



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Influencia de cenizas de eucalipto, en resistencia de carpetas de rodadura flexible y rígida, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad.

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Civil

AUTORAS:

Rodriguez Navez, Diana Yasmir (orcid.org/0000-0002-3634-2382)

Sare Mendez, Catery Yacely (orcid.org/0000-0003-1744-8015)

ASESORA:

Dra. Panduro Alvarado Elka (orcid.org/0000-0003-4866-8707)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño De Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible Y Adaptación Al Cambio Climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico esta tesis a Dios, por este presente muy importante para mí, a mis padres, Nicolas Rodríguez y Casilda Navez, por su esfuerzo y grande apoyo en todos los aspectos de mi vida, a mi hermano Cesar Rodríguez, abuelos, Confesor Navez e Inocencia Robles y familia en general por su apoyo y confianza incondicional, a los profesores de la universidad Cesar Vallejo, por su enseñanza y por compartir sus conocimientos ampliando los míos.

(Rodríguez Navez, Diana Yasmir)

Dedico principalmente a Dios por darme sabiduría y salud, a mis padres Pablo Sare y María Mendez por estar perene conmigo y siempre confiar en mí, a mi hermana Wendy Sare, tías y primos por su apoyo emocional, a mis amigos por su amistad y alegría compartida durante este periodo de estudio, a los ingenieros que han compartido su amplia experiencia conmigo.

(Sare Mendez, Caterly Yacely)

Agradecimiento

A Dios por la vida y la capacidad que nos da continuamente para cumplir nuestros sueños.

A nuestros familiares, por el apoyo incondicional durante toda esta etapa de formación profesional.

A los profesores que nos enseñaron y compartieron su profesionalismo y conocimiento.

A la universidad Cesar Vallejo, por su disposición y búsqueda de nuevos métodos para ofrecernos siempre lo mejor aportando a mejorar nuestro aprendizaje y permitirnos culminar nuestra carrera.

A nuestra Asesora Elka Panduro Alvarado, por orientarnos en el desarrollo de esta investigación.

Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	x
Resumen	xiii
Abstract	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	22
3.1. Tipo y diseño de investigación	22
3.2. Variables y operacionalización	23
3.3. Población, muestra y muestreo, unidad de análisis.....	24
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
3.5. Procedimientos	25
3.6. Método de análisis de datos.....	32
3.7. Aspectos éticos	32
IV. RESULTADOS	34
V. DISCUSIÓN	94
VI. CONCLUSIONES	102
VII. RECOMENDACIONES	104

REFERENCIAS	105
ANEXOS.....	111

Índice de tablas

Tabla 1. Características químicas y físicas del cemento Pacasmayo tipo I.....	19
Tabla 2. Requerimientos químicos de la norma ASTM C 618.....	34
Tabla 3. Composición química de las CE	35
Tabla 4. Cumplimiento de la norma ASTM C 618	35
Tabla 5. Estudio de tráfico e IMD del Km 00+23.....	37
Tabla 6. Índice medio diario anual corregido	40
Tabla 7. Vehículos por año proyectado.....	41
Tabla 8: Categoría de la Sub Rasante en función al CBR	41
Tabla 9: <i>Módulo de resiliencia para diseño de pavimento flexible</i>	43
Tabla 10: Tabla de cálculo granulométrico de agregado fino.....	48
Tabla 11. Descripción de la muestra de agregado fino	48
Tabla 12. Curva granulométrica A.F.	48
Tabla 13. Graduación de la arena según MF	49
Tabla 14: Contenido de humedad del AF	50
Tabla 15. Gravedad específica y % de absorción de A.F.....	51
Tabla 16. Peso unitario suelto del A.F.	52
Tabla 17. Peso unitario compactado del A.F.....	52
Tabla 18. Características del AF.....	54
Tabla 19. Análisis granulométrico	54
Tabla 20: Curva granulométrica del A.G.....	55

Tabla 21. Contenido de humedad A.G.....	56
Tabla 22. Gravedad específica y % de humedad de A.G.....	57
Tabla 23. Peso unitario suelto del A.G.....	57
Tabla 24: Peso unitario compactado del A.G.....	58
Tabla 25. Características del A.G.	59
Tabla 26: Curva granulométrica de agregados.....	60
Tabla 27. Ensayo de desgaste por abrasión del agregado grueso.....	61
Tabla 28: Sales solubles	63
Tabla 29. Partículas chatas y alargadas en función de su masa %.....	64
Tabla 30. Partículas chatas y alargadas en función de su masa %.....	64
Tabla 31. Ensayo de Inalterabilidad de AG.....	66
Tabla 32: AG con una cara fracturada	67
Tabla 33: AG con dos caras fracturadas.....	67
Tabla 34. Equivalente de arena de la muestra.....	69
Tabla 35. Sales solubles en AF.	70
Tabla 36. Ensayo de Inalterabilidad de AF.	70
Tabla 37. Dosificación de agregados para mezcla asfáltica patrón.....	71
Tabla 38: Dosificaciones trabajadas para el óptimo de asfalto por briqueta.....	72
Tabla 39. Dosificación de patrón de mezcla asfáltica.....	74
Tabla 40. Diseño de mezcla asfáltica con agregado % de CE.	74
Tabla 41. Resistencia a la compresión promedio Mpa.....	75

Tabla 42. Parámetros establecidos mediante ensayo de agregado grueso	76
Tabla 43. Parámetros establecidos mediante ensayo de agregado fino	76
Tabla 44. Parámetros establecidos del cemento tipo I, marca Pacasmayo.....	76
Tabla 45. Parámetros del agua.....	76
Tabla 46: Presencia de aire en el agregado	77
Tabla 47. Volumen unitario de H ₂ O	78
Tabla 48: Relación A/C.....	78
Tabla 49. Peso del A.G. por unidad de volumen de mezcla de concreto	79
Tabla 50. Dosificación de mezcla patrón, resistencia 210 g/cm ²	81
Tabla 51. Diseño de mezcla de concreto patrón para probeta de 0.00157 m ³	81
Tabla 52. Diseño de mezcla de concreto con agregado de ceniza de 6%, 8% y 10% para probeta cilíndrica de 0.00157 m ³	81
Tabla 53. Diseño de mezcla de concreto patrón para probeta prismática de 0.01148 m ³	82
Tabla 54. Diseño de mezcla de concreto con agregado de ceniza de 6%, 8% y 10% para probeta prismática de 0.01148 m ³	82
Tabla 55. Resistencia f'c de concreto patrón	86
Tabla 56. Resistencia f'c de concreto con agregado del 6% de CE	87
Tabla 57. Resistencia f'c de concreto con agregado del 8% de ceniza de eucalipto	89
Tabla 58. Resistencia f'c de concreto con agregado del 10% de ceniza de eucalipto.	90
Tabla 59. Resistencia f'c de concreto patrón.	91

Tabla 60. Resistencia f'c de concreto con agregado % de ceniza de eucalipto....92

Tabla 61. Resumen de propiedades mecánicas de la mezcla asfáltico97

Índice de figuras

Figura 1. Diseño de pavimento rígido.	13
Figura 2. Pavimento Flexible.	14
Figura 3: Comportamiento del pavimento flexible.....	16
Figura 4. Componentes de un pavimento rígido.	17
Figura 5: Comportamiento del pavimento rígido.....	17
Figura 6. Ceniza producto de la calcinación de eucalipto en horno artesanal.....	18
Figura 7: Ubicación de la zona de estudio.....	25
Figura 8: Vehículos por día	37
Figura 9: Demanda % según vehículo.....	38
Figura 10: Estudio de tráfico, Cochapampa, Santiago de Chuco.....	38
Figura 11: Espesor de capas en pavimento flexible	43
Figura 12: Espesor de capas en pavimento rígido	44
Figura 13: Ubicación de cantera, Río Angasmarca – Angasmarca.....	45
Figura 14: Ubicación de cantera, río San Antonio- Cachicadan	46
Figura 15: Ubicación de canteras aledañas a Cochapampa, La Libertad.	46
Figura 16: Fotografía de ensayo granulométrico de agregados	47
Figura 17: Contenido de humedad del AF.....	50
Figura 18: Gravedad específica agregado grueso.....	51
Figura 19: Peso unitario en laboratorio.....	53
Figura 20: Limite líquido y limite plástico	53

