32	Compactación de Moldes C-2 (Sub + Ce 10%)	30
Tabla 33	Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-2 (Sub + Ce 10%)	30
Tabla 34	Ensayo Proctor Modificado C-3 (Sub + Ce 10%)	31
Tabla 35	Compactación de Moldes C-3 (Sub + Ce 10%)	31
Tabla 36	Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-3 (Sub + Ce 10%)	31
Tabla 37	Resultados finales – subrasante +10% de Cenizas de eucalipto	32
Tabla 38	Resultados finales	32
Tabla 39	Estadísticas de muestra única	33
Tabla 40	Prueba de muestra única	33
Tabla 41	Matriz de Consistencia	47
Tabla 42	Matriz de operacionalización	48

Índice de figuras

Figura 1	Influencia de la Cal y Cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías de Carampoma.....	34
Figura 2	Formato de registro para análisis granulométrico por tamizado	49
Figura 3	Formato de registro para Contenido de Humedad	50
Figura 4	Formato de registro para Límites de Consistencia	51
Figura 5	Formato de registro para Relación densidad - Humedad (PROCTOR)	52
Figura 6	Formato de registro para Relación de capacidad de soporte, CBR -I ..	53
Figura 7	Formato de registro para Relación de capacidad de soporte, CBR -II .	54
Figura 8	Ensayo de Granulometría C -1 prog. 003 +050	55
Figura 9	Ensayo de Granulometría C -2 prog. 003 +450	56
Figura 10	Ensayo de Granulometría C -3 prog. 003 +800.....	57
Figura 11	Ensayo Proctor C -1 prog. 003 +050	58
Figura 12	Ensayo CBR C -1 prog. 003 +050	59
Figura 13	Ensayo Proctor C -2 prog. 003 +450	60
Figura 14	Ensayo CBR C - 2 prog. 003 +450	61
Figura 15	Ensayo Proctor C - 3 prog. 003 +800	62
Figura 16	Ensayo CBR C - 3 prog. 003 +800	63
Figura 17	Resultados - I C-1 Prog 003+050 +10% Cal.....	64
Figura 18	Resultados- II C-1 Prog 003+050 +10% Cal.....	65
Figura 19	Resultados - I C-2 Prog 003+450 +10% Cal.....	66
Figura 20	Resultados - II C-2 Prog 003+450 +10% Cal.....	67
Figura 21	Resultados - I C-3 Prog 003+800 +10% Cal.....	68
Figura 22	Resultados - II C-3 Prog 003+800 +10% Cal.....	69
Figura 23	Resultados - I C-1 Prog 003+050 +10% Cenizas de eucalipto.....	70
Figura 24	Resultados – II C-1 Prog 003+050 +10% Cenizas de eucalipto	71
Figura 25	Resultados - I C-2 Prog 003+450 +10% Cenizas de eucalipto.....	72
Figura 26	Resultados - II C-2 Prog 003+450 +10% Cenizas de eucalipto	73
Figura 27	Resultados - I C-3 Prog 003+800 +10% Cenizas de eucalipto.....	74
Figura 28	Resultados - II C-3 Prog 003+800 +10% Cenizas de eucalipto	75
Figura 29	vía del distrito de Carampoma.....	76

Figura 30 Selección de las progresivas	76
Figura 31 Calicata 1 prog. 3+ 050	77
Figura 32 Calicata 1 prog. 3+ 050 profundidad 1.5 m.....	77
Figura 33 Calicata 2 prog. 3 + 4500	78
Figura 34 Excavación calicata 2 prog. 3 + 050	78
Figura 35 Calicata 2 prog. 3+450 profundidad 1.5 m.....	79
Figura 36 Calicata 3 prog. 3 + 800	79
Figura 37 Excavación calicata 3 prog. 3 + 800	80
Figura 38 Calicata 3 prog. 3+800 profundidad 1.5 m.....	80

Resumen

La presente investigación se titula "Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí, 2022" desarrollada con el objetivo de determinar si existe influencia de la cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí.

Esta investigación fue de tipo aplicada, de diseño experimental, enfoque mixto de nivel explicativo, para el desarrollo de esta se utilizó principalmente los ensayos del Proctor y CBR, Se utilizaron tres muestras; la primera conformada por el material de la subrasante sin aditivos, la segunda una mezcla del suelo subrasante con 10% de cenizas de eucalipto (Sub + Ce 10%) y la tercera propuesta de suelo subrasante con 10% de cal (Sub + Ca 10%).

Los resultados mostraron que la subrasante obtuvo una máxima densidad seca de 1.792 g/cm^3 , un óptimo contenido de humedad 20.46 % y un CBR al 100% de 5.1%, lo que indica que la subrasante es muy pobre; la segunda muestra con 10% de cenizas de eucalipto, obtuvo una máxima densidad seca de 1.837 g/cm^3 , un óptimo contenido de humedad 18.7 % y un CBR al 100% de 16.1%; la tercera muestra con 10% de cal obtuvo una máxima densidad seca de 1.907 g/cm^3 , un óptimo contenido de humedad 17.43 % y un CBR al 100% de 29.6%.

Concluyendo en que tanto las cenizas de eucalipto como la cal influyen en la estabilización del suelo subrasante en estudio, sin embargo, la cal obtuvo mejores resultados al 10% que las cenizas de eucalipto.

Palabras clave: Aditivos, Cal, Cenizas de eucalipto, CBR, Proctor, Subrasantes.

Abstract

The present investigation is entitled "Adding lime and eucalyptus ashes in the subgrade of the roads of the district of Carampoma - Huarochirí, 2022" developed with the objective of determining if there is an influence of lime and eucalyptus ashes in the subgrade of the roads. of the district of Carampoma - Huarochirí.

This research was of an applied type, experimental design, mixed explanatory level approach, for the development of this the Proctor and CBR tests were used mainly, three samples were used; the first made up of the subgrade material without additives, the second a mixture of the subgrade soil with 10% eucalyptus ash (Sub + Ce 10%) and the third proposal for subgrade soil with 10% lime (Sub + Ca 10 %).

The results showed that the subgrade obtained a maximum dry density of 1.792 g/cm³, an optimal moisture content of 20.46% and a CBR at 100% of 5.1%, which indicates that the subgrade is very poor; the second sample with 10% eucalyptus ash, obtained a maximum dry density of 1,837 g/cm³, an optimum moisture content of 18.7% and a CBR at 100% of 16.1%; the third sample with 10% lime obtained a maximum dry density of 1.907 g/cm³, an optimum moisture content of 17.43% and a CBR at 100% of 29.6%.

Concluding that both eucalyptus ashes and lime influence the stabilization of the subgrade soil under study, however, lime obtained better results at 10% than eucalyptus ashes.

Keywords: Additives, Lime, Eucalyptus ash, CBR, Proctor, Subgrades.

I INTRODUCCIÓN

La presente investigación se enfoca en la práctica de la estabilización de la subrasante de los suelos arcillosos del distrito de Carampoma, ya que la condición de las vías del distrito en mención, imposibilitan el libre tránsito de vehículos y personas, obstruyendo el desarrollo de esta población. Por lo que proponemos dos alternativas para estabilizar el suelo de la subrasante de las vías mencionadas con aditivos de tipo químico (cal) y orgánico (cenizas de eucalipto).

En el distrito de Carampoma, perteneciente a la provincia de Huarochirí, se observa en las vías primarias a nivel de subrasante una serie de inconvenientes que perjudica el tráfico peatonal y vehicular. Dicha subrasante cuenta con un material arcilloso, a simple vista se observan oquedades, además el clima resulta perjudicial debido a que existen constantes heladas, lo cual genera dificultades para la transitabilidad.

Por ello es importante generar alternativas que permitan reforzar el material de la subrasante para que este pueda soportar la carga de los vehículos, conocemos que una alternativa puede ser el uso de la cal, Sin embargo, proponemos una alternativa ecoamigable la cual incluya las cenizas de las hojas de eucalipto, ya que en el distrito de Carampoma se cuenta con esta materia prima en abundancia.

En El Salvador es común que se plantee como alternativa de solución para suelos arcillosos retirar el material de la vía y transportar un nuevo material para sustituir el suelo removido, Sin embargo, este proceso genera mayores costes debido al traslado y uso de maquinarias que se requiere para la estabilización del suelo del terreno, obstaculizando así los proyectos viales los cuales permiten el crecimiento social y comunitario (Maldonado y Orellana, 2009, p. 2).

Por su parte en México utilizan la cal como alternativa de estabilización debido a sus propiedades químicas y los efectos que causa en los suelos, la cal produce cambios químicos al entrar en contacto con el material de las capas, mejorando las propiedades plásticas, de expansión y contracción, aumentando la resistencia de los suelos. (Pérez, Pérez, y Garnica, 2019, p.4).

Usedo (2015, p. 4) en su tesis de grado indica que la cal se ha usado desde épocas antiguas en el ámbito de la construcción, encontrando partículas de cal en

edificaciones mesopotámicas, egipcias, romanas y griegas, por lo que su uso tiene trayectoria, sin embargo los efectos causados en los suelos y edificaciones están sujetos al porcentaje de adición de este elemento.

En el Perú, Albornoz (2022, p. 3) explica en su investigación, que la cal es un elemento utilizado con frecuencia en la estabilización de suelos, la cual mejora las condiciones del material de la vía y permite alcanzar los parámetros que se requiere para cada obra constructiva.

Sin embargo, existen otros materiales que podrían servir para los mismos fines. Si bien la adición de cal tiene el aval de normas nacionales e internacionales, es importante que se pueda encontrar métodos ecoamigables que reduzcan los costos que se realiza en obras constructivas. (Martínez, Hernández, López, y Menchaca, 2015, p. 9)

Una alternativa ecoamigable son los residuos agroforestales como las hojas de eucalipto, las mismas que pueden ser transmutadas en cenizas, ya que éstas contienen altos porcentajes de óxido de silicio lo que le otorga una propiedad puzolánica necesaria para la compactación del material de la capa subrasante. (Payá, 2012, p. 41)

Según un artículo de la ONU (2020), el Perú está dentro de los 17 países con mayor variedad ecológica, cada región cuenta con más de un producto representativo; en la provincia de Huarochirí existen grandes hectáreas destinadas a la producción de la planta de Eucalipto, la misma que puede ser utilizada como aditivo que permita potenciar el material existente en sus vías.

Por lo que el **planteamiento del problema** de la presente investigación sería la siguiente: ¿Existe influencia de la cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí?

Bajo la misma línea, planteamos como problemas específicos los siguiente: a) ¿Existe influencia del porcentaje de la cal en las características físico-mecánicas de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí? b) ¿Existe influencia del porcentaje de las cenizas de eucalipto en las características físico-mecánicas de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí?

La justificación pertinente para la presente investigación se basa en tres enfoques: teórica, metodológica y práctica.

Justificación teórica. La presente investigación se justifica debido a que el uso de las cenizas de eucalipto es novedoso en el ámbito de la construcción como aditivo para estabilizar los suelos, por lo que se llenarían vacíos teóricos respecto al tema, lo cual ampliaría la revisión bibliográfica de futuros investigadores que opten por utilizar material orgánico para lograr la estabilización del material a utilizar.

Justificación práctica. La presente investigación se justifica ya que los resultados abrirán puertas para el futuro uso de las cenizas de eucalipto en la industria de la construcción aportando una solución al problema de la falta de estabilización de los suelos con materiales residuales de la industria agroforestal, la misma que es una alternativa ecoamigable.

Justificación metodológica. La presente investigación se justifica ya que al presentar una alternativa novedosa o poco estudiada se requiere adaptar una nueva metodología para estabilizar el material de las subrasantes en las vías del distrito de Carampoma con cenizas de eucalipto al igual que la cal.

Además, es importante que esta investigación se desarrolle para así tener alternativas que establezcan las condiciones de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma, mejorando así la calidad de vida de los ciudadanos, ya que los caminos o vías de tránsito permiten el desarrollo desde diferentes enfoques como el económico, educativo y de la salud de los pobladores de dicho distrito.

Por lo que, planteamos como **objetivo** principal: Determinar si existe influencia de la cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí.

Bajo el mismo fin, planteamos como objetivos específicos lo siguiente: a) Determinar si existe influencia del porcentaje de la cal en las características físico-mecánicas de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma – Huarochirí b) Determinar si existe influencia del porcentaje de las cenizas de eucalipto en las características físico-mecánicas de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma – Huarochirí.

A causa de nuestros objetivos, en esta investigación se comparará el comportamiento de las cenizas de eucalipto y la cal en relación a su capacidad para estabilizar el material de las trochas, por lo que, planteamos como **Hipótesis de trabajo (Ha)** Existe influencia de la cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí; y como **hipótesis descriptivas (Hi)** referimos lo siguiente: a) Existe influencia del porcentaje de la cal en las características físico mecánicas de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma – Huarochirí. b) Existe influencia del porcentaje de las cenizas de eucalipto en las características físico-mecánicas de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma – Huarochirí.

II MARCO TEÓRICO

Duque, Vásquez, y Orrego (2019) realizaron la investigación “Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden” como método para la obtención del título de ingeniero civil de la Universidad libre seccional Pereira- Colombia; cuyo objetivo fue mejorar con cemento las condiciones de la subrasante de la vía Llano Grande, la misma que tiene un enfoque cuantitativo; esta investigación tuvo como muestras 4 estratos renombrados como A,B,C, y D a lo largo de la Vereda Llano Grande – Colombia, los resultados obtenidos fueron registrados de la siguiente manera: Para la muestra A (k0+400) se obtuvo un contenido de humedad de 76%, un límite líquido de 91.48%, un límite plástico de 83.33% y un índice de plasticidad de 8.15%; Para la muestra B (k0+600) se obtuvo un contenido de humedad del 71.37 %, un límite líquido de 88.72%, un límite plástico de 84.45% y un índice de plasticidad de 4.27%; Para la muestra C (k0+600) un contenido de humedad de 45.28%, un límite líquido de 61.08%, un límite plástico de 54.36% y un índice de plasticidad de 6.72%; Para el muestra D (k0+800) un contenido de humedad de 38.11%, un límite líquido de 62.34%, un límite plástico de 44.05% y un índice de plasticidad de 18.29%. Se agregó 5% ,7%, y 13% obteniendo una mejora del contenido de humedad en la muestra A de 45%, en la muestra B de 40%, en la muestra C de 30% y en la muestra D de 30%, en cuanto a la resistencia se obtuvo para la muestra A al 13% de adición de cemento 28.623,690 kg/m², para la muestra B con adición de 13% de cemento 19.618,016kg/m², para la muestra C con 13% de cemento 149.710,026 kg/m², para la muestra D con 13% de cemento 96.306,883 kg/m². Concluyendo en que el aditivo del 13% de cemento en las muestras logra estabilizar la subrasante de la vía mencionada.

Ochoa (2019) realizó una investigación como requisito para la obtención del título de ingeniera civil de infraestructura de la universidad Federal de Integración Latino-Americana de Foz do Iguazu – Brasil, titulada “Estudio experimental sobre la estabilización de una subrasante limo arcillosa con RCD-concreto fino (partículas < 2mm) para aplicación en pavimentos” con el objetivo de utilizar los residuos de construcción de demolición (RCD) como método alternativo para estabilizar una subrasante, la presente investigación es de tipo experimental y enfoque cuantitativo. Se utilizó 5 muestras experimentales con 0%, 20% , 40%, 60% y 100% de residuos de construcción de demolición de concreto fino, de los cuales se

registró los siguientes resultados: Para el ensayo de Límite líquido al 0% se obtuvo 46.22%, al 20% se obtuvo 35.82% , al 40% se obtuvo un 24.67%, en cuanto al 60% y 100% no se presentó registros; Para el ensayo de Límite plástico al 0% se obtuvo 27.40%, al 20% se obtuvo 22.94%, al 40% se obtuvo un 19.43%, en cuanto al 60% y 100% no se presentó registros; Para el índice de plasticidad al 0% se obtuvo 18.82%, al 20% se obtuvo 12.88%, al 40% se obtuvo un 5.24%, en cuanto al 60% y 100% no se presentó registros; La clasificación de suelos según SUCS y AASHTO obtenida al 0% fue de CL y A -7-6 (13), al 20% la clasificación fue CL y A -6 (7), al 40% la clasificación fue SC-SM y A-4 (3), al 60% la clasificación fue SM y A-2-4(0) y 100% la clasificación fue SP y A-3(0); Para la humedad óptima al 0% se obtuvo 28.41%, al 20% se obtuvo 20.60%, al 40% se obtuvo un 18.60%, en cuanto al 60% y se obtuvo un 16.70%; Para el contenido de humedad al 0% se obtuvo 20.68%, al 20% se obtuvo 18.95%, al 40% se obtuvo un 21.58%, en cuanto al 60% y se obtuvo un 14.04%. Se obtuvo un CBR al 0% de 1.8%, al 20% de 11.6%, al 40% de 21.3 % y al 60% de 31.6%. Concluyendo en que el porcentaje de adición de RCD óptimo para la estabilización de pavimento es de 60% de RCD.

Ramos y Lozano (2019) realizaron una investigación titulada “Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos”, tesis presentada para la obtención del título como ingeniero civil de la Universidad Católica de Colombia, con el objetivo de utilizar la cal y las cenizas de carbon en la mejora de las propiedades de una subrasante; esta investigación fue de tipo experimental, en la que se tuvo 5 muestras, una del suelo natural (S100) y cuatro experimentales (S60-C40; S80-C20; S90-C10; S60-CCM40; S80-CCM20; S90-CCM10), en las que se obtuvo los siguientes resultados: Para el ensayo de humedad optima al S100 se halló un 1.81%, al S60-C40 se halló un 1.76%, al S80-C20 se halló un 1.73%, al S90-C10 se halló un 1.745%, al S60-CCM40 se halló un 1.61%, al S80-CCM20 se halló un 1.74%, al S90-CCM10 se halló un 1.78%; Para la humedad óptima al S100 se halló un 22.59%, al S60-C40 se halló un 32%, al S80-C20 se halló un 35%, al S90-C10 se halló un 37%, al S60-CCM40 se halló un 26%, al S80-CCM20 se halló un 27%, al S90-CCM10 se halló un 28%. Para los resultados de PH al S100 se halló un 12.48 Ph, al S60-C40 se halló un 12.41 Ph, al S80-C20 se halló un 11.44 Ph, al S90-C10 se halló un 6.29 Ph, al S60-CCM40 se halló un 6.27 Ph, al S80-CCM20 se halló un 6.26 Ph, al S90-CCM10 se halló un 5.51 Ph. Se concluye que las

mezclas más óptimas para estabilizar la subrasante son las del material natural de 90% con 10% de cal (S90-C10) y material natural al 60% + cal al 40% y caolín (S60-CCM40).