Figura 21: Gravedad específica en laboratorio JVC	56
Figura 22: peso unitario del AG en estado suelto	58
Figura 23: Carga en función a la granulometría del agregado.....	61
Figura 24: Tipo de granulometría del agregado.....	61
Figura 25: Ensayo los ángeles	62
Figura 26: Ensayo de sales.....	63
Figura 27: Partículas chatas y alargadas	65
Figura 28: Ensayo de partículas con caras fracturadas.....	68
Figura 29: Equivalente de arena en medida en probeta	69
Figura 30: Gráficos de parámetros de medición Marshall en óptimo de asfalto...	73
Figura 31: Briquetas con adición de CE	75
Figura 32: Probetas de concreto	82
Figura 33: Estabilidad de mezcla asfáltica con CE del 6%, 8% y 10%	83
Figura 34: Flujo de mezcla asfáltica con CE del 6%, 8% y 10%	84
Figura 35: % de Vacíos en la mezcla asfáltica con CE del 6%, 8% y 10%	85
Figura 36: Rotura de probetas de concreto	86
Figura 37: Curva f'c del concreto patrón y fallas por rotura	87
Figura 38: Curva f'c del concreto con adición del 6% de CE y fallas por rotura. ..	88
Figura 39: Curva f'c del concreto con adición del 8% de CE y fallas por rotura. ..	89
Figura 40: Curva f'c del concreto con adición del 10% de CE y fallas por rotura.	90

Figura 41: Representación gráfica de resistencia a la flexión del concreto patrón y con agregado.	92
Figura 42: Propiedades físicas de la mezcla con y sin adición de CE	98
Figura 43: Resistencia f'c a los 7 días de curado.	99
Figura 44: Resistencia f'c a los 14 días de curado.	99
Figura 45: Resistencia f'c a los 28 días de curado.	100
Figura 46: Grafico comparativo de resistencia a la flexión.	100
Figura 47: Gráfico de resistencia a la flexión del concreto patrón y con adición % de CE.....	101

Resumen

El presente proyecto de investigación, tuvo como finalidad analizar la influencia que tiene las cenizas de eucalipto (CE), en el comportamiento de la resistencia de carpetas de rodadura flexible y rígido, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad. La zona de estudio pertenece a la sierra de nuestro país y aún no se encuentra pavimentada, así mismo es una zona con alta producción de cenizas producto de la calcinación del eucalipto en hornos de pan artesanal. El procedimiento se centró en el diseño de muestras patrón y luego el diseño con agregado de cenizas de eucalipto (CE) en un 6%, 8% y 10% respecto a los elementos aglutinantes de ambas muestras (flexible y rígido), se usó materiales de la zona donde se desea implementar dicho proyecto, para luego ser medidos mediante ensayos correspondientes; ensayo de probeta, para el diseño de carpeta de rodadura rígido, con patrón de resistencia a la compresión y flexión del concreto de 210 kg/cm² y ensayo Marshall, en el caso de carpeta de rodadura flexible con resistencia a la deformación, para luego, determinar el nivel de resistencia adquirido en ambos diseños de carpeta de rodadura.

El diseño de dicha investigación fue del tipo experimental, cuasi experimental con técnicas de observación y análisis de datos cuantificados.

PALABRAS CLAVES: Pavimento, cenizas orgánicas, Carpeta de rodadura, pavimentos flexibles, pavimentos rígidos.

Abstract

The purpose of this research project was to analyze the influence of eucalyptus ashes (EC) on the resistance behavior of flexible and rigid pavements in Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad. The study area belongs to the highlands of our country and is not yet paved; it is also an area with a high production of ash from the calcination of eucalyptus in artisanal bread ovens. The procedure focused on the design of standard samples and then the design with the addition of eucalyptus ash (EC) in 6%, 8% and 10% with respect to the binder elements of both samples (flexible and rigid), using materials from the area where the project is to be implemented, and then measured by means of the corresponding tests; Specimen test, for the rigid binder design, with compressive and flexural concrete resistance standard of 210 kg/cm² and Marshall test, in the case of flexible binder with resistance to deformation, in order to determine the level of resistance acquired in both binder designs.

The design of this research was experimental, quasi-experimental with observation techniques and analysis of quantified data.

KEY WORDS: Pavement, organic ashes, road surface, flexible pavements, rigid pavements.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Los pavimentos, son estructuras propiamente dichas que al conformar carreteras, permiten el transporte de personas y materiales de forma más segura y eficiente, uniendo sociedades, fomentando crecimiento, al compartir culturas, costumbres y políticas; no obstante, cabe mencionar que, el clima, la falta de presupuesto, la poca accesibilidad, hacen que estos no sean construidos o no tengan la vida útil que deberían por falta de mantenimiento; y los pueblos más alejados, donde el acceso resulta muchas veces complicado e inseguro son los más afectados.

Hablar de pavimentos en carreteras, involucra considerar los diversos elementos que lo conforma, como son la carpeta de rodadura, la base, sub base y sub rasante, cuyo diseño se fundamenta directamente en función al tipo de suelo firme, condiciones estacionales, características de los materiales a utilizar, demanda de uso futuro y tiempo proyectado, principalmente.

La carpeta de rodadura, es la capa encargada de proteger la estructura de un pavimento, frente a filtraciones y esfuerzos impuestos, sin embargo es la parte del pavimento que se encuentra más expuesta a la superficie, por tanto, tiende a ser más vulnerable a desgaste, puesto que, por su ubicación externa, las cargas continuamente impuestas, y las condiciones estacionales de lluvia, calor y frío extremo dilatan y contraen la carpeta de rodadura, generando erosión, desgaste y fallas, que dificultan el tránsito de vehículos, y en tiempo de lluvias principalmente se hacen propensas a inundaciones, volviéndose deficientes, menos funcionales e incumpliendo con el tiempo de vida proyectado.

Cochapampa es un caserío del distrito de Santa Cruz de Chuca perteneciente a la provincia de Santiago de Chuco y forma parte de la sierra de La Libertad, su ubicación permite una poca accesibilidad, sus vías de acceso a este lugar y dentro del mismo están conformadas por trochas, y el estado de las mismas no es la mejor posible, la carretera principal de este caserío aunque poco poblada resulta ser muy importante ya que está carretera conecta con varios lugares

comerciales entre distritos y caseríos, lugares como Algallama, Villacruz, Culiscanra, Las manzanas, Angamarca, Tulpo, Mollebamba, Mollepata, Hualango, Los ángeles, el plomo y la región de Ancash. los mismos que abastecen con productos agrícolas de la zona, tales como la papa y diferentes menestras y legumbres, asimismo son abastecidos por Santiago de Chuco y Trujillo principalmente.

Este caserío con un total de 117 habitantes según el censo del INEI del año 2017, por ser uno de los principales productores de pan de la zona, el 51% de las familias de su población posee hornos a leña que llegan a un consumo unitario de 150 leños de eucalipto por semana, produciendo actualmente un aproximado de 18 latas (0.29 m³) de ceniza de eucalipto por semana, que suele ser usado en el pelado de mote, en la agricultura y como desinfectante, no obstante, gran parte de este es desechado.

Hoy en día se han abierto muchos estudios para la utilización de nuevos agregados naturales que permitan aumentar el tiempo de duración del concreto estructural, de acabado y pavimentos, reducir los costos y a la vez la contaminación, que resulta ser un aspecto importante y serio, dichas adiciones involucran el uso de cales, cenizas minerales, cenizas orgánicas de cascara de arroz, caña de azúcar, entre otras, debido a sus propiedades sílicas he impermeabilizantes que lo componen.

1.2. Formulación del problema

Llamando así la atención a la posibilidad del estudio de las cenizas de eucalipto como agregado, para el mejor aprovechamiento de este elemento la presente investigación nos nace plantear la siguiente pregunta:

¿Cómo influye las cenizas de eucalipto, en la resistencia de carpetas de rodadura flexible y rígido, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad?

A partir de ello se planteó las siguientes interrogantes específicas:

¿Cómo influye las cenizas de eucalipto, en la resistencia a la deformación en carpeta de rodadura flexible, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad?

¿Cómo influye las cenizas de eucalipto, en la resistencia a la compresión y flexión en carpeta de rodadura rígida, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad?

1.3. Justificación del estudio

Esta investigación se justificó en la realidad actual de carreteras no pavimentadas de la sierra liberteña, como es el caso de la carretera Cochapampa, que, por su ubicación y distancia, aún no se encuentra pavimentada pese a ser una carretera transitada, así mismo puesto que aún no cuenta con un diseño, se plantea el siguiente análisis del comportamiento de la resistencia mediante un diseño en su carpeta de rodadura con agregados de la zona como la ceniza de eucalipto.

Según Huamán (2022), en su conferencia dictada en el colegio de ingenieros del Perú, donde acota, sobre la carpeta de rodadura se presentan fallas verticales o compresionales y fallas flexionantes debido a la flexión por fuerzas externas que se ejercen por cargas impuestas continuamente y que tienden a generar deformación y desgaste en la superficie. Dando a entender que la resistencia abarca elementos importantes como son la compresión, la flexión y la deformación además de la permeabilidad que deben ser analizados dentro de un diseño de carpetas en pavimentos tanto flexibles como rígidos, según como estos lo dispongan.

Por tanto, esta investigación busca mediante el uso de materiales de la zona como la ceniza de eucalipto, determinar con el análisis de resistencia de carpetas de pavimentos flexible (resistencia a la deformación) y rígido (compresión y flexión), si este permite o no, mejoras en la resistencia que puedan alargar su tiempo de vida al contrarrestar el desgaste y deformación por cargas continuas y falta de mantenimiento.

También, se justifica en proporcionar un mejor aprovechamiento de la ceniza como material desechable de la zona, reduciendo costos por mantenimiento, reduciendo la contaminación ambiental y futuramente convertirlo en un producto comercial con aportes en la ingeniería.

Asimismo, esta investigación se justificó en la búsqueda de una opción de mejora en el sector vial en la zona sierra, para la habilitación de vías comerciales importantes no pavimentadas, sobre todo en Cochapampa, Santiago de Chuco, apoyando a los pobladores de la zona y lugares aledaños en el desarrollo de su economía, cultura y agricultura.

1.4. Objetivos

El objetivo general se define en, determinar la influencia de las cenizas de eucalipto, en la resistencia de carpeta de rodadura flexible y rígido, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad.

Los objetivos específicos se definen en:

- Determinar características físicas y químicas de las cenizas de eucalipto.
- Determinar los porcentajes de adición de cenizas de eucalipto en ambos diseños de mezcla para carpetas de rodadura flexible y rígida.
- Determinar los parámetros de la carretera de la zona de estudio.
- Determinación de cantera y análisis de los agregados.
- Determinar el diseño de mezcla de carpeta de rodadura flexible y el diseño con adición del 6%, 8% y 10% de ceniza de eucalipto como agregado al asfalto.
- Determinar el diseño de mezcla de carpeta de rodadura rígido $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y el diseño con adición del 6%, 8% y 10% de ceniza de eucalipto como agregado al cemento.
- Determinar la influencia de las cenizas de eucalipto, en la resistencia a la deformación en carpeta de rodadura flexible, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad.
- Determinar la influencia de las cenizas de eucalipto, en la resistencia a la compresión y flexión en carpeta de rodadura rígida, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad.

1.5. Hipótesis

Diversos autores en sus investigaciones mencionan la posibilidad de uso de las cenizas como agregado, tales como, Villanueva J. (2017, p. 53) en su tesis donde

afirma que las cenizas permite mejorar la resistencia del cemento, así mismo, Matos L. (2018, p.106), donde agrega que la adición de cenizas orgánicas entre un 2 y 3% según el ensayo Marshall que realizo, el uso de estas cenizas reducían vacíos en la mezcla de asfalto permitiendo que esta sea más resistente a deformaciones y por tanto alargando su vida útil, y Pérez R. (2021, p.9) que concluye en su tesis de investigación que la adición de cenizas orgánicas aun tipo de suelo arcilloso genera mejoras en la calidad del suelo, incrementando sus propiedades de resistencia a la compresión, por tanto afirmamos que uso de cenizas orgánicas si influye positivamente en la resistencia, el diseño de carpetas de rodadura flexible y rígido utilizando cenizas de eucalipto, Cochapampa, La Libertad, puesto que, si influyen en la resistencia a la deformación, el diseño de carpeta de rodadura flexible, el uso de cenizas de eucalipto, y, si influye en la resistencia a compresión y flexión el diseño de carpeta de pavimento rígido, el uso de cenizas de eucalipto.

II. MARCO TEÓRICO

Según Parra M. (2018) en su investigación internacional, el uso de cenizas volantes con cal puede ser una opción óptima para la estabilización de suelos puesto que aumenta su resistencia, y menciona que el porcentaje óptimo en resistencia a la tracción hasta un 6%. (p. 74)

Según Ramos, Lozano (2019) en su investigación internacional, sobre estabilización de suelos con ciertos agregados, menciona que el uso de ceniza el ensayo próctor obtuvo resultados óptimos, puesto que además de requerir un 15% y 19% de cantidad de agua menor respecto a las muestras con cal, en todas las muestras realizadas las cenizas resultan ser más resistentes entre un 348% y 1200% que la cal que es otro elemento muy utilizado para mejorar la resistencia de suelos y asfaltos. (p.52)

Para Camelo y Gonzales (2021), en su estudio internacional, determinan que, adicionar cenizas volantes orgánicas y cal como un medio de estabilización de suelos en subrasantes resulta ser una opción, puesto que mediante estudios realizados bajo la utilización del 10% de cenizas volantes haciendo uso del software abaks concluyo que la adición de cenizas en la sub rasante disminuye las deformaciones verticales hasta en un 89.9% respecto a la capa natural. (p.48)

Según Huaquisto y Belizario (2018), concluye que adicionar ceniza volante como remplazo hasta de un 7.5% de cemento a la mezcla de concreto medido en 26 días permite una mayor resistencia a la compresión, permite menor porosidad debido a que es muy fina, así mismo menciona que el uso de este agregado por sobre el 10% no permite su buen aprovechamiento. (p.232)

Kennedy, et. al (2021), en su estudio para analizar el comportamiento del suelo en el tiempo, frente a la erosión mediante el uso de tres métodos algorítmicos computacionales, basan su estudio en la investigación realizada por Onyelowe y Duc (2018), resaltando el uso de ceniza producto de la calcinación del papel, palma y cascara de caracol como un elemento puzolánico de estabilización y resistencia que a la vez lo resalta durante el desarrollo de su investigación. (p. 6).