En el ámbito nacional, Pareja (2022) con su investigación titulada “Estabilización de subrasante con adición de ceniza schinus molle en la trocha carrozable Yanakillca, Provincia Antabamba, Apurímac-2022”. Tesis para obtención del título como ingeniera civil de la Universidad Cesar Vallejo. Esta investigación tuvo como objetivo conocer la influencia de las cenizas mencionadas como estabilizador de una subrasante, esta investigación es descriptiva – experimental, en la que la muestra estuvo conformada por un suelo patrón, y muestras con aditivos al 3%, 5%, 7%, 10% y 13% a los cuales se les aplicó los siguientes ensayos con sus respectivos resultados descritos a continuación: máxima densidad 1.987 gr/cm³, 2.068 gr/cm³, 2.072 gr/cm³, 2.086 gr/cm³, 2.091 gr/cm³, 2.100 gr/cm³; contenido de humedad 1.888%, 11.67%, 12.20%, 13.02%, 14.36%, 14.60%; límite líquido 31.6%, 31.1%, 27.5%, 32.4%, 30.7%, 36.8%; límite plástico 22.5%, 19.6%, 18.5%, 20.8%, 21.2%, 28.1%; índice de plasticidad 9.1%, 11.5%, 9%, 11.6%, 9.5%, 8.7%; y CBR 1.888%, 11.70%, 12.70%, 13.30%, 16.40%, 22.50%, llegando a la conclusión de que la adición al 13% es la más óptima para lograr estabilizar el material de la subrasante.

Albornoz (2022) realizó una investigación para obtener el título de ingeniera civil de la Universidad Cesar Vallejo, titulada “Propuesta de estabilización de capa subrasante para mejorar el comportamiento de suelos, trocha carrozable Matcor - Independencia - Huaraz - Ancash – 2021” con el objetivo de mejorar las condiciones de la subrasante de la trocha Matcor la metodología utilizada fue experimenta de enfoque cuantitativo. La muestra estuvo conformada por 1.000 Km de vía desde Matcor hasta Río Rocchac, en las cuales se realizaron dos calicatas, los instrumentos de recolección registraron los siguientes resultados, en la calicata 1 se obtuvo un contenido de humedad de 4.52%, un límite líquido de 30.80% , un límite plástico de 18.18%, un índice de plasticidad de 12.62%, este suelo tiene un clasificación SUCS – SC, una máx. densidad de 2.051 gr/cm³, un contenido de humedad óptima 10.60%, y un CBR al 100% de 19.8; Para la calicata 2 se obtuvo un contenido de humedad de 7.74%, un límite líquido de 29.46% , un límite plástico

de 26.85%, un índice de plasticidad de 2.61%, este suelo tiene una clasificación SUCS -SM, una máx. densidad de 1.980 gr/cm³, una humedad óptima de 11.10% y un CBR al 100% de 36.39; a estas dos calicatas se les agregó 10%, 15% y 20% de cal, también se adicionó una mezcla equitativa de cal y cemento al 5%, 7.5% y 10%, Concluyendo en que la mezcla de 10% de cal y 10% de cemento logra estabilizar las condiciones de la subrasante de la trocha mencionada, en la primera calicata los valores son modificados de la siguiente manera: contenido de humedad de 4.26 %, un límite líquido de 29.01% , un límite plástico de 26.85%, un índice de plasticidad de 2.16%, una máx. densidad de 2.136 gr/cm³, una humedad óptima de 7.30% y un CBR de 51.9%; para la segunda calicata con la adición de 10% de cal y 10% de cemento se logró las siguientes mejoras: contenido de humedad de 7.49%, un límite líquido de 29.89% , un límite plástico de 27.78%, un índice de plasticidad de 2.11%, una máx. densidad de 2.154 gr/cm³, una humedad óptima de 8.83% y un CBR de 55.2%.

Alva (2021) expone en su tesis para la obtención del título como ingeniero civil de la Universidad César Vallejo, titulada “Estabilización de subrasantes blandas con agregados binarios en trochas carrozables, carretera Sandia – Yanahuaya, Puno 2021” con el objetivo de estabilizar la subrasante de la carretera Sandia con aditivos de una cantera de agregados de cerro CA y una cantera con agregados de origen de leche de río CB, esta investigación es de tipo aplicada, diseño experimental, nivel explicativo; la muestra estuvo conformada por 1 km de la carretera Sandia de la progresiva 0+000 hasta la progresiva 1+000 en donde se realizaron 3 calicatas, los instrumentos de recolección de datos registraron los siguientes resultados: Para el suelo natural se obtuvo una máxima densidad promedio de 1.407 gr/cm³, un contenido de humedad promedio de 26.83%, un CBR promedio de 5%, un módulo de resiliencia de 7500 psi; Con la dosificación de suelo natural +10% de CA + 20% de CB se obtuvo una máxima densidad promedio de 1.520 gr/cm³, un contenido de humedad promedio de 23.31%, un CBR promedio de 11.23%, un módulo de resiliencia de 14450 psi; Para la dosificación de suelo natural +15% de CA + 15% de CB se obtuvo una máxima densidad promedio de 1.510 gr/cm³, un contenido de humedad promedio de 23.55%, un CBR promedio de 14.77%, un módulo de resiliencia de 17264.79 psi; Para la dosificación de suelo natural +20% de CA + 10% de CB se obtuvo una máxima densidad promedio de 1.550 gr/cm³, un

contenido de humedad promedio de 24.33%, un CBR promedio de 7.47% y un módulo de resiliencia de 11205 psi. Se concluye la mezcla experimental de suelo natural + 20% de CA + 10% de CB incrementa la máxima densidad de la subrasante (1.550 gr/cm³), mientras que el valor del CBR (1.510 gr/cm³) y el módulo de resiliencia (17264.79 psi) aumenta con la mezcla del suelo natural +15% de CA + 15% de CB.

Como Bases Teóricas, recopilamos la siguiente información de libros, manuales e investigaciones en las que se mencionaron nuestras variables (cal y cenizas de eucalipto, así como subrasante) las mismas que le da sustento a la presente investigación.

Estabilización de Suelos. Rivera, Guerrero, Gutiérrez, & Orobio (2020, p. 203) refieren que los suelos están conformados por capas de material rocoso y granular, a medida que está capa se acerca a la superficie el material que las conforma se modifica, cambiando su resistencia frente al tránsito de vehículos y personas. Por lo que es necesario trabajar en la estabilización de estas capas para que resulten resistentes frente a los factores que las deterioran, para ello es necesario realizar la evaluación del material de los suelos.

El Manual de carreteras de diseño geométrico (2018) menciona que la calidad de los suelos se categoriza en función al material con el que cuentan originalmente, además es importante tener en cuenta los factores ambientales como la vegetación y el clima, así mismo es necesario evaluar las condiciones topográficas del suelo.

Las capas del suelo están conformadas por el terreno natural, la base, subbase, rasante y subrasante, la última forma parte de este estudio debido a que a simple vista este material en la vía seleccionada se muestra en malas condiciones.

La **Subrasante** según lo que indica el MTC (2018) es una capa del suelo de la carretera la cual se forma debido al movimiento de tierras (corte o relleno), la misma que sirve de capa de rodadura o como base para un afirmado o pavimento.

Por su parte en el Manual de carreteras: Suelos geología, geotécnica y pavimentos (2014) expone que la función de la subrasante es la de soportar las cargas que ejerce el tránsito sobre el pavimento o afirmado, evita que los agregados finos y

plásticos contaminen el pavimento, economizando así los espesores de dicha capa, por lo que, la capacidad soporte (CBR) de la subrasante es de vital importancia.

Debido a lo mencionado líneas arriba, es necesario realizar la caracterización de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, para los cuales se requiere realizar pruebas de laboratorio de granulometría, humedad natural, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, dichos ensayos se encuentran detallados en el Manual de ensayo de materiales (2016), los mismos que detallamos a continuación:

Granulometría. Según la norma nacional MTC E-107 Análisis granulométrico de suelos por tamizado (2016) basa en las normas internaciones ASTM D-422 (2016) y AASHTO T-88 (2020), este ensayo permite clasificar los agregados según su proporción, las mismas que pasan por una serie de mallas de medidas establecidas por las normativas mencionadas.

Humedad natural. Según la norma nacional MTC E- 108 Determinación del contenido de humedad de un suelo (2016) basada en las normas internacionales ASTM D-2216 (2019) y AASHTO T-265 (2022), este ensayo permite conocer el porcentaje de humedad con el que cuenta el material evaluado, para ello es necesario pesar los agregados y después exponerlos a un proceso de secado para así comparar ambos pesos.

Límites de Atterberg. Según las normas nacionales MTC E-110 Determinación del límite líquido de los suelos (2016) y MTC E-111 Determinación del límite plástico e Índice de plasticidad (2016), basadas en las normas internacionales ASTM D-4318 (2017), AASTHO T-89 (2022) y AASTHO T-90 (2022), este es un ensayo que permite categorizar el suelo de acuerdo a la presencia de humedad y plasticidad, la diferencia de estos dos valores resultan en el índice de plasticidad, necesario para determinar la pertinencia del material evaluado según el proyecto constructivo que se desea realizar.

Proctor. Según las normas nacionales MTC E-115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor modificado) (2016) y MTC E-116 Compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar (Proctor estándar) (2016), basadas en las normas internacionales ASTM D-1557 (2021) y

AASHTO T-180 (2022), este ensayo permite conocer la capacidad de compactación que alcanza una muestra del material del suelo subrasante necesario para conocer el grado de soporte o desprendimiento del material al ser expuesto a las fuerzas mecánicas que se ejercen sobre él.

CBR. Según la norma nacional del MTC E-132 CBR de suelos (laboratorio) (2016), basada en las normas internacionales ASTM D-1883 (2016) y AASHTO T-193 (2022), este ensayo permite conocer la capacidad del suelo subrasante para soportar la fuerza que se ejerce sobre esta capa, cuando el valor del CBR es menor al 6 % la subrasante deberá ser estabilizada, puesto que tener un CBR tan bajo es perjudicial para el proyecto constructivo.

Aditivos. Según Javier (2022) los aditivos son ingredientes que permiten reforzar las propiedades de los materiales, estos agregados en porciones alteran las características físico- mecánicas de los suelos, logrando aumentar su capacidad de soporte.

Por otro lado Gil, Dias, & Candeias (2016) mencionan que los aditivos son Materiales suplementarios que permiten subsanar de manera general o parcial las deficiencias del material de los suelos.

La norma técnica Colombiana NTC- 1299 (2008) muestra ocho tipos de aditivos según su uso o aplicación: aditivos plastificantes, retardantes, acelerantes, plastificantes-retardantes, plastificante-acelerante, superplastificante, superplastificante- retardante, superplastificante- acelerante.

Payá (2012) por su parte clasifica los aditivos según su origen, como: Adiciones minerales industriales normalizadas, Residuos minerales industriales fuera de norma, Residuos agrícolas químicos, Residuos agrícolas físicos, Residuos agrícolas mineralógicos y residuos de construcción y demolición.

Estabilización con material orgánico (Eucalipto). Para la presente investigación se hará uso de un aditivo orgánico, el mismo que puede ser reciclado, según Martínez, Hernández, López, & Menchaca (2015) el uso de materiales alternativos y sustentables permite reducir el impacto ambiental negativo, y reduce costos en el área de la construcción.

Según el Ministerio de salud de Chile (2020) de Chile, el eucalipto es un árbol medicinal, que puede alcanzar los 60m de alturas, estas crecen en zonas de la sierra peruana, principalmente usada para sanar afecciones respiratorias. Sin embargo, recientemente se ha utilizado este material para el ámbito de la construcción.

En base a lo mencionado líneas arriba por Payá (2012, p.43), las hojas de eucalipto al ser procesadas y convertidas en cenizas adquieren propiedades puzolánicas, necesarias para la compactación del material constructivo a trabajar.

Las cenizas de Eucalipto según Solano (2020, pág. 40) están compuestas en su gran mayoría por óxido de potasio- K_2O (20.24%), óxido de magnesio - MgO (28.75%) y óxido de calcio - CaO (20.24%), estas propiedades son beneficiosas para el material de la subrasante potenciando su capacidad de soporte (CBR) y su propiedad para la compactación.

Estabilización con material químico (cal). Pérez, Pérez, & Garnica (2019) describen a la cal como un producto frecuente en la estabilización de suelos, esta se produce a partir de la calcinación de las rocas calizas, las cuales recibe su nombre en base a su alto contenido de calcio (Cao).

Según el manual de estabilización de suelo tratado con cal de la asociación americana Lime (2004), la cal tiene la capacidad de regular de manera permanente la capacidad de la subrasante, fortaleciendo de manera significativa la estructura de dicha capa, la estabilización de la subrasante necesariamente precisa de hasta el 3 a 6 % del peso total del suelo seco.

Según el Manual de diseño geométrico del MTC (2018) la cal tienen un gran impacto en la plasticidad y el límite líquido del suelo aumentando de manera ligera el índice de plasticidad, logra aumentar también la humedad óptima de compactación, lo cual es beneficioso para suelos expuestos a los bajos niveles de temperatura.

Existen diversos tipos de cal según la revista CYMPER (2015), las cuales mencionamos a continuación: Cal de construcción, Cales aéreas, Cales vivas, Cales hidratadas, Cales cálcicas, Cales dolomíticas, Cal hidráulica natural, Cal hidráulica, Cal Formulada.

De acuerdo con el Manual de carreteras de especificaciones técnicas generales para construcción (2015, p.81) para compactar la subrasante, se debe previamente excavar hasta 15 cm por debajo de la capa subrasante, en donde se hará uso del ensayo de granulometría para poder retirar los agregados que excedan las 3" de diámetro,

Se podrá estabilizar las subrasantes que obtengan un CBR menor al 6%, en donde el objetivo es que las densidades individuales resulten mínimamente el 95% de la máxima densidad obtenida mediante el ensayo de Proctor Modificado.

III METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Creswell (2014, p.187) manifiesta que los enfoques mixtos tienen matices cuantitativos y cualitativos, los mismos que permiten conclusiones más profundas y confiables en base a resultados numéricos.

En la presente investigación este tipo de enfoque permite realizar una interpretación de los efectos observados al aplicar la cal y cenizas de eucalipto en la subrasante en estudio, en contraste con los datos obtenidos de los ensayos de estudios mecánicos.

Hernández, Fernández, & Baptista (2014, p. 24) exponen que una investigación es de tipo aplicada, cuando los resultados permiten resolver un problema. En tal sentido esta investigación cumple con dicho requerimiento, debido a que según los efectos que se observen de los aditivos en la subrasante, se promoverá el uso de las cenizas de eucalipto o la cal como estabilizadores de la capa subrasante en las vías del distrito en estudio.

Baena (2017, p.40) explica que los diseños experimentales son métodos empíricos que causan cambios en las variables de estudio induciendo su relación, modificando su naturaleza. En este caso la composición del material de la subrasante será transformado al añadir elementos extraños a su naturaleza tales como la cal y las cenizas de eucalipto.

Supo y Cavero (2014, p.372) indica que el nivel explicativo de investigación permite realizar predicciones teóricas, las mismas que pretender dar un motivo o razón de los resultados obtenidos en el experimento. En este caso se podrá explicar el efecto de los aditivos en la subrasante en estudio y cómo éstos influyen en su resistencia.

3.2 Variables y operacionalización

Variable Independiente. Cal y Cenizas de eucalipto

Definición Conceptual. Gil, Dias, & Candeias (2016) mencionan que los aditivos son Materiales suplementarios que permiten subsanar de manera general o parcial las deficiencias del material de los suelos, estos pueden tener un origen químico (cal) o natural (cenizas de eucalipto)

Definición Operacional. La cal y las cenizas de eucalipto son elementos de diversos orígenes que permiten potenciar las propiedades de los suelos deficientes al ser utilizados como aditivos.

Dimensiones. Cal al 10%, Cenizas de Eucalipto al 10%

Indicadores. Composición química de la cal y cenizas de eucalipto.

Instrumentos. Hojas de registro en Excel.

Variable Dependiente. Subrasante.

Definición Conceptual. El MTC (2014) refiere en el Manual de carreteras: suelos, geología, geotécnica y pavimentos que la subrasante es una capa edificada mediante el movimiento de tierras (corte y relleno), el mismo que sirve de asiento directo para el afirmado o el pavimento.

Definición Operacional. Es una capa compuesta principalmente por material pedregoso, que sirve como base del afirmado y/o el pavimento.

Dimensiones. Características físico-mecánicas con aditivos y sin aditivos

Indicadores. Granulometría, humedad natural, límites de Atterberg, Proctor y CBR

Instrumentos. Hojas de registro en Excel.

3.3 Población, muestra y muestreo

Francia (1988, p.36) describe que la población es el conjunto de elementos que constituyen el objeto de estudio, estos son agrupados de acuerdo a características en común que comparten, por ello para la presente investigación la población está conformada por la vía principal de 10 kilómetros de la comunidad de Pampas del Distrito de Carampoma, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

La población de estudio seleccionada en la presente investigación es un kilómetro de la vía principal de la comunidad de Pampas del Distrito de Carampoma, provincia de Huarochirí, departamento de Lima, en la que se realizará 3 calicatas para la obtención de las muestras de la subrasante del suelo en las progresivas 3+050, 3+450 y 3+800.

Bernal (2010, p. 161) refiere que la muestra debe ser representativa de la población de estudio, en la presente investigación se utilizará el material obtenido de las calicatas para realizar muestras experimentales; el primer espécimen consta del material de la subrasante sin aditivos (Sub), el segundo una mezcla de la

subrasante con cal al 10% (Sub + Cal 10%) y la tercera mezcla consta de la subrasante con cenizas de eucalipto al 10% (Sub + Ce 10%); estas tres muestras experimentales serán comparadas para observar y caracterizar el efecto de los aditivos en la capa subrasante.