Según James J. (2018), en su investigación sobre el uso de residuos de aserrín de madera calcinada para suelos estabilizados con cemento, concluyo que un 5% de estos residuos de ceniza utilizados es la cantidad optima, mientras que la máxima es del 9%, pasados estos porcentajes la resistencia reduciría. (p. 15)

Según Velay, et. al (2017), en su investigación sobre la influencia de las cenizas de biomasa en el concreto, menciona que la sustitución en cierto porcentaje, hasta un 15% de ceniza orgánica produce cambios significativos en el módulo de elasticidad desde un primer momento, no obstante, a un 25% de sustitución parcial no resulta ser beneficiosa ni recomendable. (p.1135)

Según Zagvozda, et. al (2020), en el resumen de su estudio sobre el uso de cenizas orgánicas como reemplazo de la cal para estabilizar suelos arcillosos al oeste de Croacia, determinaron que las cenizas son un material que proporciona mejoras en las propiedades estabilizantes del suelo y se puede reemplazar la cal por cenizas desde un 50 a 75% en suelos de baja plasticidad y en un 25 a 50% en suelos de alta plasticidad, no obstante menciona que la composición química de las cenizas influirá bastante en el comportamiento del suelo. (p.2)

Para Rauf et. al (2020), en su investigación sobre el uso de cenizas volante y de madera, concluyen que las cenizas de madera pueden agregarse hasta un 25% en el concreto y no reducen su resistencia por lo contrario permitiría un ahorro hasta de un 13% del costo del cemento. (p.15)

Según Mymrin (2021), en su estudio sobre el uso de cenizas de madera y otros elementos en la fabricación de ladrillo artesanal obtiene como resultados que la muestra con contenido del 5% de cenizas de madera presento la mayor resistencia respecto a otros porcentajes mayores, cumpliendo con la normativa de Brasil NBR7170/1983. (p.8)

Según Teixeira, et. al (2019), en su investigación concluye que el uso de cenizas volantes de madera presenta valores similares a las cenizas de carbón en aspectos de duración resistencia, así mismo, mejora la resistencia a la carbonatación respecto al concreto base, por tanto, pueden ser utilizado como

reemplazo parcial del cemento en cierto porcentaje, no obstante, la calidad de estas cenizas dependerá de su composición. (p.306)

Según Fort, et. al (2020, p.14 y 17), en su estudio menciona que obtuvo mejores resultados en cuanto a resistencia y reducción de porosidad al usar entre 10 y 20% de cenizas de biomasa. Así mismo concluye que su mayor ventaja es ofrecer menores riesgos al ambiente y no es necesario métodos especiales de uso como es el caso de las cenizas de carbón.

Según Gabriel, et. al (2021), en su investigación resume que el 15% es una cifra óptima para la resistencia, no obstante, concluye que al usar hasta un 45% del cemento con cenizas volantes de madera por su disminuido efecto sobre la absorción capilar brinda una resistencia deseable para fines constructivos, así mismo, aclara que, si la producción de ceniza es grande, sería mejor opción usarlo como parte de relleno por las propiedades puzolánicas que ofrece. (p.19)

Según Fort, et. al (2020, p.12 y 13), en su estudio sobre, concluye que usando entre un 20% de ceniza como reemplazo del cemento portland para construcción no afecta al rendimiento, y si se usa hasta un 30 % puede darse para ser aplicados en obras de menor rendimiento, así mismo, menciona la influencia positiva sobre el medio ambiente hasta un 25% en gasto de energía y CO₂.

Según Ajabi, et. al (2021), en su investigación sobre la adición de cenizas de tierra compactada concluyo que las propiedades aglutinantes y activación silicato alcalino, que ofrecen las cenizas de fábrica de celulosa son eficientes y mejoran su resistencia mecánica. (p.7)

Según Carevic, et. al (2020), concluyeron que la utilización de ceniza de biomasa a base de madera en un 10% como reemplazo del cemento portland en morteros es factible y no afecta la consistencia y resistencia del mortero respecto a su estado base. (p.11)

Según Franco, et. al (2019), en su artículo de investigación determina que hasta un 10% de agregado de ceniza producto de la calcinación de madera de eucalipto, compromete gradualmente la resistencia compresiva en el concreto,

mientras que los valores de 15 y 20% de agregado de ceniza, también analizados, tienen menor influencia sobre la resistencia. (p.272)

Según Tamanna, et. al (2019), usar cenizas de aserrín madera en las aplicaciones de hormigón ecológico, como reemplazo de cemento en cierto porcentaje, mejora su resistencia a la compresión, principalmente en un 20% según el análisis de sus resultados, y su uso no solo mejora sus propiedades aglutinantes y propiedades mecánicas si también es en ambiente. (p.10)

Según Ayala, et. al (2019), en su estudio para determinar el comportamiento de un suelo arcilloso al adicionar cenizas de madera calcinada y carbón, concluyeron que si contribuye positivamente en la resistencia obteniendo un CBR de 2.2% a 9.5% de resistencia utilizando un 20% de ceniza, sin embargo, a más porcentaje los valores decrecen, recomendando así un uso máximo del 20%. (p.6)

Según Fonseca (2016, p.169-170), determino en su tesis titulada, en la Universidad de Colombia – Colombia, si empleamos las cenizas volantes en una cierta cantidad dentro de la mezcla como un sustituyente del cemento puede incrementar la capacidad de resistencia a compresión del concreto, disminuyendo la permeabilidad y carbonatación cuando se encuentra siendo curado en ambientes húmedos. Además, aporta resistencia frente a los problemas que produce el salitre debido a que en su composición existen agregados silíceos, los cuales incrementan las propiedades del concreto para poder controlar los sulfatos.

Según Huancoillo Y. (2017), en su tesis de investigación nacional las cenizas volantes y la cal siendo usados como agregados al suelo natural si mejoran sus propiedades de afirmado y resistencia a la compresión respecto al suelo natural. (p.102)

Asimismo, recomienda el uso de cenizas volantes como un elemento importante que permite mejorar las propiedades del suelo, contribuyendo además al medio ambiente. (p.103)

Según Matos L. (2018) la adición de cenizas orgánicas entre un 2 y 3% para el ensayo Marshall que realizo, determino en sus resultados que estas cenizas por ser muy finas reducían vacíos en la mezcla de asfalto permitiendo que esta sea más resistente a deformaciones y por tanto alargando su vida útil. (p.106)

Asimismo, recomienda no añadir más de un 7% a la mezcla de asfalto puesto que podría generar un aumento en el flujo de la mezcla haciéndola muy flexible y vulnerable a ahuellamientos e incremento de vacíos debido a su densidad. (p.110)

Según Pérez R. (2021) concluye que la adición de cenizas aun tipo de suelo arcilloso genera mejoras en la calidad del suelo, incrementando sus propiedades de resistencia a la compresión, puesto que mientras que el CBR en terreno normal representa un 4.2%, al agregar ceniza orgánica en un 10%, el CBR incrementa a un 13.5%, con adición de 20% un CBR llega a 29.1% y con adición del 30% se obtiene un CBR de 53.3%. (p.9)

Condori A. (2022, p. 49) en su informe de investigación según resultados de laboratorio pudieron estudiar la calidad de un pavimento rígido con ceniza incorporada de rastrojo de trigo, donde al agregar un 5% de cenizas se obtuvo una resistencia a la compresión de 181.33 kg/cm², superior al concreto patrón convencional a los 28 días de curado.

Según Chinguel R. (2020), en su tesis concluye que agregando el 14% de las cenizas de hoja de eucalipto respecto al cemento mejora las propiedades del concreto para adoquines con una resistencia de 510 a 719.37 kg/cm² medido a 28 días, así mismo tiene mayor absorción de agua.

Según Girón, et. al (2021), en su tesis menciona que agregar un 15% de ceniza de hoja de eucalipto, incrementa en 1, 55% su resistencia sin embargo reemplazar en menor cantidad influye negativamente, no obstante, permite mejor trabajabilidad y demanda mayor cantidad de agua. (p. 148)

Según Solano J. (2020), en su tesis concluye que usar cenizas de hojas de eucalipto, en un 4% como sustitución del elemento principal aglutinante del

concreto, si influye positivamente en la resistencia a compresión de concreto simple para mortero, no obstante, en 8 y 12 % disminuye. (p.72)

Según Villanueva, J. (2017), en su investigación, utilizando el 15% de cenizas de eucalipto en el concreto logro incrementar su resistencia en 1.5% a los 28 días de curado, con una relación de a/c de 0.68. (p. 53)

Según Chachi (2019, p.91), en su tesis titulada, para obtener el título profesional de ingeniero civil – Tarma, determino que adicionando una cierta cantidad de cenizas de rastrojo de maíz al 5% , 7.5% y 10% incremento la resistencia del concreto respecto al diseño patrón; los datos mostraron que adicionando el 5% llego a una resistencia del 137.67 kg/cm², 200.30 kg/cm² y 222.33 kg/cm² a los 7 días, 14 días y 28 días, el concreto con el 7.5% logró una resistencia de 148.33 kg/cm², 215 kg/cm² y 227.66 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días y finalmente adicionando un 10% se obtuvo una resistencia de 155 kg/cm², 222 kg/cm² y 235 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días.

Según Arriaga, Palomino (2020), en su investigación sobre la adición de cenizas orgánicas y volantes en suelos lateríticos, concluyen que las cenizas orgánicas y volantes mejoran las características físicas del suelo incrementando su CBR y la resistencia a la compresión sin confinamiento, así mismo señalan que las cenizas producto de la calcinación de gabazo de caña y hojas de bambú cuentan con mayor cantidad de elementos químicos con propiedades cementantes. (p. 14).

Según Gálvez y Aponte (2019), en su tesis que habla sobre el comportamiento geotécnico de un suelo arenoso luego de agregar ceniza orgánica, concluye que al adicionar un 10% de ceniza al suelo mejora sus propiedades geotécnicas, obteniendo una resistencia al corte de 12.3 y 6% respecto al suelo natural. (p. 97)

Según Aguilar y Brabo (2020), concluye que las cenizas de fondo, producto de la calcinación del eucalipto y carbón principalmente si influyen positivamente en las propiedades de los suelos arcillosos brindándole más estabilidad si estos son usados en la subrasante con porcentajes entre 30, 40 y 50%. (p.187)

Según Espino Y (2021), en su tesis titulada, donde investiga y analiza la influencia de agregar cenizas de fondo a la subrasante de un suelo con propiedad arcillosa, concluye que las cenizas de la combustión de madera si influyen positivamente estabilizando suelos arcillosos, mejorando su resistencia, humedad y nivel de plasticidad. (p. 91)

Según Ríos, L (2019), en su tesis local titulada, concluye que agregar ceniza producto de la calcinación de la caña de azúcar contribuye positivamente en las propiedades físico mecánicas del suelo utilizado para la fabricación de adobe proporcionándole mayor resistencia, durabilidad y menor reducción de volumen al ser sumergidos en agua. (p.94)

Según Hernández y Rodas (2018), en su tesis titulada, donde agrego ceniza producto de la calcinación de caña de azúcar, concluyo que la ceniza agregada en estas proporciones si influye positivamente en la resistencia del concreto, sobrepasando los valores del concreto patrón, correspondiente a 210 kg/cm² al usarlo en cantidades porcentuales de 2, 4, 6, 8 y 10% al concreto. (p. 66)

Según Medina G. (2019), en su estudio realizado sobre el uso de aserrín y cenizas de carbón, determino que estos dos elementos llegan a ser buenos estabilizadores del suelo mejorando sus propiedades de resistencia hasta un 31.7%, proponiendo utilizar un 6% para el caso del aserrín y hasta un 20% para el caso de las cenizas de carbón. (p.74)

Red vial

Según Becerra, M (2012, p. 4) define como red vial a toda superficie sea de uso público o privado donde hay circulación tanto de personas como de vehículos, permiten unir sectores, urbanizaciones, pueblos, ciudades y países permitiendo el transporte de personas, productos y mercancías.

Pavimento (tipos de pavimento)

Define al pavimento como un conjunto unificado de capas que proporcionan y dan estabilidad a una estructura vial.

Juárez y Rico (1973, p.391), las condiciones que abarcan las funciones básicas de un pavimento es tener una buena superficie de rodadura, resistencia a cargas y capaz de soportar ataques por intemperismo.

Para Reyes (2005, P. 15), los pavimentos ya sea para carreteras o vías urbanas, son estructuras viales, que abarca en su construcción una superposición de capas horizontales contiguas de materiales previamente seleccionados, y cuya función de diseño es soportar las cargas actuantes, así como las condiciones ambientales que tienden a deformar el pavimento, y además ofrecer funcionalidad.

Asimismo, divide los pavimentos principalmente en:

- Pavimentos flexibles
- Pavimentos rígidos

Pavimentos flexibles

Para Castaño, et. al (2009), los pavimentos flexibles son un tipo de pavimento que está conformado por una capa de mezcla asfáltica que esta sobrepuesta sobre dos capas no rígidas denominadas como base, sub base y subrasante.



Figura 1. Diseño de pavimento rígido.

Fuente: Universidad tecnológica nacional.

Pavimentos rígidos

Los pavimentos rígidos son un tipo de pavimentos cuya conformación esta determinada por una capa de concreto apoyado en una capa de base de grava, la misma que se encuentra sobre la sub rasante del terreno.

Pérez, et. al (2006, p. 30) un pavimento del tipo rígido está definida por una capa de concreto antepuesta sobre una o varias capas a las que se conoce como base y sub base, asimismo menciona que el mecanismo de degradación de este tipo de pavimentos es básicamente es el agrietamiento.

Juárez y Rico (1973, p.390), los pavimentos rígidos poseen un diseño de concreto simple, aunque a medida que se requiera reforzado, la resistencia por lo general es alta entre 210 kg/cm² y 350 kg/cm² a los 28 días de fraguado.

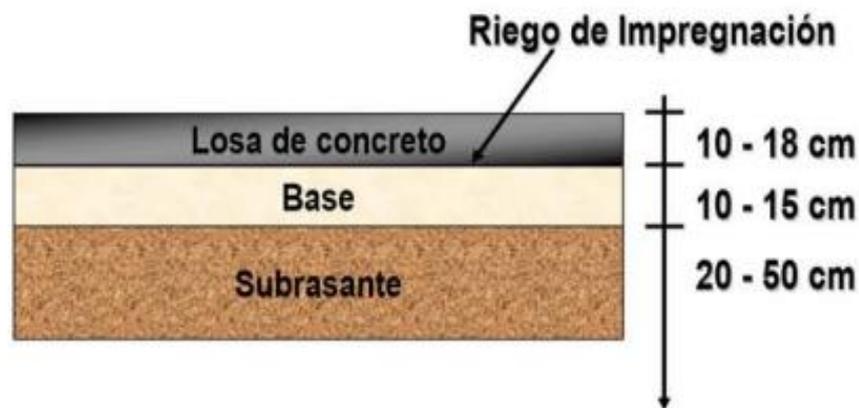


Figura 2. Pavimento Flexible.