Muestreo. En esta investigación se aplicará el muestreo no probabilístico por conveniencia debido a que, según el Manual de ensayo de materiales, la selección de los agregados con los cuales se trabajará está sujetos a la cantidad de ensayos.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica a utilizar será la de observación, ya que de acuerdo con los resultados obtenidos se podrá visualizar el efecto de la cal y las cenizas de eucalipto en la subrasante y se podrá describir los cambios registrados.

Como instrumentos de recolección de datos, se recurrirá a formatos en Excel que permitan registrar los ensayos efectuados a las muestras, las mismas que se exponen a continuación:

Granulometría. Según la norma nacional MTC E-107 Análisis granulométrico de suelos por tamizado (2016) basa en las normas internaciones ASTM D-422 (2016) y AASHTO T-88 (2020), este ensayo permite clasificar los agregados según su proporción, las mismas que pasan por una serie de mallas de medidas establecidas por las normativas mencionadas; para registrar los datos de este ensayo se utilizó un formato en Excel (*ver Figura 2*).

Humedad natural. Según la norma nacional MTC E- 108 Determinación del contenido de humedad de un suelo (2016) basada en las normas internacionales ASTM D-2216 (2019) y AASHTO T-265 (2022), este ensayo permite conocer el porcentaje de humedad con el que cuenta el material evaluado, para ello es necesario pesar los agregados y después exponerlos a un proceso de secado para así comparar ambos pesos; para registrar los datos de este ensayo se utilizó un formato en Excel (*ver Figura 3*).

Límites de Atterberg. Según las normas nacionales MTC E-110 Determinación del límite líquido de los suelos (2016) y MTC E-111 Determinación del límite plástico e Índice de plasticidad (2016), basadas en las normas internacionales ASTM D-4318 (2017), AASTHO T-89 (2022) y AASTHO T-90 (2022), este es un ensayo que

permite categorizar el suelo de acuerdo a la presencia de humedad y plasticidad, la diferencia de estos dos valores resultan en el índice de plasticidad, necesario para determinar la pertinencia del material evaluado según el proyecto constructivo que se desea realizar; para registrar los datos de este ensayo se utilizó un formato en Excel (*ver Figura 4*).

Proctor. Según las normas nacionales MTC E-115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor modificado) (2016) y MTC E-116 Compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar (Proctor estándar) (2016), basadas en las normas internacionales ASTM D-1557 (2021) y AASHTO T-180 (2022), este ensayo permite conocer la capacidad de compactación que alcanza una muestra del material del suelo subrasante necesario para conocer el grado de soporte o desprendimiento del material al ser expuesto a las fuerzas mecánicas que se ejercen sobre él; para registrar los datos de este ensayo se utilizó un formato en Excel (*ver Figura 5*).

CBR. Según la norma nacional del MTC E-132 CBR de suelos (laboratorio) (2016), basada en las normas internacionales ASTM D-1883 (2016) y AASHTO T-193 (2022), este ensayo permite conocer la capacidad del suelo subrasante para soportar la fuerza que se ejerce sobre esta capa, cuando el valor del CBR es menor al 6 % la subrasante deberá ser estabilizada, puesto que tener un CBR tan bajo es perjudicial para el proyecto constructivo; para registrar los datos de este ensayo se utilizó un formato en Excel (*ver Figura 6 y Figura 7*).

3.5 Procedimientos

Para desarrollar esta investigación, en primer lugar, se recolectará las muestras del material de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma, provincia de Huarochirí, en donde se realizará tres calicatas de 1m x 1.5 de profundidad para la obtención de muestras.

Bajo el mismo propósito, se recolectará la cal y el eucalipto, estas últimas se procesarán para obtener las cenizas de sus hojas, de esta manera se estaría concluyendo con el primer paso del procedimiento.

Seguidamente se llevará los aditivos (cal y cenizas de eucalipto) al laboratorio químico para conocer sus propiedades químicas, de igual manera se llevará las

muestras de la subrasante para conocer sus propiedades físico-mecánicas, para este paso se establecerá tres muestras (Sub; Sub +Cal 10%; Sub + Ce 10%) por calicata, en total se evaluará mediante los ensayos de laboratorio 9 muestras.

Se comparará los resultados obtenidos de las 9 muestras con los requerimientos para determinar la pertinencia de la subrasante, buscando la muestra que logre las mejores condiciones de la capa mencionada.

3.6 Método de análisis de datos

Para procesar los datos de cada ensayo, se utilizará los formatos mostrados en los anexos, en donde se registrará la clasificación granulométrica del material, identificando así su composición según el tamaño de sus partículas, como se muestra en la siguiente figura:

Tabla 1

Clasificación granulométrica de las partículas de la subrasante

Tipo de material	Tamaño de las partículas
Grava	75mm – 2mm
Arena	Arena gruesa: 2mm – 0.2mm Arena fina: 0.2mm – 0.05mm
Limo	0.05mm – 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

Nota: Estos parámetros los podemos observar en el Manual de diseño de Carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (2008, p. 132)

Para ensayos como la determinación de los límites de Atterberg, se requiere de algunos cálculos, como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 2

Cálculo para determinar el límite líquido

Límite líquido	
$LL = W^N \left(\frac{N}{25} \right)^{0,121}$	
N	= Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad
W^n	= Contenido de humedad del suelo
K	= Factor para límite líquido

Nota: Esta ecuación nos permite obtener el límite líquido misma información se encuentra en el Manual de ensayo de materiales (2016, p. 70)

Tabla 3*Cálculo para determinar el límite plástico*

Límite plástico	
$\frac{Pe}{Psc} \times 100$	
Pe	= Peso de agua
Psc	= Peso del suelo secado al horno

Nota: Esta ecuación nos permite obtener el límite líquido, dicha información la hallamos en el Manual de ensayo de materiales (2016, p. 73)

Tabla 4*Cálculo para determinar el índice de plasticidad*

Índice de plasticidad	
$I.P. = L.L - L.P$	
I.P	= Índice de plasticidad
L.L	= Límite líquido
L.P	= Límite plástico

Nota: Esta ecuación nos permite obtener el índice de plasticidad, dicha información la hallamos en el Manual de ensayo de materiales (2016, p. 73)

Para el ensayo del Proctor, se realizará 4 cálculos los mismos que se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 5*Cálculo para determinar la densidad húmeda*

Densidad húmeda	
$Pm = 1000 \times \left(\frac{M_t - M_{md}}{V} \right)$	
P _m	= Densidad Húmeda del espécimen compactado en (M/m ³)
M _t	= Masa del espécimen húmedo y molde (kg)
M _{md}	= Masa del molde de compactación (kg)
V	= Volumen del molde de compactación (m ³)

Nota: Esta ecuación nos permite obtener la densidad húmeda, dicha información la hallamos en el Manual de ensayo de materiales (2016, p. 126)

Tabla 6*Cálculo para determinar la densidad seca*

Densidad seca	
----------------------	--

$$p_d = \frac{p_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

P_m	= Densidad Húmeda del espécimen compactado en (M/m ³)
P_d	= Densidad seca del espécimen compactado en (Mg/m ³)
W	= Contenido de agua (%)

Nota: Esta ecuación nos permite obtener la densidad seca, dicha información la hallamos en el Manual de ensayo de materiales (2016, p. 126)

Tabla 7

Cálculo para determinar el peso unitario suelto

Peso unitario suelto	
$y_d = 62,43 P_d \quad \text{en} \quad \text{ibf}/\text{pie}^3$ $y_d = 62,43 P_d \quad \text{en} \quad \text{kN}/\text{m}^3$	
Y_d	= Peso unitario seco del espécimen compactado
P_d	= Densidad seca del espécimen compactado en (Mg/m ³)

Nota: Esta ecuación nos permite obtener el peso unitario suelto, dicha información la hallamos en el Manual de ensayo de materiales (2016, p. 126)

Tabla 8

Cálculo para determinar el contenido de agua para una saturación completa

contenido de agua para una saturación completa (100%)	
$W_{sat} = \frac{(Y_w)(G_s) - Y_d}{(Y_d)(G_s)} \times 100$	
W_{sat}	= Contenido de agua para una saturación completa (%)
Y_w	= Peso unitario del agua 9,807kN/m ³ o (62,43 lbf/ pie ³)
Y_d	= Peso unitario seco del espécimen compactado
G_s	= Gravedad específica del suelo

Nota: Esta ecuación nos permite obtener el contenido de agua para una saturación completa (100%), dicha información la hallamos en el Manual de ensayo de materiales (2016, p. 126)

El valor del CBR es fundamental para conocer el estado de la subrasante para ello es necesario realizar los siguientes cálculos:

Tabla 9

Cálculo para determinar el porcentaje de Agua

Porcentaje de Agua	
$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$	
H	= Humedad prefijada

H = Humedad natural

Nota: Esta ecuación nos permite obtener el porcentaje de agua, dicha información la hallamos en el Manual de ensayo de materiales (2016, p. 254)

Tabla 10

Cálculo para determinar el porcentaje de Expansión

Porcentaje de Expansión	
$\% \text{ expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$	
L ₁	= Lectura inicial en mm
L ₂	= Lectura final en mm

Nota: Esta ecuación nos permite obtener el cálculo para determinar el porcentaje de Expansión, dicha información la hallamos en el Manual de ensayo de materiales (2016, p. 254)

3.7 Aspectos éticos

Esta investigación se desarrolla bajo los principios investigativos que promueve la Universidad César Vallejo:

Beneficencia. Práctica que promueve actividades con impacto positivo en la población de estudio, en esta investigación las vías subrasantes del distrito de Carampoma podrán ser beneficiadas con la alternativa de estabilización que proponemos.

Veracidad. Valor que impulsa la autenticidad de los datos procesados y la fidelidad de las referencias bibliográficas que sirven de guía para la presente investigación.

Autonomía. Esta investigación es desarrollada por autoría propia, tomando como referentes a otros investigadores realizando el debido reconocimiento mediante las citas bibliográficas.

Justicia. La práctica investigativa que se desarrolla en el presente estudio respeta las normas legales y la estructura del método científico.

IV RESULTADOS

En esta sección se muestran los resultados de acuerdo con el procedimiento descrito líneas arriba. Por lo que a continuación se observa las características físico – mecánicas de material de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma, en las cuales se realizaron tres calicatas con los siguientes resultados:

4.1 Resultados para la Subrasante de las vías del distrito de Carampoma

Tabla 11

Ensayo de Análisis Granulométrico para la Calicata: C-1 Prog. 003+050

Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
⅜ in.	9.500	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	1.0	1.0	99.0
No. 10	2.000	8.2	9.2	90.8
No. 20	0.850	4.1	13.3	86.7
No. 40	0.425	6.1	19.4	80.6
No. 60	0.250	2.0	21.4	78.6
No. 140	0.106	1.0	22.4	77.6
No. 200	0.075	1.0	23.4	76.6
Fondo		76.6	100.0	0.0

Nota: Como se aprecia en la tabla, según el ensayo granulométrico, el 1% del material de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma está compuesto por grava, el 22.4 % está compuesto por arena y los finos los compone 76.6%. Además la clasificación del suelo es SUCS - CL y A-6 (12) por lo que este suelo se caracteriza por su composición arcillosa de baja plasticidad con arena

Tabla 12

Características físico- mecánicas para la Calicata: C-1 Prog. 003+050

Características Físico – mecánicas	
Límite Líquido	38 %
Límite Plástico	21 %
Índice de Plasticidad	17 %
Máxima densidad seca	1.798 g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	21.1 %

C.B. R

5.2%

Nota: Como se aprecia el valor del CBR es inferior a 6%, lo que indica que el material de la subrasante es de muy mala calidad.

Tabla 13

Ensayo de Granulometría para la Calicata: C-2 Prog. 003+450

Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
⅜ in.	9.500	0.5	0.5	99.5
No. 4	4.750	1.5	2.0	98.0
No. 10	2.000	2.0	4.1	95.9
No. 20	0.850	4.4	8.4	91.6
No. 40	0.425	2.6	11.1	88.9
No. 60	0.250	2.1	13.2	86.8
No. 140	0.106	4.1	17.3	82.7
No. 200	0.075	1.5	18.8	81.2
Fondo		81.2	100.0	0.0

Nota: Como se aprecia en la tabla, según el ensayo granulométrico, el 2% del material de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma está compuesto por grava, el 16.8 % está compuesto por arena y los finos los compone 81.2%. Además, la clasificación del suelo es SUCS -CL y A-6 (13) por lo que este suelo se caracteriza por su composición arcillosa de baja plasticidad con arena.

Tabla 14

Características físico- mecánicas para la Calicata: C-2 Prog. 003+450

Características Físico – mecánicas	
Límite Líquido	39 %
Límite Plástico	23 %
Índice de Plasticidad	16 %

Máxima densidad seca	1.772 g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	20.8 %
C.B. R	4.9 %

Nota: Como se aprecia el valor del CBR es inferior a 6%, lo que indica que el material de la subrasante es de muy mala calidad.

Tabla 15

Ensayo de Granulometría para la Calicata: C-3 Prog. 003+800

Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
⅜ in.	9.500	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	0.5	0.5	99.5
No. 10	2.000	2.0	2.5	97.5
No. 20	0.850	4.1	6.6	93.4
No. 40	0.425	6.1	12.7	87.3
No. 60	0.250	2.0	14.7	85.3
No. 140	0.106	5.1	19.8	80.2
No. 200	0.075	4.1	23.9	76.1
Fondo		76.1	100.0	0.0

Nota: Como se aprecia en la tabla, según el ensayo granulométrico, el 0.5% del material de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma está compuesto por grava, el 23.4 % está compuesto por arena y los finos los compone 76.1%. Además, la clasificación del suelo es SUCS -CL y A-6 (13) por lo que este suelo se caracteriza por su composición arcillosa de baja plasticidad con arena.

Tabla 16

Características físico- mecánicas para la Calicata: C-3 Prog. 003+800

Características Físico – mecánicas	
Límite Líquido	40 %

Límite Plástico	22 %
Índice de Plasticidad	18 %
Máxima densidad seca	1.806 g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	19.5 %
C.B. R	5.1 %

Nota: Se puede observar que el CBR tiene un porcentaje muy bajo (5.1%) lo que indica que el material de la subrasante es de muy mala calidad.

Tabla 17

Características físico-mecánicas de la subrasante del distrito de Carampoma

Resultados finales para la subrasante del distrito de Carampoma			
	Máxima densidad seca	Óptimo contenido de Humedad	CBR 100%
C1 - Progresiva 003 +050	1.798 g/cm ³	21.1 %	5.2
C2 - Progresiva 003 +450	1.772 g/cm ³	20.8 %	4.9
C3 - Progresiva 003 +800	1.806 g/cm ³	19.5 %	5.1
Promedio	1.792 g/cm³	20.46 %	5.1

Nota: Como se observa en la tabla 17, la subrasante del distrito de Carampoma cuenta con una máxima densidad seca promedio de 1.792 g/cm³, un óptimo contenido de humedad promedio de 20.46% y un CBR promedio de 5.1; este último dato clasifica a ésta vía con una subrasante pobre, por lo que es necesario reemplazar el material o mejorarlo; ya que un CBR menor al 6% indica que este suelo no podrá soportar el peso del tránsito tanto vehicular como peatonal, por ende provocará muchas fallas y accidentes en la vía.

4.2 Resultados de la muestra experimental - Subrasante +10 % de Cal

A continuación, se muestra los resultados obtenidos de la mezcla del material de la subrasante con la adición del 10% de cal en cada una de las calicatas:

4.2.1 Calicata 1 - Progresiva 003 +050 + cal 10%

Tabla 18

Ensayo Proctor Modificado C-1 (Sub + Cal 10%)

Ensayo Proctor Modificado C-1 (Sub + Cal 10%)	
Máxima densidad seca	1.898 g/cm³
Óptimo contenido de Humedad	16.9%

Nota: Se observa que al adicionar 10% de cal al material de la progresiva 003 +050 de la subrasante esta obtiene una máxima densidad seca de 1.898 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 16.9%, incrementando los resultados de MDS de la subrasante sin aditivos la cual obtuvo 1.798 g/cm³; sin embargo, el óptimo contenido de humedad reduce su capacidad ya que para la Subrasante sin aditivos se obtiene un 21.1 %.

Tabla 19
Compactación de Moldes C-1 (Sub + Cal 10%)

Compactación de Moldes C-1 (Sub + Cal 10%)			
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/ capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm)	1.898	1.721	1.363
Contenido de Humedad (%)	17.0	16.9	16.8

Nota: En la tabla 19, se aprecia los resultados del material de la progresiva 003 +050 +cal 10%, de 3 moldes para el desarrollo del ensayo Proctor en el que la Máxima densidad seca es 1.898 g/cm³ y el contenido de humedad óptimo promedio es de 16.9%.

Tabla 20
Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-1 (Sub + Ca 10%)

Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-1 (Sub + Ca 10%)				
Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	CBR (%)
I	0.10	289	1000	28.9
II	0.10	175	1000	17.5
II	0.10	124	1000	12.4

Nota: Según la tabla 20, al adicionar 10 % de cal al material de la progresiva 003 + 050, se obtiene un CBR de 28.9% en contraste con los datos obtenidos por el material de dicha progresiva sin aditivos (5.1%) se aprecia una mejora significativa en la capacidad de soporte de la subrasante.

4.2.2 Calicata 2 - Progresiva 003 +450 + cal 10%

Tabla 21
Ensayo Proctor Modificado C-2 (Sub + Cal 10%)

Ensayo Proctor Modificado C-2 (Sub + Cal 10%)	
Máxima densidad seca	1.909 g/cm³
Óptimo contenido de Humedad	17.6%

Nota: Se observa que al adicionar 10% de cal al material de la progresiva 003 +450 de la subrasante esta obtiene una máxima densidad seca de 1.909 g/cm³ y un óptimo contenido de

humedad de 17.6%, incrementando los resultados de MDS de la subrasante sin aditivos la cual obtuvo 1.798 g/cm³; sin embargo, el óptimo contenido de humedad reduce su capacidad ya que para la Subrasante sin aditivos se obtiene un 21.1 %.