Fuente: Universidad tecnológica nacional.

Capas de un pavimento

Según Bonilla et. al (2017) las capas que componen un pavimento son:

- Capa subrasante: Capa de mayor espesor, generalmente conformado por material natural de buena calidad y buena compactación.
- Subbase: es la capa constituida a partir de materiales pétreos graduados que se ubica sobre la rasante de forma compactada. (p. 5)
- Base: Capa ubicada entre la capa de rodadura y la subbase, su objetivo aparte del drenaje y resistencia cortante, es reducir el espesor de la carpeta de rodadura.
- Carpeta: Es la parte superficial de rodadura expuesta de un pavimento, cuya función principal es distribuir los esfuerzos hacia el terreno. (p. 6)

Para Huamán (2022), en su conferencia dictada en el colegio de ingenieros, Perú, menciona que sobre la carpeta de rodadura se presentan fallas verticales o compresionales y fallas flexionantes debido a la flexión que se

ejerce por capas impuestas; así mismo su grado de deformación depende en gran medida de las bases inferiores, esto por fallas estructurales generadas por tema de suelos, drenaje y humedad, por tanto, debe considerarse dentro del diseño.

Comportamiento del pavimento

Para Castaño, et. al (2009), las estructuras que componen un pavimento tienen la función principal el de proteger a la sub rasante, mediante la disipación de los esfuerzos dinámicos constantemente impuestos sobre el pavimento.

Los pavimentos, sean del material que los compongan abarcan grandes superficies, las mismas que están expuestas a ambientes, húmedos, secos y de tráfico continuo a las que deben ser resistentes, así mismo menciona que la presencia de agua sobre los pavimentos, dependiendo de su flexibilidad y confinamiento genera hasta cierto punto presión sobre la superficie de rodadura, puesto que satura los espacios vacíos y con el continuo tránsito las cargas impuestas generan el desplazamiento del agua acumulada por diferentes aberturas, juntas o zonas débiles de un pavimento, por lo que este con el tiempo llega a grietarse, desprenderse y destruirse. (p.21)

Funciones de las capas y materiales que componen los pavimentos flexibles

Juárez y Rico (1973, p.532), la sub base en un pavimento flexible tiene como función principal reducir costos debido a que puede ser de menor calidad respecto a la base, asimismo sirve como material de transición entre la base compuesta por material más grueso y la subrasante que es generalmente de material natural, y actúa como dren frente a la presencia de agua evitando que esta se acumule.

La base tiene como función principal, aumentar la resistencia frente a esfuerzos que son transmitidos hacia el interior sirviendo como barrera a la sub base y subrasante, permite el drenaje del agua, evita la capilaridad producto de la ascensión por presencia de agua interna, también en parte permite reducir costos, puesto que a partir de ella se reduce el espesor de la capa asfáltica que es la más costosa.

Juárez y Rico (1973, p.393), la carpeta tiene como función principal proteger el pavimento, resistir las cargas del tráfico, impermeabilizar la superficie frente a filtraciones, así como textura y rugosidad adecuada.

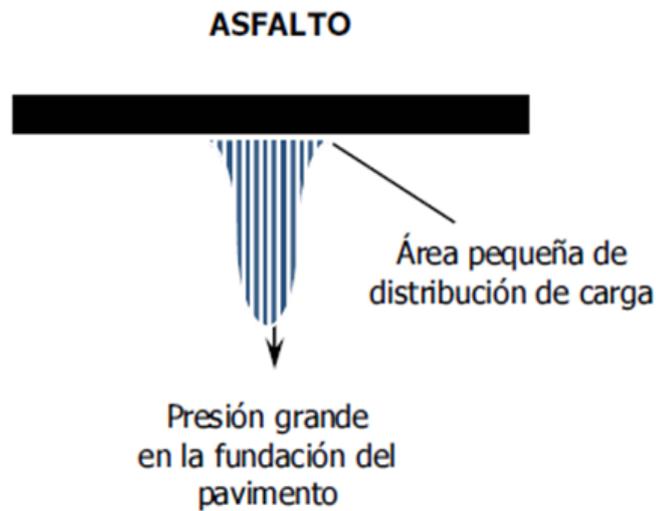


Figura 3: Comportamiento del pavimento flexible.

Fuente: Aashto – 93.

Funciones de las capas y materiales que componen los pavimentos rígidos

Juárez y Rico (1973, p.393), la base tiene como función principal proporcionar una superficie uniforme, permeable, no posee una función estructural puesto que la losa es la encargada de resistir a los esfuerzos impuestos, no obstante, esta sirve como apoyo para la losa.

La superficie de rodadura de un pavimento rígido que está definida por una losa construida a base de concreto que permite reducir las tensiones causadas por las cargas externas que se transmiten a las capas inferiores, así como también proteger en gran medida las filtraciones.

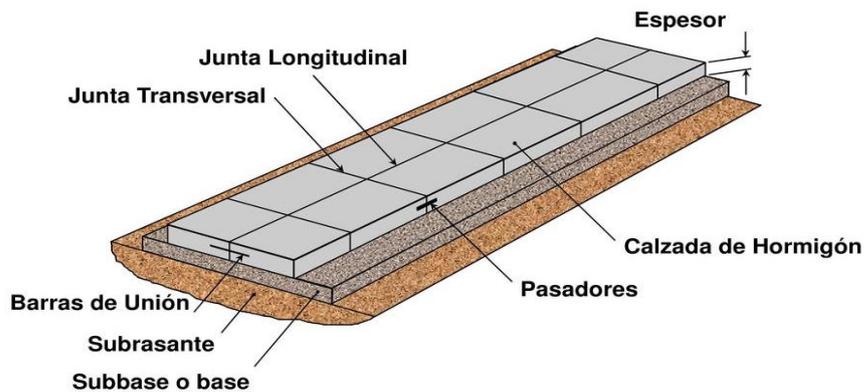


Figura 4. Componentes de un pavimento rígido.

Fuente: Instituto del cemento portland argentino.

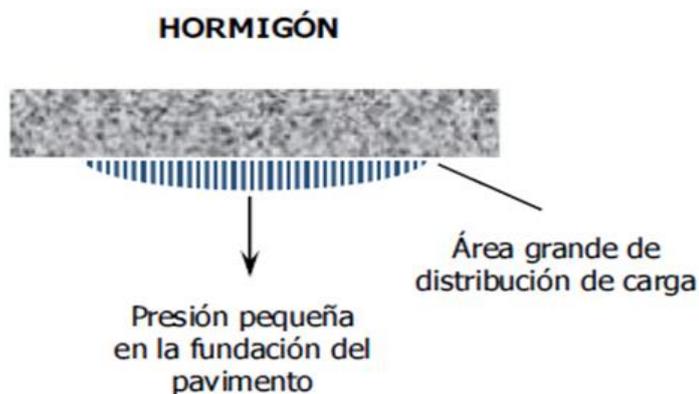


Figura 5: Comportamiento del pavimento rígido.

Fuente: Aashto – 93.