Tabla 22

Compactación de Moldes C-2 (Sub + Cal 10%)

Compactación de Moldes C-2 (Sub + Cal 10%)			
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/ capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm)	1.909	1.774	1.548
Contenido de Humedad (%)	17.7	17.6	17.5

Nota: En la tabla 22, se aprecia los resultados del material de la progresiva 003 +450 +cal 10%, de 3 moldes para el desarrollo del ensayo Proctor en el que la Máxima densidad seca es 1.909 g/cm³ y el contenido de humedad optimo promedio es de 17.6%.

Tabla 23

Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-2 (Sub + Ca 10%)

Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-2 (Sub + Ca 10%)				
Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	CBR (%)
I	0.10	301	1000	30.1
II	0.10	239	1000	23.9
II	0.10	156	1000	15.6

Nota: Según la tabla 23, al adicionar 10 % de cal al material de la progresiva 003 + 450, se obtiene un CBR de 30.1% en contraste con los datos obtenidos por el material de dicha progresiva sin aditivos (5.1%) se aprecia una mejora significativa en la capacidad de soporte de la subrasante.

4.2.3 Calicata 3 - Progresiva 003 +800 + cal 10%

Tabla 24

Ensayo Proctor Modificado C-3 (Sub + Cal 10%)

Ensayo Proctor Modificado C-3 (Sub + Cal 10%)	
Máxima densidad seca	1.914 g/cm³
Optimo contenido de Humedad	17.8 %

Nota: Se observa que al adicionar 10% de cal al material de la progresiva 003 +800 de la subrasante esta obtiene una máxima densidad seca de 1.914 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 17.8 % incrementando los resultados de MDS de la subrasante sin aditivos la cual obtuvo 1.798 g/cm³; sin embargo, el óptimo contenido de humedad reduce su capacidad ya que para la Subrasante sin aditivos se obtiene un 21.1 %.

Tabla 25

Compactación de Moldes C-3 (Sub + Cal 10%)

Compactación de Moldes C-3 (Sub + Cal 10%)			
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/ capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm)	1.914	1.768	1.584
Contenido de Humedad (%)	17.9	17.8	17.7

Nota: En la tabla 25, se aprecia los resultados del material de la progresiva 003 +800 +cal 10%, de 3 moldes para el desarrollo del ensayo Proctor en el que la Máxima densidad seca es 1.914 g/cm³ y el contenido de humedad óptimo promedio es de 17.8%.

Tabla 26

Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-3 (Sub + Ca 10%)

Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-3 (Sub + Ca 10%)				
Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	CBR (%)
I	0.10	298	1000	29.8
II	0.10	231	1000	23.1
II	0.10	147	1000	14.7

Nota: Según la tabla 26, al adicionar 10 % de cal al material de la progresiva 003 + 800, se obtiene un CBR de 29.8% en contraste con los datos obtenidos por el material de dicha progresiva sin aditivos (5.1%) se aprecia una mejora significativa en la capacidad de soporte de la subrasante.

4.2.4 Subrasante +10 % de Cal

Tabla 27

Resultados finales – subrasante +10% de cal

Resultados finales – subrasante +10% de cal			
	Máxima densidad seca	Óptimo contenido de Humedad	CBR 100%
C1 - Progresiva 003 +050	1.898 g/cm ³	16.9%	28.9
C2 - Progresiva 003 +450	1.909 g/cm ³	17.6%	30.1
C3 - Progresiva 003 +800	1.914 g/cm ³	17.8 %	29.8
Promedio	1.907 g/cm³	17.43 %	29.6

Nota: En la tabla 27, se aprecia los resultados obtenidos al adicionar 10% de cal al material de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma para la Máxima densidad seca, el óptimo contenido de humedad y el CBR al 100%, en la que se tiene los siguientes resultados promedios respectivamente 1.907 g/cm³, 17.43 % y 29.6%.

4.3 Resultados de la muestra experimental - Subrasante +10 % de Cenizas de Eucalipto

4.3.1 Calicata 1 - Progresiva 003 +050 + cenizas de eucalipto 10%

Tabla 28

Ensayo Proctor Modificado C-1 (Sub + Ce 10%)

Ensayo Proctor Modificado C-1 (Sub + Ce 10%)	
Máxima densidad seca	1.834 g/cm³
Óptimo contenido de Humedad	19.3%

Nota: Se observa que al adicionar 10% de cenizas de eucalipto al material de la progresiva 003 +050 de la subrasante esta obtiene una máxima densidad seca de 1.834 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 19.3 % incrementando los resultados de MDS de la subrasante sin aditivos la cual obtuvo 1.798 g/cm³; sin embargo, el óptimo contenido de humedad reduce su capacidad ya que para la Subrasante sin aditivos se obtiene un 21.1 %.

Tabla 29

Compactación de Moldes C-1 (Sub + Ce 10%)

Compactación de Moldes C-1 (Sub + Ce 10%)			
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/ capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm)	1.834	1.698	1.485
Contenido de Humedad (%)	19.4	19.3	19.2

Nota: En la tabla 29, se aprecia los resultados del material de la progresiva 003 +050 +cenizas de eucalipto al 10%, de 3 moldes para el desarrollo del ensayo Proctor en el que la Máxima densidad seca es 1.834 g/cm³ y el contenido de humedad óptimo promedio es de 19.3%.

Tabla 30

Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-1 (Sub + Ce 10%)

Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-1 (Sub + Ce 10%)

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	CBR (%)
I	0.10	157	1000	15.7
II	0.10	108	1000	10.8
II	0.10	62	1000	6.2

Nota: Según la tabla 30, al adicionar 10 % de cenizas de eucalipto al material de la progresiva 003 + 050, se obtiene un CBR de 15.7% en contraste con los datos obtenidos por el material de dicha progresiva sin aditivos (5.1%) se aprecia una mejora significativa en la capacidad de soporte de la subrasante.

4.3.2 Calicata 2 - Progresiva 003 +450 + cenizas de eucalipto 10%

Tabla 31

Ensayo Proctor Modificado C-2 (Sub + Ce 10%)

Ensayo Proctor Modificado C-2 (Sub + Ce 10%)	
Máxima densidad seca	1.842 g/cm³
Óptimo contenido de Humedad	18.9%

Nota: Se observa que al adicionar 10% de cenizas de eucalipto al material de la progresiva 003 +450 de la subrasante esta obtiene una máxima densidad seca de 1.842 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 18.9 % incrementando los resultados de MDS de la subrasante sin aditivos la cual obtuvo 1.798 g/cm³; sin embargo, el óptimo contenido de humedad reduce su capacidad ya que para la Subrasante sin aditivos se obtiene un 21.1 %.

Tabla 32

Compactación de Moldes C-2 (Sub + Ce 10%)

Compactación de Moldes C-2 (Sub + Ce 10%)			
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/ capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm)	1.842	1.726	1.597
Contenido de Humedad (%)	19.0	18.9	18.8

Nota: En la tabla 32, se aprecia los resultados del material de la progresiva 003 +450 +cenizas de eucalipto al 10%, de 3 moldes para el desarrollo del ensayo Proctor en el que la Máxima densidad seca es 1.842 g/cm³ y el contenido de humedad óptimo promedio es de 18.9%.

Tabla 33

Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-2 (Sub + Ce 10%)

Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-2 (Sub + Ce 10%)				
Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	CBR (%)
I	0.10	149	1000	14.9
II	0.10	107	1000	10.7

II	0.10	58	1000	5.8
----	------	----	------	-----

Nota: Según la tabla 33, al adicionar 10 % de cenizas de eucalipto al material de la progresiva 003 + 450, se obtiene un CBR de 14.9% en contraste con los datos obtenidos por el material de dicha progresiva sin aditivos (5.1%) se aprecia una mejora significativa en la capacidad de soporte de la subrasante.

4.3.3 Calicata 3 - Progresiva 003 +800 + cenizas de eucalipto 10%

Tabla 34

Ensayo Proctor Modificado C-3 (Sub + Ce 10%)

Ensayo Proctor Modificado C-3 (Sub + Ce 10%)	
Máxima densidad seca	1.836 g/cm³
Óptimo contenido de Humedad	17.9 %

Nota: Se observa que al adicionar 10% de cenizas de eucalipto al material de la progresiva 003 +800 de la subrasante esta obtiene una máxima densidad seca de 1.836 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 17.9 % incrementando los resultados de MDS de la subrasante sin aditivos la cual obtuvo 1.798 g/cm³; sin embargo, el óptimo contenido de humedad reduce su capacidad ya que para la Subrasante sin aditivos se obtiene un 21.1 %.

Tabla 35

Compactación de Moldes C-3 (Sub + Ce 10%)

Compactación de Moldes C-3 (Sub + Ce 10%)			
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/ capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm)	1.836	1.719	1.617
Contenido de Humedad (%)	18.0	17.9	17.8

Nota: En la tabla 35, se aprecia los resultados del material de la progresiva 003 +800 +cenizas de eucalipto al 10%, de 3 moldes para el desarrollo del ensayo Proctor en el que la Máxima densidad seca es 1.836 g/cm³ y el contenido de humedad óptimo promedio es de 17.9%.

Tabla 36

Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-3 (Sub + Ce 10%)

Cuadro CBR para 0.10 pulgadas de penetración C-3 (Sub + Ce 10%)				
Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	CBR (%)
I	0.10	176	1000	17.6
II	0.10	128	1000	12.8
II	0.10	74	1000	7.4

Nota: Según la tabla 36, al adicionar 10 % de cenizas de eucalipto al material de la progresiva 003 + 800, se obtiene un CBR de 17.6% en contraste con los datos obtenidos por el material de dicha progresiva sin aditivos (5.1%) se aprecia una mejora significativa en la capacidad de soporte de la subrasante.

4.3.4 Subrasante +10 % de cenizas de eucalipto

Tabla 37

Resultados finales – subrasante +10% de Cenizas de eucalipto

Resultados finales – subrasante +10% de Cenizas de eucalipto			
	Máxima densidad seca	Optimo contenido de Humedad	CBR 100%
C1 - Progresiva 003 +050	1.834 g/cm ³	19.3%	15.7
C2 - Progresiva 003 +450	1.842 g/cm ³	18.9%	14.9
C3 - Progresiva 003 +800	1.836 g/cm ³	17.9 %	17.6
Promedio	1.837 g/cm³	18.7 %	16.1

Nota: En la tabla 37, se aprecia los resultados obtenidos al adicionar 10% de cenizas de eucalipto al material de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma para la Máxima densidad seca, el óptimo contenido de humedad y el CBR al 100%, en la que se tiene los siguientes resultados promedios respectivamente 1.837 g/cm³, 18.7 % y 16.1%.

4.4 Resultados Finales

Tabla 38

Resultados finales

Resultados finales			
	Máxima densidad seca	Optimo contenido de Humedad	CBR 100%
Subrasante	1.792 g/cm ³	20.46 %	5.1
Sub + Cal 10%	1.907 g/cm ³	17.43 %	29.6
Sub + Ce 10%	1.837 g/cm ³	18.7 %	16.1
Resultado óptimo	1.907 g/cm³	20.46 %	29.6

Nota: Al apreciar el cuadro resumen de resultados, podemos realizar la comparativa de las propiedades de la subrasante con y sin aditivos, notando que al adicionar 10% de cal se logra mejorar la calidad del material, aumentando el CBR en 24.5 %, permitiendo que este material pueda ser usado y resulte óptimo para el proyecto constructivo que se pretenda desarrollar con la subrasante en estudio.

En caso de las cenizas de eucalipto, se aprecia que efectivamente puede ser usado como aditivo ya que logra mejorar las propiedades del suelo de la subrasante de la vía en estudio; sin embargo, esta no obtiene tan buenos resultados como los del aditivo de cal.

4.5 Prueba de Hipótesis

Para obtener la prueba de hipótesis para una muestra pequeña (menos a 30), se hace uso de la distribución T de Student al 95% de confianza.

La hipótesis de trabajo puesta a prueba es: Existe influencia de la cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí

Tabla 39
Estadísticas de muestra única

Estadísticas de muestra única				
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Cal y Cenizas de eucalipto al 10%	9	1,84544	,051154	,017051

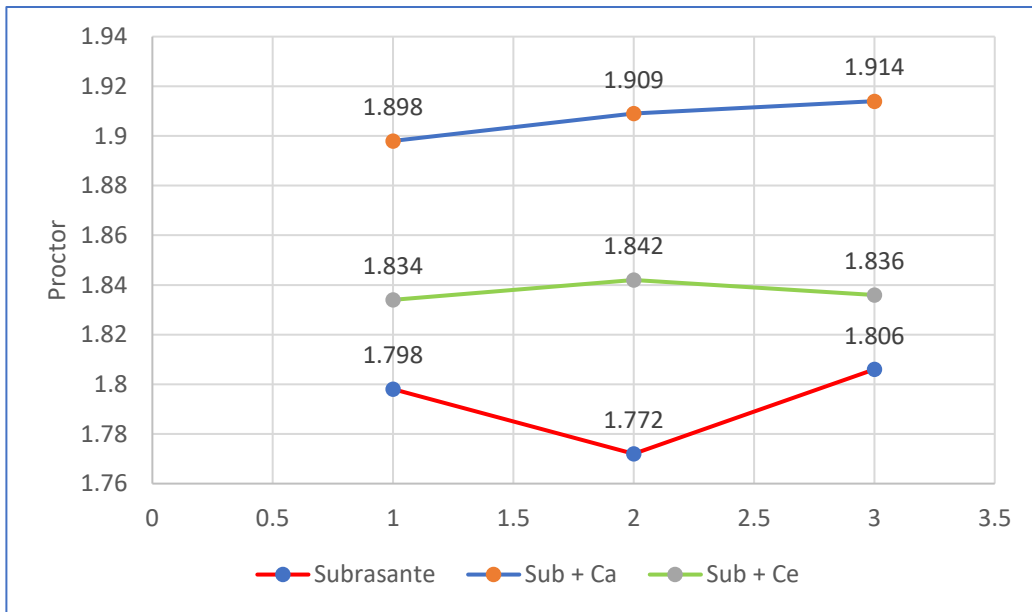
Nota: Se observa que los datos de la cal y cenizas de eucalipto obtienen una desviación estándar de 0,051154 y una media de 1,84544

Tabla 40
Prueba de muestra única

Prueba de muestra única						
Valor de prueba = 1.792						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Cal y Cenizas de Eucalipto al 10%	3,134	8	,014	,053444	,01412	,09277

Nota: Se observa que la significancia bilateral es de 0,014, valor que es menor al error de 0,05 con un 95% de confianza, estos resultados indica que se acepta la hipótesis de trabajo y se niega la hipótesis nula, por tanto, la cal y las cenizas sí tienen influencia sobre la subrasante de las vías del distrito de Carampoma.

Figura 1 Influencia de la Cal y Cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías de Carampoma



Nota: En la figura se observa los valores de la subrasante en función a los aditivos que se le agregó al 10%, apreciando que la subrasante con 10% de Cenizas de eucalipto si logrará influenciar de manera positiva en la muestra patrón, sin embargo, la adición de cal al 10% en la subrasante consigue mejores resultados.

V DISCUSIÓN

Analizando los antecedentes, se observa que Duque, Vásquez, y Orrego (2019) quienes realizaron la investigación “Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden” quienes utilizaron cemento al 5%, 7% y 13%, obteniendo una mejora del contenido de humedad en la muestra A de 45%, en la muestra B de 40%, en la muestra C de 30% y en la muestra D de 30%, en cuanto a la resistencia para la muestra A al 13% de adición de cemento 28.623,690 kg/m², para la muestra B con adición de 13% de cemento 19.618,016kg/m², para la muestra C con 13% de cemento 149.710,026 kg/m², para la muestra D con 13% de cemento 96.306,883 kg/m². Concluyendo en que el aditivo del 13% de cemento en las muestras logra estabilizar la subrasante de la vía mencionada. El cemento según el marco teórico es un aditivo químico al igual que la cal, estos dos elementos son utilizados con frecuencia en la estabilización de suelos como se observa en la presente investigación, los resultados al adicionar 10% de cenizas de eucalipto mostraron que se logra una mejora significativa del CBR en un 24.5%; de esta manera se puede afirmar que este antecedente concuerda según el procedimiento y resultados en la efectividad de los aditivos químicos para la estabilización de la subrasante.

Por otro lado contrastando con Ochoa (2019) con su investigación “Estudio experimental sobre la estabilización de una subrasante limo arcillosa con RCD-concreto fino (partículas < 2mm) para aplicación en pavimentos” quien utiliza como aditivo para la subrasante el residuo de construcción de demolición de concreto fino en 5 muestras con 0%, 20% , 40%, 60% y 100%, concluyendo que el porcentaje óptimo para estabilizar el suelo de la subrasante es de 60% obteniendo los siguientes resultados: Límite líquido - NP, Límite plástico – NP, índice de plasticidad NP; clasificación de suelos según SUCS SM y A-2-4(0); humedad óptima de 16.70%; contenido de humedad de 14.04%. Se obtuvo un CBR de 31.6%. Contrastando con el marco teórico, el tipo de aditivo que utiliza Ochoa se encuentra dentro de los aditivos sostenibles al igual que en la presente investigación se utiliza una alternativa ecosostenible con las cenizas de eucalipto las cuales al 10% si muestran mejoras aumentando el CBR en 11%, sin embargo, con el mismo porcentaje de cal se logra un 24.5% más de CBR, Por lo que si bien los resultados de Ochoa son prometedores es necesario compararlos con aditivos químicos.

En cuanto a Ramos y Lozano (2019) con su investigación “Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos” quines utilizaron la cal y las cenizas de carbon en 5 muestras una del suelo natural (S100) y cuatro experimentales (S60-C40; S80-C20; S90-C10; S60-CCM40; S80-CCM20; S90-CCM10), en la que dos de las muestras experimentales obtuvieron los mejores resultados, la muestra de 90% de suelo subrasante + cal y cenizas de carbon al 10% obtuvieron una máxima densidad seca de 1.745 gr/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 37%, la muestra de 60% de suelo subrasante + cal y cenizas de carbon al 20% obtuvieron una máxima densidad seca de 1.61 gr/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 26%. En este caso Ramos y Lozano realizaron una mezcla de cal y cenizas de carbon para estabilizar el suelo subrasante logrando mejoras significativas, lo que indica que los aditivos de diversos tipo de origen pueden ser potenciados unos contra otros, contrastando con la presente investigación podemos indicar que si bien se utilizó un aditivo ecosostenible y otro de tipo químico estos se compararon más no se vió la opción de mezclarlos.

En cuanto a Pareja (2022) con su investigación titulada “Estabilización de subrasante con adición de ceniza schinus molle en la trocha carrozable Yanakillca, Provincia Antabamba, Apurímac-2022”. En su propuesta adiciona las cenizas de schinus al 3%, 5%, 7%, 10% y 13%, concluyendo en que el 13% de adición de estas cenizas obtienen los mejores resultados mostrados a continuación: máxima densidad de 2.100 gr/cm³; contenido de humedad de 14.60%; límite líquido de 36.8%; límite plástico de 28.1%; índice de plasticidad de 8.7%; y CBR de 22.50%, contrastando con los resultados obtenidos en la presente investigación, se observa que si bien las muestras son similares por las condiciones climáticas y geográficas de las vías en estudio los resultados obtenidos con las cenizas de eucalipto muestran mayor efectividad que las cenizas de schinus molle.

Albornoz (2022) realizó la investigación “Propuesta de estabilización de capa subrasante para mejorar el comportamiento de suelos, trocha carrozable Matcor - Independencia - Huaraz - Ancash – 2021” se realizó dos calicatas, a las que se le añadió 10%, 15% y 20% de cal, y una mezcla equitativa de cal y cemento al 5%, 7.5% y 10%, haciendo un total de 12 muestras. Concluyendo en que la mezcla de 10% de cal y 10% de cemento logra estabilizar las condiciones de la subrasante de

la trocha mencionada, en la primera calicata los valores son modificados de la siguiente manera: contenido de humedad de 4.26 %, un límite líquido de 29.01% , un límite plástico de 26.85%, un índice de plasticidad de 2.16%, una máx. densidad de 2.136 gr/cm³, una humedad óptima de 7.30% y un CBR de 51.9%; para la segunda calicata con la adición de 10% de cal y 10% de cemento se logró las siguientes mejoras: contenido de humedad de 7.49%, un límite líquido de 29.89% , un límite plástico de 27.78%, un índice de plasticidad de 2.11%, una máx. densidad de 2.154 gr/cm³, una humedad óptima de 8.83% y un CBR de 55.2%. Albornoz logró mezclar dos aditivos de químicos, la cal y el cemento, logrando potenciar la subrasante de su vía en estudio en contraste con los resultados de la presente investigación observamos que al utilizar un aditivo químico como la cal, se obtiene una muy buena mejora, y según los antecedentes que se han estado observando al usar este elemento se obtiene buenos resultados.

Finalizando con Alva (2021) en su tesis “Estabilización de subrasantes blandas con agregados binarios en trochas carrozables, carretera Sandia – Yanahuaya, Puno 2021” quien utilizó como reemplazo el material de una cantera de agregados de cerro CA y una cantera con agregados de origen de río CB en tres dosificaciones: suelo natural +10% de CA + 20% de CB, suelo natural +15% de CA + 15% de CB y suelo natural +20% de CA + 10% de CB, concluyendo que la dosificación más apropiada para estabilizar el suelo subrasante de la vía en estudio fue el de suelo natural + 20% de CA + 10% de CB, el cual incrementa la máxima densidad de la subrasante (1.550 gr/cm³), mientras que el valor del CBR (1.510 gr/cm³) y el módulo de resiliencia (17264.79 psi) aumenta con la mezcla del suelo natural +15% de CA + 15% de CB. Como se aprecia en la investigación de Alva, otro método efectivo para la estabilización de suelos es realizar mezclas con materiales de canteras aledañas a las vías en estudio, sin embargo, en contraste con la presente investigación es importante que se pueda buscar métodos que permitan la sostenibilidad y el cuidado del ecosistema, ya que los materiales de las canteras sin finitos, por tanto, su extracción afecta a la geografía y recursos con los que cuentan las canteras.

VI CONCLUSIONES

De acuerdo con el objetivo general de determinar si existe influencia de la cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí. Se realizó una evaluación del material de la subrasante de la vía antes y después de agregar los aditivos a base de cal y cenizas de eucalipto al 10% cada uno, obteniendo las siguientes conclusiones.

1. Se concluye de acuerdo con la evaluación de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma que el material no era resistente debido a que obtuvo una máxima densidad seca de 1.792 g/cm^3 , un óptimo contenido de humedad 20.46 % y un CBR al 100% de 5.1%, lo que indica que la subrasante es muy pobre, no serviría para un afirmado como tampoco como base de una carpeta asfáltica.
2. Se concluyen que a raíz de la evaluación de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma con 10% de cenizas de eucalipto en donde se obtuvo una máxima densidad seca de 1.837 g/cm^3 , un óptimo contenido de humedad 18.7 % y un CBR al 100% de 16.1%, se puede afirmar que efectivamente esta propuesta ecosostenible del uso de cenizas de eucalipto logra influenciar de manera positiva en la subrasante de la vía en estudio.
3. Se concluyen en base a la evaluación de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma con 10% de cal en donde se obtuvo una máxima densidad seca de 1.907 g/cm^3 , un óptimo contenido de humedad 17.43 % y un CBR al 100% de 29.6%, que la cal como aditivo de estabilización de suelos cumple con efectividad su propósito.

VII RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar difundiendo las prácticas científicas, profundizando en las bases teóricas, con el fin de acrecentar el conocimiento en aditivos, y elementos necesarios en la construcción para realizar propuestas novedosas que reduzcan los costes y promuevan el desarrollo social.

Se recomienda aplicar propuestas ecosostenibles a base de eucalipto en nuevos proyectos constructivos con diversas dosificaciones, de tal manera que se pueda conocer cuál sería el porcentaje óptimo para tener mayores mejoras en el material de las subrasantes, para que este sea utilizado de manera práctica permitiendo la reducción de la inversión en proyectos viales.

Se recomienda continuar con investigaciones con propuesta ecosostenibles que reduzcan el impacto ambiental que tienen los productos químicos, en los diferentes materiales para construcción, llámense aditivos, conglomerantes, agregados, los cuales puedan ser reemplazados o potenciados evitando la contaminación ambiental.

REFERENCIAS

- AASHTO T-180. (2022). *Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54-kg (10-lb) Rammer and a 457-mm (18-in.) Drop*. Washington: DC: Store AASHTO. Retrieved from <https://store.transportation.org/item/publicationdetail/4812>
- AASHTO T-193. (2022). *Standard Method of Test for The California Bearing Ratio*. Washington: DC: Store AASHTO. Retrieved from <https://store.transportation.org/Item/PublicationDetail?ID=4816>
- AASHTO T-265. (2022). *Standard Method of Test for Laboratory Determination of Moisture Content of Soil*. Washington: DC: Store AASHTO. Retrieved from <https://store.transportation.org/Item/PublicationDetail?ID=4843>
- AASHTO T-88. (2020). *Standard Method of Test for Particle Size Analysis of Soils*. Washington: DC: Store AASHTO. Retrieved from <https://store.transportation.org/Item/PublicationDetail?ID=4773>
- AASHTO T-89. (2022). *Standard Method of Test for Determining the Liquid Limit of Soils*. Washington: DC: Store AASHTO. Retrieved from <https://store.transportation.org/Item/PublicationDetail?ID=4774>
- AASHTO T-90. (2022). *Standard Method of Test for Determining the Plastic Limit and Plasticity Index of Soils*. Washington: DC: Store AASHTO. Retrieved from <https://store.transportation.org/Item/PublicationDetail?ID=4775>
- Albornoz, S. (2022). *Propuesta De Estabilización De Capa Subrasante Para Mejorar El Comportamiento De Suelos, Trocha Carrozable Matcor - Independencia - Huaraz - Ancash – 2021*. Huaraz: Repositorio de la universidad César Vallejo. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12692/91941>
- Alva, D. (2021). *Estabilización de subrasantes blandas con agregados binarios en tro chas carrozables, carretera Sandia – Yanahuaya, Puno 2021*. Lima: Repositorio de la Universidad César Vallejo. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12692/86083>
- ASTM D-1557. (2021). *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-*

- m/m3)). West Conshohocken, PA: ASTM International. Retrieved from <https://www.astm.org/d1557-12r21.html>
- ASTM D-1883. (2016). *Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils*. West Conshohocken: PA: ASTM International. Retrieved from <https://www.astm.org/d1883-21.html>
- ASTM D-2216. (2019). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*. West Conshohocken: PA: ASTM International. Retrieved from <https://www.astm.org/d2216-19.html>
- ASTM D-422. (2016). *Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils*. West Conshohocken: PA: ASTM International. Retrieved from <https://www.astm.org/d0422-63r07e02.html>
- ASTM D-4318. (2017). *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. West Conshohocken: PA: ASTM International. Retrieved from <https://www.astm.org/d4318-17e01.html>
- Baena, G. (2017). *Metodología de la Investigación*. México D.F: Grupo Editorial Patria. Retrieved from http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación* (tercera ed.). Bogotá: Pearson Educación. Retrieved from <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- Creswell, J. (2014). *Research Design. Qualitative, quantitative and mixed methods approaches* (cuarta ed.). Lincoln: Thousand Oaks. Retrieved from <https://www.docdroid.net/XAQ0IXz/creswell-research-design-qualitative-quantitative-and-mixed-methods-approaches-2018-5th-ed-pdf#page=22>
- CYMPER. (2015, agosto 12). *Tipos de cal utilizadas en la construcción*. Retrieved from <https://www.cymper.com/blog/tipos-de-cal-utilizadas-en-la-construccion/>
- Duque, Vásquez, & Orrego. (2019). *Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden*. Pereira: Universidad libre seccional Pereira. Retrieved from

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17878/MEJORAMIENTO%20DE%20SUBBRASANTE%20EN%20VIAS%20DE%20TERCER%20ORDEN.pdf?sequence=1>

FAO y PNUMA. (2020). *El estado de los bosques del mundo 2020: Los bosques, la diversidad y las personas*. Roma: FAO. doi:10.4060/ca8642es

Fracica, G. (1988). *Modelo de simulación en muestreo*. Bogotá: Universidad de La Sabana. Retrieved from <https://biblioteca.konradlorenz.edu.co/cgi-bin/koha/opac-ISBDdetail.pl?biblionumber=2209>

Gil, M., Dias, L., & Candeias, M. J. (2016). Tipos e usos de cal na pintura mural do século XVI e XVII no Alentejo (Exemplos). *Actas do V Jornadas Fical-Fórum Ibérico da Cal*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/306098592_Milene_Gil_Luis_Dias_Antonio_candeias_and_Jose_Mirao_2016_%27_Tipos_e_usos_de_cal_na_pintura_mural_do_seculo_XVI_e_XVII_no_Alentejo_Exemplos%27_Actas_do_V_Jornadas_Fical-Forum_Iberico_da_Cal_laboratorio_N

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México D.F: Mc Graw Hill Education. Retrieved from <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Javier, O. (2022, junio 03). Generalidades y tipos de aditivos para el concreto según la NTC 1299. *360 Concreto*, 50-62. Retrieved from <https://360enconcreto.com/blog/detalle/generalidades-tipos-de-aditivos-para-el-concreto/#:~:text=Los%20aditivos%20seg%C3%BAn%20la%20NTC,Tipo%20B%3A%20Retardante.>

LIME. (2004). *Lime- treated soil construction manual*. L.A.: National Lime Association. Retrieved from https://www.graymont.com/sites/default/files/pdf/tech_paper/lime_treated_soil_construction_manual.pdf

Maldonado, H., & Orellana, A. (2009). *Guía básica para estabilización de suelos con cal en camino de baja intensidad*. San Salvador: Universidad de El Salvador. Retrieved from <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2138>

- Martínez, G., Hernández, J., López, T., & Menchaca, C. (2015). *Materiales sustentables y reciclados en la construcción*. México DF: Omnia Science. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Urena-Nunez/publication/289538389_Materiales_provenientes_del_reciclado_de_envases_de_Tetra_Pak_y_su_uso_en_concreto/links/568fe6d008aee91f69a13812/Materiales-provenientes-del-reciclado-de-envases-de-Tetra-Pak
- McDowell, C. (1959). Stabilization of Soils with Lime, Lime-Flyash, and Other Lime Reactive Materials. *Highway Research Board Bulletin*, 60-66. Retrieved from <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/hrbulletin/231/231-004.pdf>
- Ministerio de salud de Chile. (2020). Eucalipto/Eucaliptus. *Medicamentos herbarios tradicionales- MHT*, 71-72. Retrieved from <https://www.minsal.cl/portal/url/item/7d98ad06d32f83d5e04001011f016dbb.pdf>
- MTC. (2008). *Manual de diseño de Carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Retrieved from <http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito.pdf>
- MTC. (2014). *Manual de carreteras: Suelos geología, geotécnica y pavimentos*. Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Retrieved from https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf
- MTC. (2015). *Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción*. Lima: Ministerio de transporte y Comunicaciones. Retrieved from [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20\(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%20](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%20)
- MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima: Ministerio de transporte y comunicaciones. Retrieved from

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

MTC. (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Lima: Ministerio de transporte y comunicaciones. Retrieved from http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1556.pdf

MTC. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico*. Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones. Retrieved from https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

MTC E- 108. (2016). *Determinación del contenido de humedad de un suelo*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF). Retrieved from <https://es.scribd.com/document/179619233/Mtc-e-108-2000-Metodo-e-Ensayo-Para-Determinar-El-Contenido-de-Humedad-de-Un-Suelo>

MTC E-107. (2016). *Análisis granulométrico de suelos por tamizado*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF). Retrieved from <https://es.scribd.com/document/368494467/MTC-E-107>

MTC E-110. (2016). *Determinación del límite líquido de los suelos*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF). Retrieved from <https://studylib.es/doc/6267343/mtc-e-110---2000-determinaci%C3%B3n-del-l%C3%ADmite-l%C3%ADquido-de-los-...>

MTC E-111. (2016). *Determinación del límite plástico e Índice de plasticidad*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF). Retrieved from <https://es.scribd.com/document/143669820/MTC-E-111-2000-DETERMINACION-DEL-LIMITE-PLASTICO-E-INDICE-DE-PLASTICIDAD>

MTC E-115. (2016). *Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor modificado)*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF). Retrieved from https://www.academia.edu/7117712/MANUAL_DE_ENSAYO_DE_MATERIALES_EM_2000

MTC E-116. (2016). *Compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar (Proctor estándar)*. Lima: Dirección General de Caminos y

- Ferrocarriles (DGCF). Retrieved from https://www.academia.edu/7117712/MANUAL_DE_ENSAYO_DE_MATERIALES_EM_2000
- MTC E-132. (2016). *CBR de suelos*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF). Retrieved from https://www.academia.edu/7117712/MANUAL_DE_ENSAYO_DE_MATERIALES_EM_2000
- NTC- 1299. (2008, diciembre 16). Concretos: Aditivos químicos para concreto. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (INCOTEC)*, 4. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/557091672/Ntc-1299-de-2008-aditivos-Quimicos-Para-Concreto#>
- Ochoa, R. (2019). *Estudio experimental sobre la estabilización de una subrasante limo arcillosa con RCD-concreto fino (partículas < 2mm) para aplicación en pavimentos*. Foz do Iguaçu: Universidad Federal da Integração Latino-Americana. doi:10.53313/gwj510153/gwj51015
- Pareja, B. (2022). *Estabilización de subrasante con adición de ceniza schinus molle en la trocha carrozable Yanakillca, Provincia Antabamba, Apurímac-2022*. Lima: Repositorio de la Universidad César Vallejo. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12692/87709>
- Payá, J. (2012). La "transmutación" sostenible de los residuos para nuevas materias primas en el ámbito del concreto. *Universidad Nacional de Colombia, Medellín*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/496/49624956007.pdf>
- Pérez, N., Pérez, A., & Garnica, P. (2019). *Evaluación del óxido de calcio (estabilical) como estabilizador de suelos*. México DF: Instituto mexicano de Transporte. Retrieved from <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt560.pdf>
- Ramos, J., & Lozano, J. (2019). *Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos*. Bogota D.C: Universidad Católica de Colombia. Retrieved from <https://hdl.handle.net/10983/24277>

- Rivera, J., Guerrero, A., Gutiérrez, R., & Orobio, A. (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión). *Informador Técnico*, 84(2), 2002-2026. Retrieved from <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.6856>
- Solano, J. (2020). *Influencia de la ceniza de hojas de eucalipto en las propiedades del concreto simple para mortero en muros no portantes*. Huancayo: Universidad Peruana los Andes. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12848/2023>
- Supo, F., & Cavero, H. (2014). *Fundamentos teóricos y procedimentales de la investigación científica en ciencias sociales*. Lima: El Universitario. Retrieved from <https://www.felipesupo.com/wp-content/uploads/2020/02/Fundamentos-de-la-Investigaci%C3%B3n-Cient%C3%ADfica.pdf>
- Usedo, R. (2015). *Estudio y análisis de la utilización de la cal para el patrimonio arquitectónico*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Retrieved from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/60200/Memoria.pdf>

ANEXOS

Tabla 41 Matriz de Consistencia

TÍTULO DE LA TESIS: Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí, 2022

Alumno: Kenny Anderson Osos Mendoza

Problema	Objetivo	Hipótesis	Var	Dimensiones
General				
¿Existe influencia de la cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí?	Determinar si existe influencia de la cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí	Existe influencia de la cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí	Independiente: Cal y Cenizas de eucalipto	Cal al 10% Cenizas de Eucalipto al 10%
Específico				
¿Existe influencia del porcentaje de la cal en las características físico-mecánicas de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí?	Determinar si existe influencia del porcentaje de la cal en las características físico-mecánicas de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí	Existe influencia del porcentaje de la cal en las características físico-mecánicas de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí	Dependiente: Subrasante	Características físico – mecánicas con cal y cenizas de eucalipto
¿Existe influencia del porcentaje de cenizas de eucalipto en las características físico-mecánicas de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí?	Determinar si existe influencia del porcentaje de las cenizas de eucalipto en las características físico-mecánicas de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí	Existe influencia del porcentaje de las cenizas de eucalipto en las características físico-mecánicas de la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí	Dependiente: Subrasante	Características físico – mecánicas sin cal y cenizas de eucalipto