Propiedades de ceniza

Según Velay, et. al (2017), la composición de las cenizas orgánicas u de biomasa como lo identifica en su artículo, está en función del material del que se obtiene, y que a la vez es un material con comportamiento similar a la arcilla, por lo que influiría en la resistencia a la flexión y compresión. (p.1127)

Poplawski y Leluz (2021), en su investigación menciona que el uso de cenizas de biomasa en Polonia además de ser una opción para a agricultura citando la norma EN 450-1 del comité europeo de normalización, puede ser factible en la producción de hormigón, de su país donde lo define como un material fino producido por la calcinación del carbón con varios tipos de biomasa, es decir

madera u cualquier otro material leñoso, no obstante, las propiedades que ofrezcan dependen su composición, proceso, temperatura y tecnología. (p.2)

Según Aguilar y Bravo (2020), en su tesis titulada, donde investiga la aplicación de cenizas de fondo en la estabilidad de suelos arcillosos, menciona que las cenizas de fondo, depende del material de origen, en este caso es un sub producto producido por la calcinación de madera como es el eucalipto y también el carbón, así como también otros minerales adicionados por la presencia de los ladrillos, cuya obtención como ceniza es obtenida aproximadamente luego de dos días de enfriamiento. (p.36)



Figura 6. Ceniza producto de la calcinación de eucalipto en horno artesanal.

Fuente: elaboración propia.

Cemento Pacasmayo tipo I

Según la NTP 334, clasifica al cemento en 5 tipos en función a su funcionalidad, así mismo define al cemento tipo I, como un cemento de uso general con propiedades que se adecuan al tipo de trabajo solicitado.

Su costo es accesible en función a la marca, en este caso el diseño de mezcla de concreto para carpeta de rodadura rígida sometida a ensayo de medición, fue de Cemento Pacasmayo, su elección estuvo en función a su accesibilidad en el mercado, puesto que es una marca reconocida y muy utilizada en la región. En la tabla N° 1 se presenta las propiedades del cemento Pacasmayo tipo 1 a utilizar.

Tabla 1. Características químicas y físicas del cemento Pacasmayo tipo I

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.1
SO ₃	Máximo	3.0	%	NTP 334.086	2.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	3.1
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	8
Finura, Superficie específica	Mínimo	2,600	cm ² /g	NTP 334.002	4000
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.07
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.4 (4260)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	36.6 (5310)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	45.3 (6570)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	139
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	250

Fuente: Cementos Pacasmayo

Estudio de suelos

Rico, Castillo (2005) mencionan que la capacidad de los suelos para el soportar cargas, es un aspecto netamente fundamental, no obstante, los suelos según los elementos que lo componen tienen propiedades variables, por tanto, toda obra solicita un estudio de suelos que permita definir el comportamiento de los suelos y la resistencia a cargas impuestas para lograr un mejor aprovechamiento y mejores resultados. (p. 5 y 6)

Método aashto

Según Cordo, O. (2006, p.4 -11), en la traducción de aashto 93 al castellano, traduce que el método aashto es un método internacional empírico con base experimental, su origen fue desarrollado en pavimentos de prueba a escala real que se realizaron en dos años en 1958 a 1960, donde se hizo pasar vehículos

de diferentes ejes de carga para la medición y determinación de comportamiento del pavimento, a partir de 1961 fue publicado de forma preliminar, en 1973 se publicó los estudios de forma formal y en 1993 adquirió una guía de diseño completa que explicaba la forma del diseño de pavimento.

Estudio de tráfico

En el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos (2014, p.61), un estudio de tráfico, está definido por el conteo de móviles clasificados según el tipo de vehículos en función de sus ejes, que permite medir y determinar el IMDA, en cada tramo vial, para el diseño estructural de un pavimento.

Según Cordo, O. (2006, p.21), en la traducción de Aashto 93 al castellano, el tráfico está determinado por el conjunto de vehículos clasificados en función de su peso y sus ejes, así mismo menciona la función principal en un diseño de un pavimento es resistir cargas proporcionadas por el tráfico.

Ensayo Marshall

Según el MTC E- 504 (P.583) nos indica que la mezclas bituminosas compactadas son sometidas a diversos ensayos físicos tales como la estabilidad, flujo, resistencia a tracción indirecta y módulos, así mismo el ensayo de estabilidad de Marshall es la máxima resistencia a una razón constante de carga, a la deformación que se puede emplear para monitorear los procesos de producción de mezclas asfálticas. El ensayo de Marshall se desarrolla en el laboratorio y se realiza placas con agregados de 25 mm de tamaño máximo con lo cual se determinará el diseño de mezcla bituminosa para pavimentos, con una altura nominal de 64 mm y 102 mm de diámetro y así poder calcular sus diferentes parámetros

Ensayo de probeta

Según el ASTM – C39, el ensayo de compresión uniaxial o de probeta es un ensayo que consiste en la preparación de cilindros de concreto con dimensiones de 15 x 30 cm, 10 x 20 cm o con relación 2 de longitud/diámetro, que luego serán sometidos a curado de 28 días o según este se disponga a ser analizado, para

luego ser sometido a ensayo de compresión con velocidad de penetración de carga de 0.25 ± 0.05 Mpa/s.

Su medición se obtiene al dividir la carga máxima obtenida del ensayo entre el área de la sección transversal de la probeta de concreto sometida a compresión.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

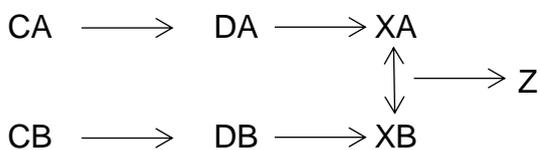
3.1.1. Tipo de Investigación

Esta investigación sigue un propósito del tipo aplicada, debido a que se enfoca en la búsqueda de nuevos conocimientos para dar solución a un determinado problema, en este caso, nuevas alternativas de mejora para el sector vial, buscando ser provechosa para investigaciones futuras y aplicada como una alternativa de uso para la sociedad y respeto al medio ambiente.

Según su nivel, es del tipo exploratorio, porque pretende comprobar a través de la investigación un posible mejoramiento de resistencia mediante el uso adicional de un agregado como es la ceniza de eucalipto.

3.1.2. Diseño de investigación

Esta investigación es experimental, cuasi experimental específicamente, la variable independiente en este caso las cenizas orgánicas, serán añadidas en un determinado porcentaje a las diferentes muestras sometidas a ensayo de probeta y Marshall según sea requerido para la determinar de la resistencia a la compresión, flexión y deformación, cumpliendo los requerimientos solicitados por la norma técnica CE.010, ASTM D-39, AASHTO 1993, y el método ACI, asimismo para el análisis de resultados tendrá un enfoque correlacional, puesto que busca medir correlacionalmente las variables.



C = Carpeta de pavimento flexible (A) y rígido (B); D = Diseño; X = Resultado de la investigación; Z = Análisis correlativo de resultado

XA1: diseño de probeta de concreto con agregado del 6% de ceniza de eucalipto.

XB1: diseño de testigo asfáltico con agregado del 6% de ceniza de eucalipto.

XA2: diseño de probeta de concreto con agregado del 8% de ceniza de eucalipto.

XA3: diseño de probeta de concreto con agregado del 10% de ceniza de eucalipto.

XB2: diseño de testigo asfáltico con agregado del 8% de ceniza de eucalipto.

XB3: diseño de testigo asfáltico con agregado del 10% de ceniza de eucalipto

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable independiente

Las cenizas de eucalipto (CE) se definen como un material silíceo que actúa como un material cementante y mejora las características mecánicas del suelo, así mismo, operacionalmente la medición se realizó utilizando las cenizas de eucalipto (CE), como primera dimensión se tiene al agregado porcentual de las cenizas de eucalipto, con una escala de medición a razón, así mismo como segunda dimensión se encuentran las características de los agregados con indicadores de calidad con escala de medición ordinal.