Tabla 42 Matriz de operacionalización

TÍTULO DE LA TESIS: Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí, 2022

Alumno: Kenny Anderson Osorez Mendoza

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable Independiente Cal y cenizas de Eucalipto	Gil, Dias, & Candeias (2016) mencionan que los aditivos son Materiales suplementarios que permiten subsanar de manera general o parcial las deficiencias del material de los suelos, estos pueden tener un origen químico (cal) o natural (cenizas de eucalipto)	La cal y las cenizas de eucalipto son elementos de diversos orígenes que permiten potenciar las propiedades de los suelos deficientes al ser utilizados como aditivos.	Cal al 10%	Composición química	Hojas de registro en Excel.
			Cenizas de eucalipto al 10%	Composición química	
Variable Dependiente Subrasante	Manual de carreteras: suelos, geología, geotécnica y pavimentos (2013) Es una capa edificada mediante el movimiento de tierras (corte y relleno), el mismo que sirve de asiento directo para el afirmado o el pavimento.	Es una capa compuesta principalmente por material pedregoso, que sirve como base del afirmado y/o el pavimento	Características físico-mecánicas con y sin cal y cenizas de eucalipto	Granulometría	Hojas de registro en Excel.
				Humedad natural	
				Límites de Atterberg	
				Proctor	
				CBR	

Figura 2 Formato de registro para análisis granulométrico por tamizado

Ingeniería especializada S.A.C.		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
Obra : "Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí, 2022"							
Solicitante : Kenny Anderson Osoreo Mendoza							
Material : Cantera : Muestra : Provincia : Ubic. Muestreo : Lado :						Cód. Ensayo N° : Ing. Resp.: Tec. Resp.:	
Acceso : Calicata : - Prof.: - Fecha: Oct-22							
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Afirmado A-1	Descripción
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg)
3"	76.200						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr)
2 1/2"	63.500						2. Características
2"	50.800						Tamaño Máximo
1 1/2"	38.100						Tamaño Máximo Nominal
1"	25.400						Grava (%)
3/4"	19.000						Arena (%)
1/2"	12.700						Finos (%)
3/8"	9.520						Módulo de Fineza (%)
1/4"	6.350						3. Clasificación
N° 4	4.750						Límite Líquido (%)
N° 6	4.750						Límite Plástico (%)
N° 8	2.360						Índice de Plasticidad (%)
N° 10	2.000						Clasificación SUCS
N° 16	1.190						Clasificación AASHTO
N° 20	0.850						4. Descripción:
N° 30	0.600						
N° 40	0.420						
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150						5. Observaciones (Fuente de Normalización)
N° 200	0.074						Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2000)
Pasante							

CURVA GRANULOMETRICA

Nota:
 * La muestra fue tomada en campo por el peticionario.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar

Figura 3 Formato de registro para Contenido de Humedad


		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO																									
CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108 / ASTM D-2216)																											
Obra : "Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022"																											
Solicitante : Kenny Anderson Osoros Mendoza																											
Material :	:		Cód. Ensayo N° :																								
Cantera :	:		Ing.Resp.:																								
Muestra :	:	Acceso:	Tec.Resp.:																								
Provincia :	:	Calicata :	-																								
Ubic. Muestreo :	:	Prof.:	-																								
Lado:	:	Fecha:	Oct-22																								
<p>1. Contenido de Humedad Muestra Integral :</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de tara (gr)</td> <td style="text-align: center;">37.3</td> <td style="text-align: center;">36.1</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + muestra húmeda (gr)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + muestra seca (gr)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del agua contenida (gr)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (gr)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad Promedio (%)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Descripción	1	2	Peso de tara (gr)	37.3	36.1	Peso de la tara + muestra húmeda (gr)			Peso de la tara + muestra seca (gr)			Peso del agua contenida (gr)			Peso de la muestra seca (gr)			Contenido de Humedad (%)			Contenido de Humedad Promedio (%)		
Descripción	1	2																									
Peso de tara (gr)	37.3	36.1																									
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)																											
Peso de la tara + muestra seca (gr)																											
Peso del agua contenida (gr)																											
Peso de la muestra seca (gr)																											
Contenido de Humedad (%)																											
Contenido de Humedad Promedio (%)																											
<p>Nota:</p> <p>* La muestra fue tomada en campo por el peticionario.</p> <p>* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.</p>																											
Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar																											

Figura 4 Formato de registro para Límites de Consistencia


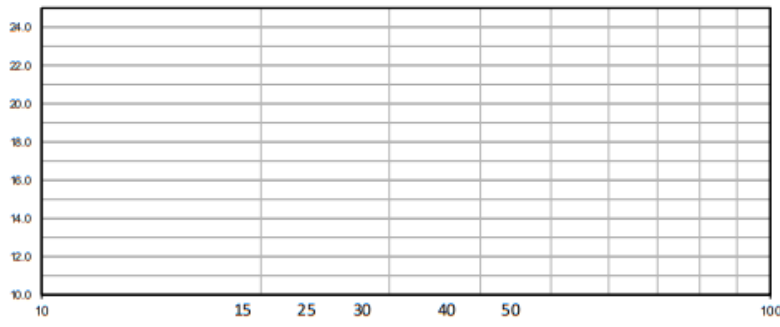
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				
LIMITES DE CONSISTENCIA <small>NORMA (MTC E 110-111 / ASTM D-4318 7 AASHTO T-90, T-89)</small>				
Obra : "Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí, 2022"				
Solicitante : Kenny Anderson Osores Mendoza				
Material : : Cantera : : Muestra : : Provincia : : Ubic. Muestreo : : Lado: :	Cód. Ensayo N° : Ing.Resp.: Tec.Resp.:			
Acceso: Calicata : - Prof.: - Fecha: Oct-22				
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO				
N° de Tarro	4	7	12	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso de Tarro	gr.			
Peso de Agua	gr.			
Peso del Suelo Seco	gr.			Limite Líquido
Contenido de Humedad	%			
Numero de Golpes				
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD				
N° de Tarro	3	9		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.			
Peso de Tarro	gr.			
Peso de Agua	gr.			
Peso de Suelo seco	gr.			Limite Plástico
Contenido de Humedad	%			
228.2				
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES		Constantes Físicas de la Muestra		
		Limite Líquido		
		Limite Plástico		
		Indice de Plasticidad		
		Observaciones		
		Pasante Tamiz N° 40		
Nota: * La muestra fue tomada en campo por el peticionario. * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C. Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar				

Figura 5 Formato de registro para Relación densidad - Humedad (PROCTOR)


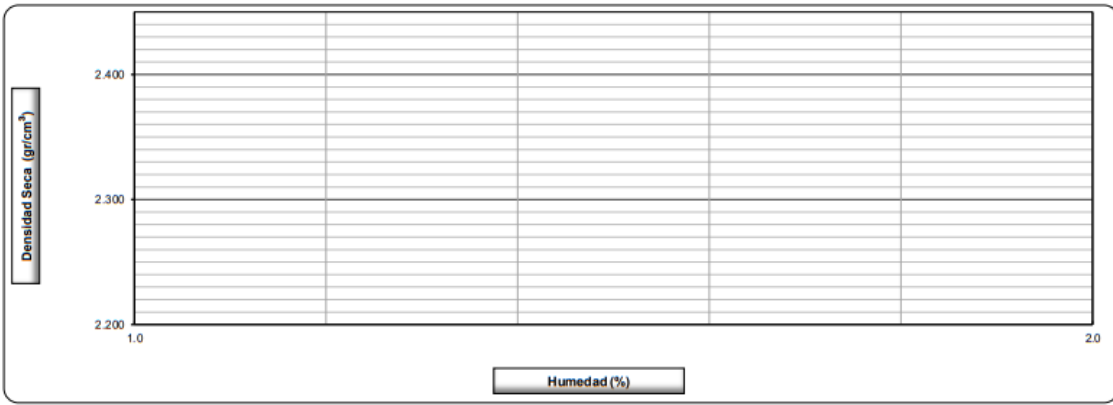

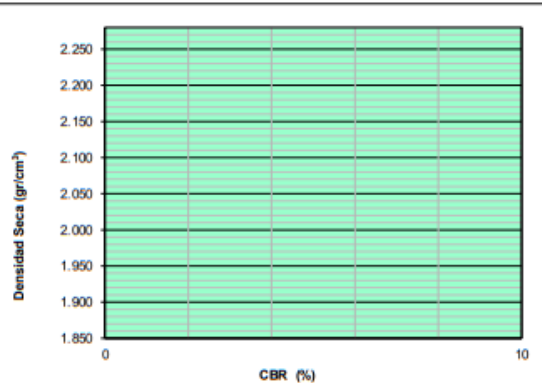
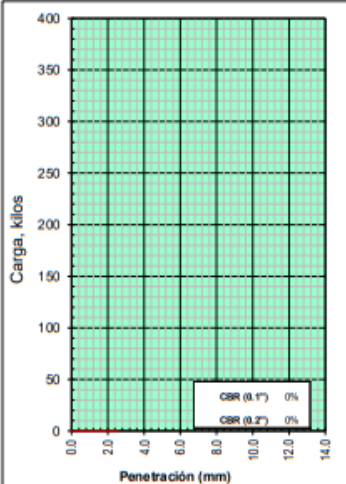
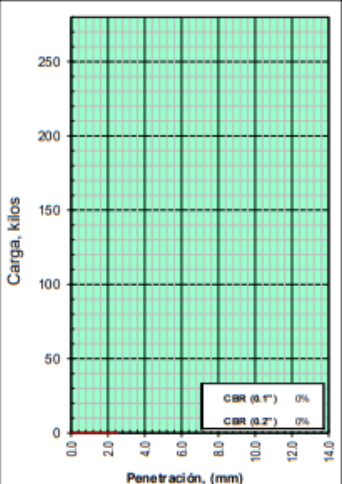
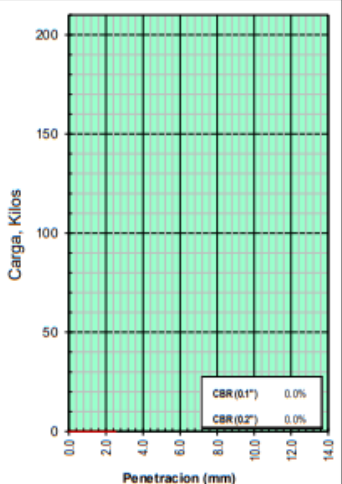
		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)							
<small>(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)</small>							
Obra : "Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022"							
Solicitante : Kenny Anderson Osres Mendoza							
Material : : Cantera : : Muestra : : Provincia : : Ubic. Muestreo : : Lado : :						Cód. Ensayo N° : C-0004 Ing.Resp.: Tec.Resp.:	
						Calicata : - Prof.: - Fecha: Oct-22	
Molde N° 1		Diametro Molde		Peso Molde		N° de capas	
		4" 6"		6365.0 m3.		5	
Método		A B C		Volumen Molde		N° de golpes	
				2066 gr.		56Glp.	
NUMERO DE ENSAYOS							
				1	2	3	4
Peso Suelo + Molde				gr.			
Peso Suelo Humedo Compactado				gr.			
Peso Volumetrico Humedo				gr.			
Recipiente Numero							
Peso Suelo Humedo + Tara				gr.			
Peso Suelo Seco + Tara				gr.			
Peso de la Tara				gr.			
Peso del agua				gr.			
Peso del suelo seco				gr.			
Contenido de agua				%			
Densidad Seca				gr/cc			
RESULTADOS							
Densidad Máxima Seca				(gr/cm3)	Humedad óptima		%
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA							
							
OBSERVACIONES :							
Nota: * La muestra fue tomada en campo por el peticionario. * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.							
Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar							

Figura 6 Formato de registro para Relación de capacidad de soporte, CBR -I



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO																				
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR																				
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)																				
Obra : "Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022"																				
Solicitante : Kenny Anderson Osoros Mendoza																				
Material : Cantera : Muestra : Provincia : Ubic. Muestreo : Lado :												Cód. Ensayo N° : C-0004								
												Ing.Resp.: 0 Tec.Resp.: 0								
Calicata : Prof. : Fecha :																				
CALCULO DEL CBR																				
Molde N°	23					24					22									
Capas N°	5					5					5									
Golpes por capa N°	96					25					12									
Condición de la muestra	NO SATURADO					SATURADO					NO SATURADO					SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)																				
Peso de molde (g)																				
Peso del suelo húmedo (g)																				
Volumen del molde (cm³)																				
Densidad húmeda (g/cm³)																				
Tara (N°)																				
Peso suelo húmedo + tara (g)																				
Peso suelo seco + tara (g)																				
Peso de tara (g)																				
Peso de agua (g)																				
Peso de suelo seco (g)																				
Contenido de humedad (%)																				
Densidad seca (g/cm³)																				
EXPANSION																				
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION										
				mm	%		mm	%		mm	%									
PENETRACION																				
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-23		MOLDE N°		M-24		MOLDE N°		M-22						
		STAND.		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION						
mm	pulg.	kg/cm2	Pantalla (kg)	kg	kg	%	Pantalla (kg)	kg	kg	%	Pantalla (kg)	kg	kg	%						
Anillo: 5000 Libras																				
OBSERVACIONES :																				
Nota:																				
* La muestra fue tomada en campo por el peticionario.																				
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.																				
Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar																				

Figura 7 Formato de registro para Relación de capacidad de soporte, CBR -II

 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO																			
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR																			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)																			
Obra : "Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022"																			
Solicitante : Kenny Anderson Osoros Mendoza																			
Material : Cantera : Muestra : Provincia : Ubic. Muestr: Lado :	Cód. Ensayo N° : Ing.Resp.: Tec.Resp.: Calicata : Prof.: Fecha:																		
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR																			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>METODO DE COMPACTACION</td> <td>: AASTHO T-180</td> </tr> <tr> <td>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</td> <td>:</td> </tr> <tr> <td>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td>:</td> </tr> <tr> <td>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</td> <td>:</td> </tr> <tr> <td>90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</td> <td>:</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">RESULTADOS:</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"</td> <td>= %</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"</td> <td>= %</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"</td> <td>= %</td> </tr> </table> OBSERVACIONES: <hr/> <hr/>	METODO DE COMPACTACION	: AASTHO T-180	MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	RESULTADOS:		Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= %	Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= %	Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"	= %
METODO DE COMPACTACION	: AASTHO T-180																		
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:																		
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:																		
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:																		
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:																		
RESULTADOS:																			
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= %																		
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= %																		
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"	= %																		
EC = 56 GOLPES	EC = 25 GOLPES	EC = 12 GOLPES																	
																			
<p>Nota:</p> <p>* La muestra fue tomada en campo por el peticionario.</p> <p>* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.</p>																			
Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar																			

Resultados de laboratorio

Figura 8 Ensayo de Granulometría C -1 prog. 003 +050

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO	Código	C3-Suelo-001	
	CERTIFICADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión	01	
		Fecha	04-01-21	
		Página	1 de 1	

Expediente N° : 3011-2022
 Nombre del testista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osoreo Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 30-11-22

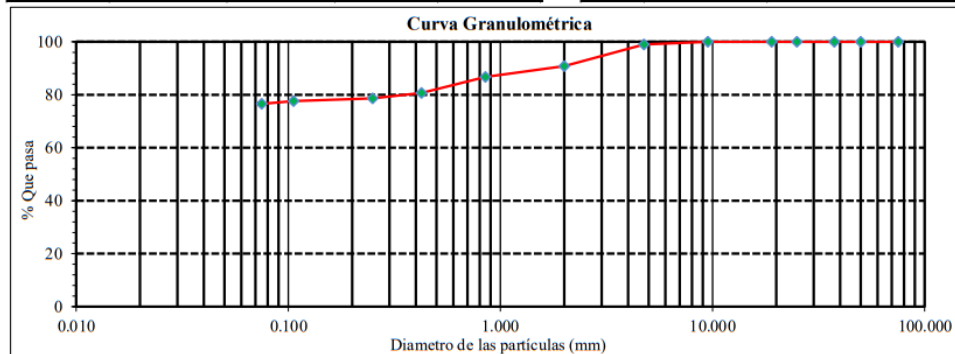
Calicata : C-1 Prog. 003+050
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico NTP 339.128:1999 (revisada el 2019)				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
½ in.	9.500	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	1.0	1.0	99.0
No. 10	2.000	8.2	9.2	90.8
No. 20	0.850	4.1	13.3	86.7
No. 40	0.425	6.1	19.4	80.6
No. 60	0.250	2.0	21.4	78.6
No. 140	0.106	1.0	22.4	77.6
No. 200	0.075	1.0	23.4	76.6
Fondo		76.6	100.0	0.0

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelo NTP 339.129:1999 (revisada el 2019)	
Límite Líquido	38
Límite Plástico	21
Índice de Plasticidad	17

Fracciones Granulométricas		SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo NTP 339.127:1998 (revisada el 2019)	
% Grava	1.0	% Contenido de humedad	14.1
% Arena	22.4		
% Finos	76.6		

SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS) NTP 339.134:1999 (revisada el 2019)		SUELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte NTP 339.135:1999 (revisada el 2019)	
Símbolo	CL	A-6 (12)	
Nombre	Arcilla de baja plasticidad con arena		



NOTAS:



- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

Figura 9 Ensayo de Granulometría C -2 prog. 003 +450

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO	Código	C3-Suelo-001	
	CERTIFICADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión	01	
		Fecha	04-01-21	
		Página	1 de 1	

Expediente N° : 3011-2022
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osores Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 30-11-22

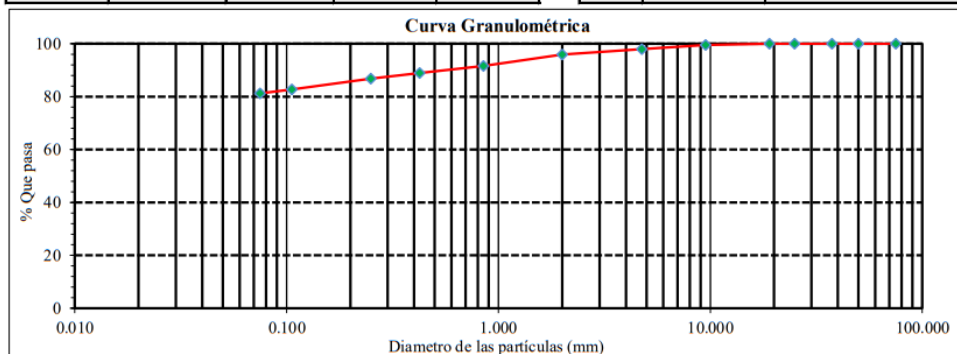
Calicata : C-2 Prog. 003+450
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico NTP 339.128:1999 (revisada el 2019)				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
½ in.	9.500	0.5	0.5	99.5
No. 4	4.750	1.5	2.0	98.0
No. 10	2.000	2.0	4.1	95.9
No. 20	0.850	4.4	8.4	91.6
No. 40	0.425	2.6	11.1	88.9
No. 60	0.250	2.1	13.2	86.8
No. 140	0.106	4.1	17.3	82.7
No. 200	0.075	1.5	18.8	81.2
Fondo		81.2	100.0	0.0

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelo NTP 339.129:1999 (revisada el 2019)	
Límite Líquido	39
Límite Plástico	23
Índice de Plasticidad	16

Fracciones Granulométricas		SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo NTP 339.127:1998 (revisada el 2019)	
% Grava	2.0	% Contenido de humedad	16.4
% Arena	16.8		
% Finos	81.2		

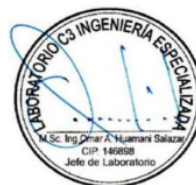
SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS) NTP 339.134:1999 (revisada el 2019)		SUELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte NTP 339.135:1999 (revisada el 2019)	
Símbolo	CL	A-6 (13)	
Nombre	Arcilla de baja plasticidad con arena		



NOTAS:



- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPE: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junin
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

Figura 10 Ensayo de Granulometría C -3 prog. 003 +800

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO	Código	C3-Suelo-001	
	CERTIFICADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión	01	
		Fecha	04-01-21	
		Página	1 de 1	

Expediente N° : 3011-2022
 Nombre del testista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osoreo Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 30-11-22

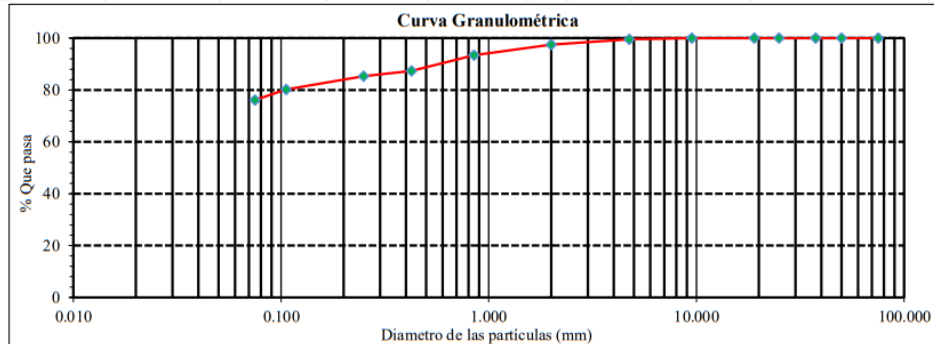
Calicata : C-3 Prog. 003+800
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico NTP 339.128:1999 (revisada el 2019)				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
½ in.	9.500	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	0.5	0.5	99.5
No. 10	2.000	2.0	2.5	97.5
No. 20	0.850	4.1	6.6	93.4
No. 40	0.425	6.1	12.7	87.3
No. 60	0.250	2.0	14.7	85.3
No. 140	0.106	5.1	19.8	80.2
No. 200	0.075	4.1	23.9	76.1
Fondo		76.1	100.0	0.0

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelo NTP 339.129:1999 (revisada el 2019)	
Límite Líquido	40
Límite Plástico	22
Índice de Plasticidad	18

Fracciones Granulométricas		% Contenido de humedad
% Grava	0.5	
% Arena	23.4	
% Finos	76.1	
		15.2

SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS) NTP 339.134:1999 (revisada el 2019)		SUELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte NTP 339.135:1999 (revisada el 2019)	
Símbolo	CL	A-6 (13)	
Nombre	Arcilla de baja plasticidad con arena		



NOTAS:



- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

Figura 11 Ensayo Proctor C -1 prog. 003 +050

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO	Código	C3-FOR-S-PROC	
	SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m ² (56 000 pie-lbf/ft ²))	Versión	01	
	NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)	Fecha	04-01-21	
		Página	1 de 2	

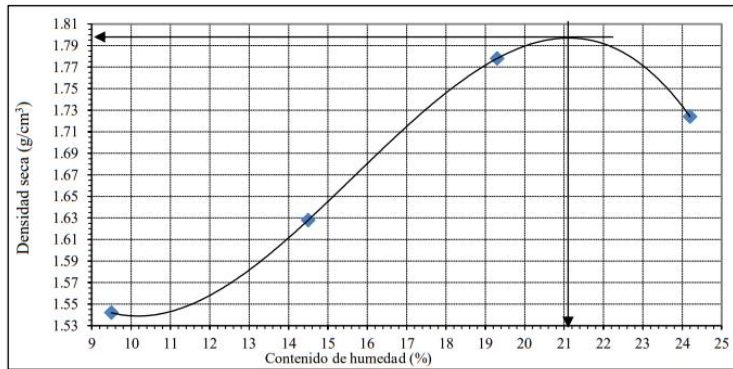
Expediente N° : 3011-2022
 Nombre del testista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osores Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 30-11-22

Método de ensayo Tipo "A"

Calicata : C-1 Prog. 003+050
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.798 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 21.1 %

% Contenido de humedad	9.5	14.5	19.3	24.2
Densidad seca (g/cm³)	1.542	1.628	1.778	1.724



NOTAS:



- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junin
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

Figura 12 Ensayo CBR C -1 prog. 003 +050

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO SUELOS. Método de ensayo normalizado in situ para CBR (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte) de suelos NTP 339.175:2002 (revisada el 2015)	Código C3-FOR-S-CBR	
	Versión 01		
	Fecha 04-01-21		
	Página 2 de 2		

Expediente N° : 3011-2022
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osoreo Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 30-11-22

Datos de la muestra:

Calicata : C-1 Prog. 003+050
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141

Máxima densidad seca : 1.798 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 21.1 %

b).- Compactación de moldes

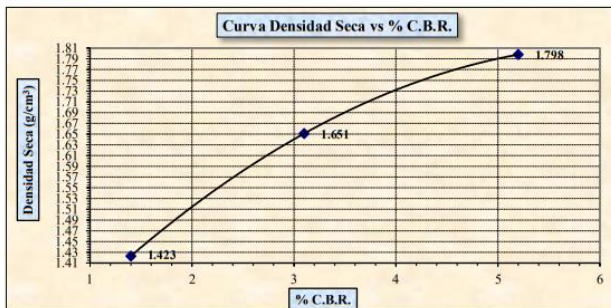
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	1.798	1.651	1.423
Contenido de Humedad (%)	21.2	21.1	21.0

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	52	1000	5.2
II	0.10	31	1000	3.1
III	0.10	14	1000	1.4

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 5.2%
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 3.6%

d).- Expansión (%) : Si



NOTAS:


- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

Figura 13 Ensayo Proctor C -2 prog. 003 +450

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO	Código	C3-FOR-S-PROC	
	SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m ³ (56 000 pie-lbf/pe ³))	Versión	01	
	NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)	Fecha	04-01-21	
		Página	1 de 2	

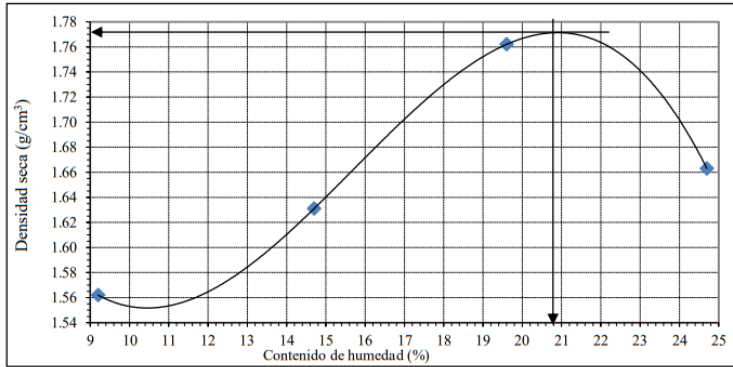
Expediente N° : 3011-2022
 Nombre del testista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osoros Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 30-11-22

Método de ensayo Tipo "A"

Calicata : C-2 Prog. 003+450
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.772 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 20.8 %

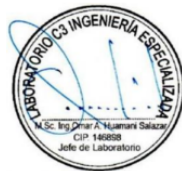
% Contenido de humedad	9.2	14.7	19.6	24.7
Densidad seca (g/cm ³)	1.562	1.631	1.762	1.663



NOTAS:



- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

Figura 14 Ensayo CBR C - 2 prog. 003 +450

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO SUELOS. Método de ensayo normalizado in situ para CBR (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte) de suelos NTP 339.175:2002 (revisada el 2015)	Código	C3-FOR-S-CBR	
		Versión	01	
		Fecha	04-01-21	
		Página	2 de 2	

Expediente N° : 3011-2022
 Nombre del testista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osorez Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 30-11-22

Datos de la muestra:

Calicata : C-2 Prog. 003+450
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141

Máxima densidad seca : 1.772 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 20.8 %

b).- Compactación de moldes

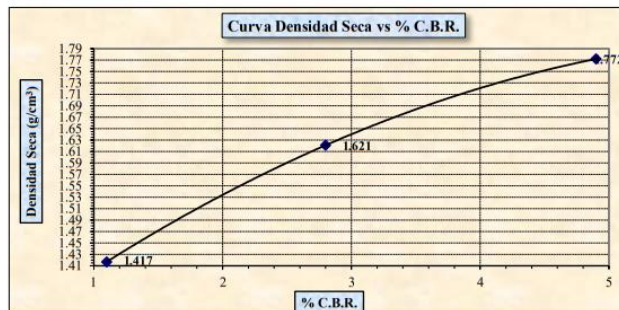
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	1.772	1.621	1.417
Contenido de Humedad (%)	20.9	20.8	20.7

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	49	1000	4.9
II	0.10	28	1000	2.8
III	0.10	11	1000	1.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 4.9%
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 3.4%

d).- Expansión (%) : Si



NOTAS:



- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaespecializadasec@gmail.com

Figura 15 Ensayo Proctor C - 3 prog. 003 +800

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO	Código	C3-FOR-S-PROC	
	SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m ³ (56 000 pie-lb/ft ³))	Versión	01	
	NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)	Fecha	04-01-21	
		Página	1 de 2	

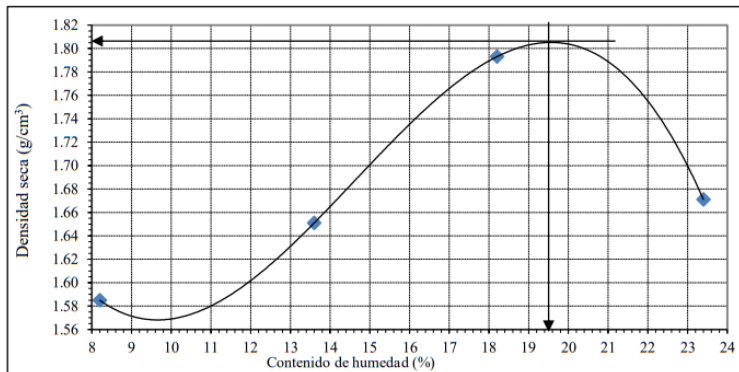
Expediente N° : 3011-2022
 Nombre del testista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osoros Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 30-11-22

Método de ensayo Tipo "A"

Calicata : C-3 Prog. 003+800
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.806 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 19.5 %

% Contenido de humedad	8.2	13.6	18.2	23.4
Densidad seca (g/cm ³)	1.585	1.651	1.793	1.671



NOTAS:



- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

Figura 16 Ensayo CBR C - 3 prog. 003 +800

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO SUELOS. Método de ensayo normalizado in situ para CBR (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte) de suelos NTP 339.175:2002 (revisada el 2015)	Código	C3-FOR-S-CBR	
		Versión	01	
		Fecha	04-01-21	
		Página	2 de 2	

Expediente N° : 3011-2022
 Nombre del testista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osoreo Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 30-11-22

Datos de la muestra:

Calicata : C-3 Prog. 003+800
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141

Máxima densidad seca : 1.806 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 19.5 %

b).- Compactación de moldes

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	1.806	1.618	1.387
Contenido de Humedad (%)	19.6	19.5	19.4

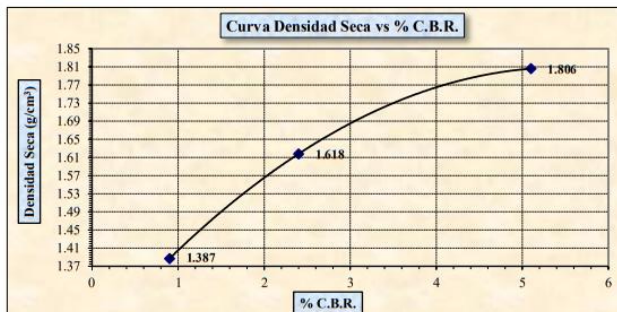
c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	51	1000	5.1
II	0.10	24	1000	2.4
III	0.10	9	1000	0.9

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 5.1%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 3.2%

d).- Expansión (%) : Si



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

Figura 17 Resultados - I C-1 Prog 003+050 +10% Cal

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m ² (56 000 pie-lb/pie ²)) NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)		Código	C3-FOR-S-PROC	
	Versión	01			
	Fecha	04-01-21			
	Página	1 de 2			

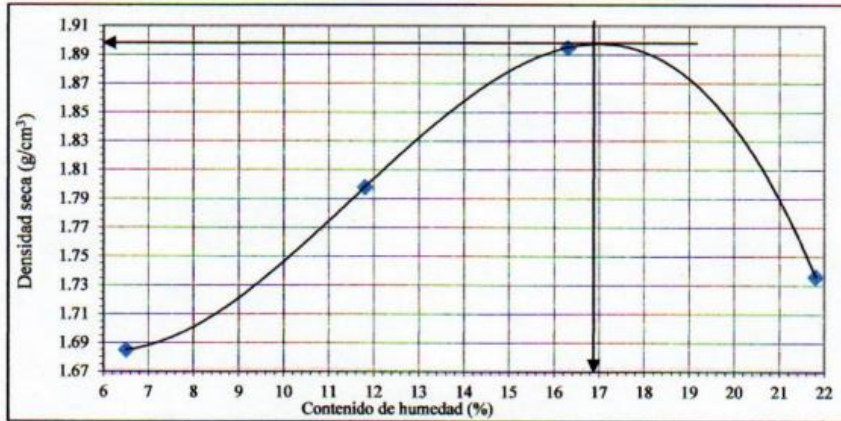
Expediente N° : 2212-2022
 Nombre del testista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osoreo Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 22-12-22

Método de ensayo Tipo "A"

Combinación : C-1 Prog. 003+050 + 10 % Cal
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.898 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 16.9 %

% Contenido de humedad	6.5	11.8	16.3	21.8
Densidad seca (g/cm ³)	1.685	1.798	1.895	1.736



NOTAS:



- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

Figura 18 Resultados- II C-1 Prog 003+050 +10% Cal

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO SUELOS. Método de ensayo normalizado in situ para CBR (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte) de suelos NTP 339.175:2002 (revisada el 2015)	Código C3-FOR-S-CBR	
		Versión 01	
		Fecha 04-01-21	
		Página 2 de 2	

Expediente N° : 2212-2022
 Nombre del testista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osoreo Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carapoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carapoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 22-12-22

Datos de la muestra:

Combinación : C-1 Prog. 003+050 + 10 % Cal
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141

Máxima densidad seca : 1.898 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 16.9 %

b).- Compactación de moldes

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	1.898	1.721	1.563
Contenido de Humedad (%)	17.0	16.9	16.8

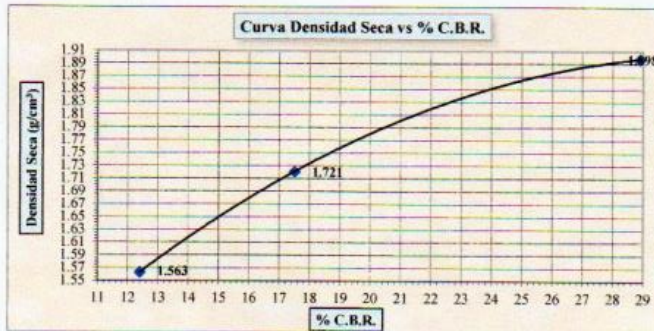
c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	289	1000	28.9
II	0.10	175	1000	17.5
III	0.10	124	1000	12.4

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 28.9%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 21.4%

d).- Expansión (%) : Si



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceros N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

Figura 19 Resultados - I C-2 Prog 003+450 +10% Cal

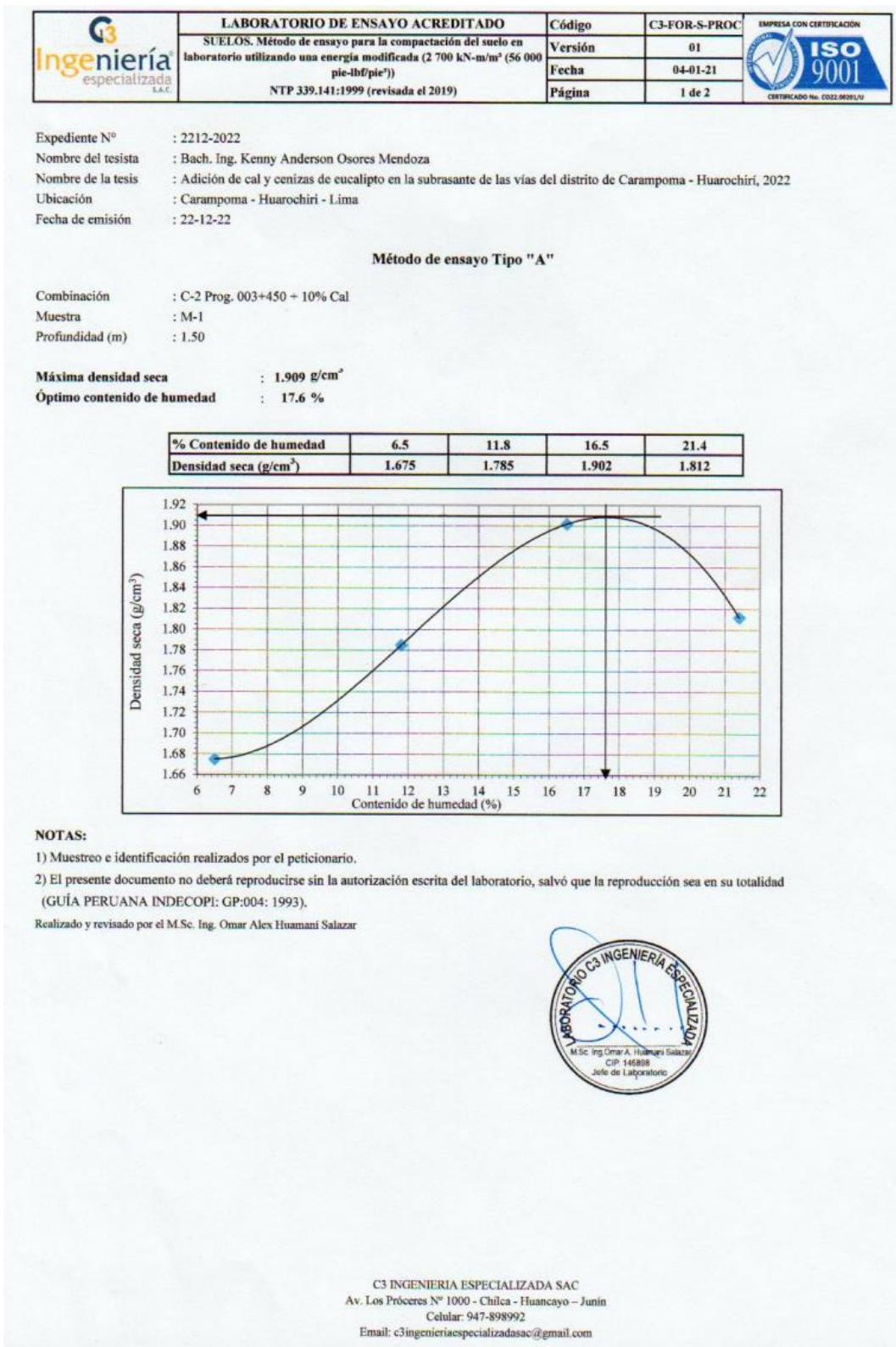




Figura 20 Resultados - II C-2 Prog 003+450 +10% Cal

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO	Código	C3-FOR-S-CBR	
	SUELOS. Método de ensayo normalizado in situ para CBR (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte) de suelos	Versión	01	
	NTP 339.175:2002 (revisada el 2015)	Fecha	04-01-21	
		Página	2 de 2	

Expediente N° : 2212-2022
 Nombre del testista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osoreo Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 22-12-22

Datos de la muestra:

Combinación : C-2 Prog. 003+450 + 10% Cal
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141

Máxima densidad seca : 1.909 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 17.6 %

b).- Compactación de moldes

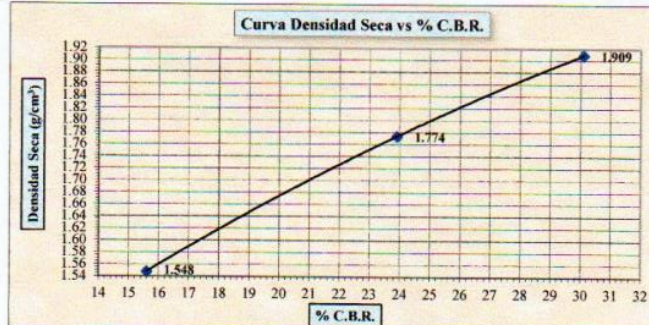
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	1.909	1.774	1.548
Contenido de Humedad (%)	17.7	17.6	17.5

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	301	1000	30.1
II	0.10	239	1000	23.9
III	0.10	156	1000	15.6

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 30.1%
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 25.7%

d).- Expansión (%) : No



NOTAS:



- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

Figura 21 Resultados - I C-3 Prog 003+800 +10% Cal

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m ² (56 000 pie-lbf/pie ²)) NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)	Código	C3-FOR-S-PROC	
		Versión	01	
		Fecha	04-01-21	
		Página	1 de 2	

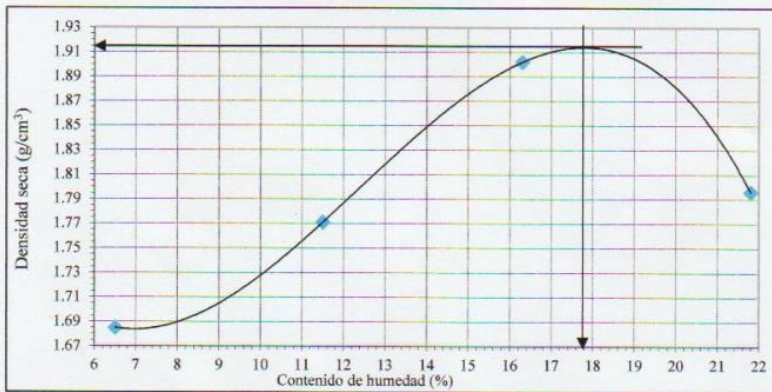
Expediente N° : 2212-2022
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osores Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 22-12-22

Método de ensayo Tipo "A"

Combinación : C-3 Prog. 003+800 + 10% Cal
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.914 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 17.8 %

% Contenido de humedad	6.5	11.5	16.3	21.8
Densidad seca (g/cm ³)	1.685	1.771	1.902	1.796



NOTAS:



- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

Figura 22 Resultados - II C-3 Prog 003+800 +10% Cal

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO	Código	C3-FOR-S-CBR	
	SUELOS. Método de ensayo normalizado in situ para CBR (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte) de suelos	Versión	01	
	NTP 339.175:2002 (revisada el 2015)	Fecha	04-01-21	
		Página	2 de 2	

Expediente N° : 2212-2022
 Nombre del testista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osoreo Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 22-12-22

Datos de la muestra:

Combinación : C-3 Prog. 003+800 + 10% Cal
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141

Máxima densidad seca : 1.914 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 17.8 %

b).- Compactación de moldes

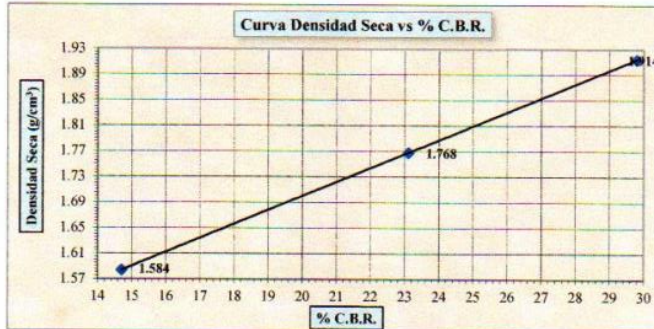
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	1.914	1.768	1.584
Contenido de Humedad (%)	17.9	17.8	17.7

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	298	1000	29.8
II	0.10	231	1000	23.1
III	0.10	147	1000	14.7

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 29.8%
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 25.6%

d).- Expansión (%) : No



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

Figura 23 Resultados - I C-1 Prog 003+050 +10% Cenizas de eucalipto

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO	Código	C3-FOR-S-PROC	
	SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m ³ (56 000 pie-lbf/pie ³))	Versión	01	
	NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)	Fecha	04-01-21	
		Página	1 de 2	

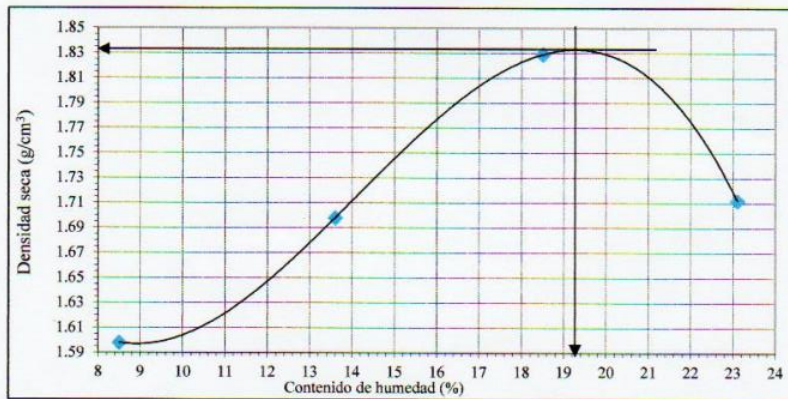
Expediente N° : 2912-2022
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osores Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 29-12-22

Método de ensayo Tipo "A"

Combinación : C-1 Prog. 003+050 + 10% Ceniza de eucalipto
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.834 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 19.3 %

% Contenido de humedad	8.5	13.6	18.5	23.1
Densidad seca (g/cm³)	1.598	1.698	1.829	1.712



NOTAS:



- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

Figura 24 Resultados – II C-1 Prog 003+050 +10% Cenizas de eucalipto

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO SUELOS. Método de ensayo normalizado in situ para CBR (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte) de suelos NTP 339.175:2002 (revisada el 2015)	Código C3-FOR-S-CBR	EMPRESA CON CERTIFICACIÓN 
		Versión 01	
		Fecha 04-01-21	
		Página 2 de 2	

Expediente N° : 2912-2022
 Nombre del testista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osoros Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 29-12-22

Datos de la muestra:

Combinación : C-1 Prog. 003+050 + 10% Ceniza de eucalipto
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141

Máxima densidad seca : 1.834 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 19.3 %

b).- Compactación de moldes

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	1.834	1.698	1.485
Contenido de Humedad (%)	19.4	19.3	19.2

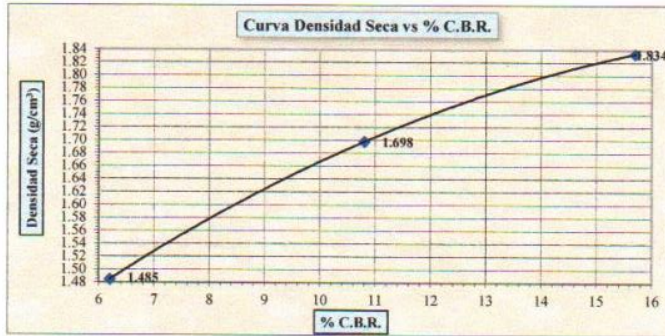
c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	157	1000	15.7
II	0.10	108	1000	10.8
III	0.10	62	1000	6.2

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 15.7%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 12.3%

d).- Expansión (%) : No



NOTAS:


- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo – Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

Figura 25 Resultados - I C-2 Prog 003+450 +10% Cenizas de eucalipto

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO	Código	C3-FOR-S-PROC	
	SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m ³ (56 000 pie-lb/pe ³))	Versión	01	
	NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)	Fecha	04-01-21	
		Página	1 de 2	

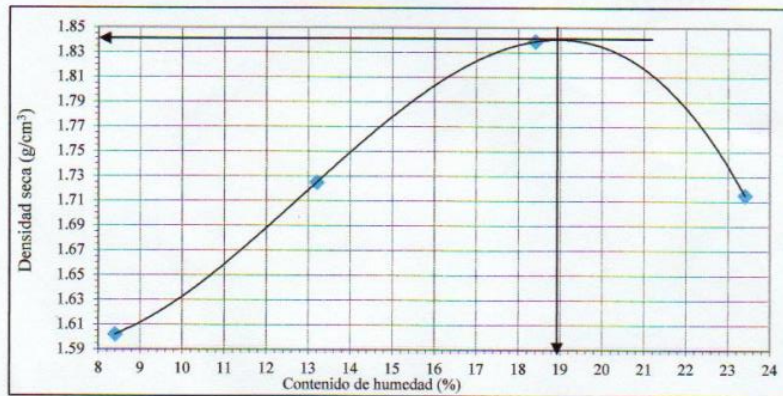
Expediente N° : 2912-2022
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osoros Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 29-12-22

Método de ensayo Tipo "A"

Combinación : C-2 Prog. 003+450 + 10% Ceniza de eucalipto
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.842 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 18.9 %

% Contenido de humedad	8.4	13.2	18.4	23.4
Densidad seca (g/cm ³)	1.602	1.725	1.839	1.715



NOTAS:



- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

Figura 26 Resultados - II C-2 Prog 003+450 +10% Cenizas de eucalipto

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO	Código	C3-FOR-S-CBR	
	SUELOS. Método de ensayo normalizado in situ para CBR (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte) de suelos	Versión	01	
	NTP 339.175:2002 (revisada el 2015)	Fecha	04-01-21	
		Página	2 de 2	

Expediente N° : 2912-2022
 Nombre del testista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osores Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 29-12-22

Datos de la muestra:

Combinación : C-2 Prog. 003+450 + 10% Ceniza de eucalipto
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141

Máxima densidad seca : 1.842 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 18.9 %

b).- Compactación de moldes

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	1.842	1.726	1.597
Contenido de Humedad (%)	19.0	18.9	18.8

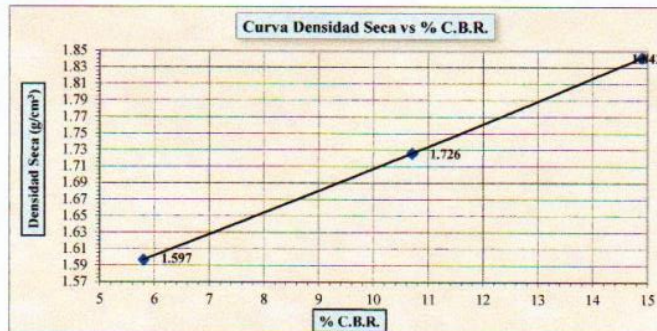
c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	149	1000	14.9
II	0.10	107	1000	10.7
III	0.10	58	1000	5.8

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 14.9%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 11.5%

d).- Expansión (%) : No



NOTAS:



- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamaní Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

Figura 27 Resultados - I C-3 Prog 003+800 +10% Cenizas de eucalipto

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO		Código	C3-FOR-S-PROC	
	SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³))		Versión	01	
	NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)		Fecha	04-01-21	
			Página	1 de 2	

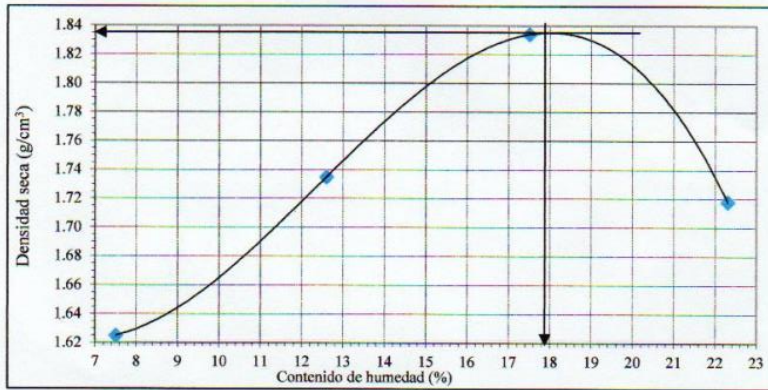
Expediente N° : 2912-2022
 Nombre del testista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osoros Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 29-12-22

Método de ensayo Tipo "A"

Combinación : C-3 Prog. 003+800 + 10% Ceniza de eucalipto
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.836 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 17.9 %

% Contenido de humedad	7.5	12.6	17.5	22.3
Densidad seca (g/cm³)	1.625	1.735	1.834	1.718



NOTAS:



- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

Figura 28 Resultados - II C-3 Prog 003+800 +10% Cenizas de eucalipto

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO SUELOS. Método de ensayo normalizado in situ para CBR (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte) de suelos NTP 339.175:2002 (revisada el 2015)	Código Versión Fecha Página	C3-FOR-S-CBR 01 04-01-21 2 de 2	EMPRESA CON CERTIFICACION  CERTIFICADO No. C022.06281/U
---	--	--------------------------------------	--	---

Expediente N° : 2912-2022
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Kenny Anderson Osoreo Mendoza
 Nombre de la tesis : Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochiri, 2022
 Ubicación : Carampoma - Huarochiri - Lima
 Fecha de emisión : 29-12-22

Datos de la muestra:

Combinación : C-3 Prog. 003+800 + 10% Ceniza de eucalipto
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141

Máxima densidad seca : 1.836 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 17.9 %

b).- Compactación de moldes

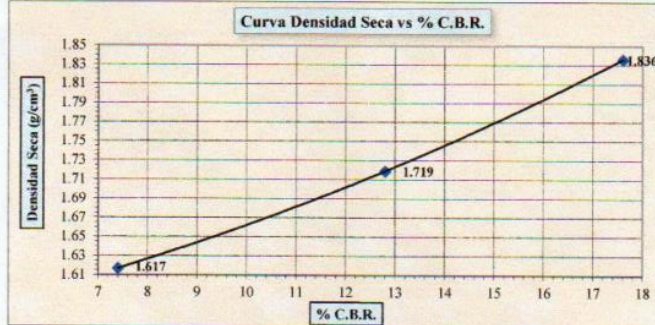
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	1.836	1.719	1.617
Contenido de Humedad (%)	18.0	17.9	17.8

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	176	1000	17.6
II	0.10	128	1000	12.8
III	0.10	74	1000	7.4

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 17.6%
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 13.8%

d).- Expansión (%) : No



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

Panel Fotográfico

Figura 29 vía del distrito de Carampoma



Figura 30 Selección de las progresivas



Figura 31 Calicata 1 prog. 3+ 050



Figura 32 Calicata 1 prog. 3+ 050 profundidad 1.5 m



Figura 33 Calicata 2 prog. 3 + 4500



Figura 34 Excavación calicata 2 prog. 3 + 050



Figura 35 Calicata 2 prog. 3+450 profundidad 1.5 m



Figura 36 Calicata 3 prog. 3 + 800



Figura 37 Excavación calicata 3 prog. 3 + 800



Figura 38 Calicata 3 prog. 3+800 profundidad 1.5 m





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MEDRANO SANCHEZ EMILIO JOSÉ, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Adición de cal y cenizas de eucalipto en la subrasante de las vías del distrito de Carampoma - Huarochirí, 2022", cuyo autor es OSORES MENDOZA KENNY ANDERSON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 25.00%, 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, 13 de Marzo del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MEDRANO SANCHEZ EMILIO JOSÉ DNI: 21815819 ORCID: 0000-0003-0002-5876	Firmado electrónicamente por: EMEDRANOS el 13- 03-2023 22:07:47

Código documento Trilce: TRI - 0536650