3.2.2. Variable dependiente

- Resistencia de carpeta de rodadura flexible

Definida conceptualmente como, en un pavimento flexible la carpeta asfáltica suele tener menor rigidez, tendiendo a deformarse y transmitir tensiones en mayor intensidad sobre la rasante. Aashto (1993, p.1), definida operacionalmente como una composición de mezcla asfáltica que posee a temperatura ambiente una consistencia de sólido o semisólido, con propiedades termoplásticas, y a bajas temperaturas actúan como un sólido frágil y quebradizo, y a temperaturas elevadas como un líquido viscoso. Esta variación puede ser más o menos pronunciada en función del tipo de asfalto y de su proceso de obtención, como primera dimensión toma las características de los agregados, que abarcan los indicadores de calidad medida ordinalmente y cantidad medida a razón; como segunda dimensión se encuentran las características específicas respecto a la resistencia y la manejabilidad ambos medidos a razón.

- Resistencia de carpeta de pavimento rígido.

En un pavimento rígido la losa que compone la capa que es la carpeta, absorbe casi en total los esfuerzos impuestos por el tránsito, transmitiendo lo menor posible de esfuerzos a las capas inferiores. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014, p.209), definida operacionalmente como El diseño de concreto en algunas ocasiones es de tipo empírico, y su determinación influye en la resistencia a la compresión y flexión principalmente, como primera dimensión toma las características de los agregados, que abarcan los indicadores de calidad medida ordinalmente y cantidad medida a razón; como segunda dimensión se encuentran las características específicas respecto a la resistencia y la manejabilidad ambos medidos a razón.

3.3. Población, muestra y muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población

La población del presente proyecto estuvo constituida por el diseño de la carpeta del pavimento tanto flexible como rígido en Cochapampa, La Libertad, que es lo que se estudió y analizó.

3.3.2. Muestra y muestreo

La muestra fue conformada por las 27 briquetas asfálticas, 36 probetas cilíndricas de concreto y 12 probetas prismáticas de concreto, considerando las muestras patrón, las mismas que fueron sometidas a estudio mediante muestras de asfalto-ceniza y concreto-ceniza usando CE como agregado en un 6%, 8% y 10% para el cemento y asfalto, y el uso de materiales de la zona a implementar, en Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad.

El muestreo es no probabilístico, porque la sección de la muestra está definida en función del criterio del investigador, mediante el juicio de expertos.

3.3.3. Unidad de análisis

El diseño de la carpeta de rodadura abarco el caserío de Cochapampa, Santa Cruz De Chuca, Santiago de Chuco, La Libertad, en el kilómetro 23, 24 y 25, que es por donde atraviesa esta vía específicamente, y es también la zona de donde se utilizó el material de agregado.

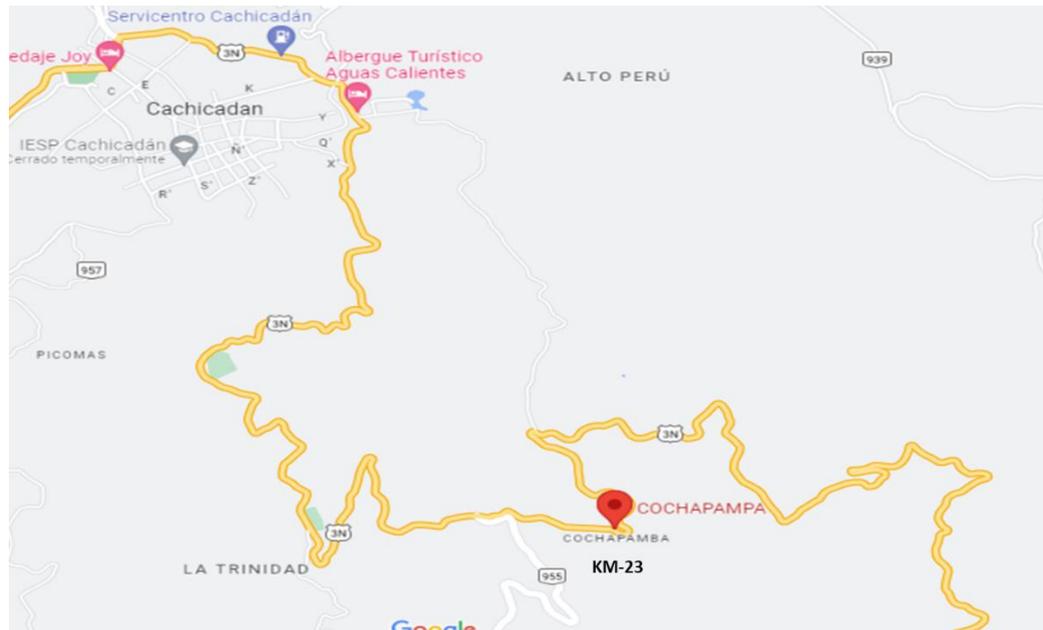


Figura 7: Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Google Maps.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el desarrollo del presente proyecto de investigación se usó técnicas de observación directa que a su vez fue estructurada, la cual consistió en captar por medio de la vista y de manera sistemática una situación producida en un determinado entorno a investigar, asimismo el instrumento de recolección de datos que tuvimos fue la observación de campo y de laboratorio que proporcionaron datos de un tema en particular, en nuestro caso mediante ensayo vinculado al diseño de concreto y asfalto según el método ACI, ASSHTO y ASTM.

3.5. Procedimientos

El desarrollo del presente proyecto abarca el ensayo de materiales y el desarrollo de dos diseños específicos, destinados al análisis de resistencia con la adición de ceniza orgánica producto de la calcinación de leños de eucalipto obtenido en horno de panadería artesanal, como agregado en las muestras de asfalto y concreto, que son las dos posibilidades de pavimento a analizar respectivamente.

Ensayo de materiales

- Análisis granulométrico

Según el MTC E 107, el ensayo granulométrico permite la gradación de los agregados en función de su tamaño de partícula que es separada en tamices con aberturas diferentes, permitiendo la medición mediante el peso de retenidos y agregados pasantes en las diferentes mallas pesados con balanzas que presenten sensibilidad del 0.1% para materiales retenidos en la malla N°4 y 0.01g para materiales pasantes de la malla N°4.

El juego de tamices incluye tamices de 3", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4, 10, 20, 40, 60, 140 y 200.

Para el caso del asfalto, las mallas a usar para el agregado grueso son respectivamente desde el tamiz N° 4 hasta el de ½" y para el fino menores al N°4.

Las fórmulas de cálculo se expresan a continuación:

$$\%retenido = \frac{W_{retenido}}{W_{total}} \times 100 ; \quad \%pasa = 100\% - \%Retenido$$

Donde:

-W retenido: Peso del material retenido en una determinada malla (gr).

- W total: Peso del material sometido a ensayo.

- Contenido de humedad

Según el MTC E 108, el contenido de humedad es un método que permite determinar la cantidad porcentual de agua en los agregados, su medición consta del pesado de la muestra de agregado en este caso fino en estado natural y el pesado del material en estado seco (secado al horno por 24 horas a temperaturas de 110°C ± 5°C), siendo determinada mediante calculo con la siguiente formula.

$$\%Humedad = \frac{W_{H2O}}{W_{suelo\ seco}} \times 100 \quad ; \quad W_{H2O} = W_{natural} - W_{suelo\ seco}$$

Donde:

W natural: Peso del material en estado natural, tal como a sido extraído.

W suelo seco: Peso del material que a sido secado al horno por 24 horas a 110°C +- 5.

- Límite líquido

Según MTC E 110 el límite líquido consiste, en la determinación del porcentaje de contenido de humedad del material, la cual se obtiene colocando en el aparato de casa grande y separando el material en 2 partes iguales con espaciamento de 13mm y luego se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1cm siendo 2 caídas por segundo, y el valor obtenido se aproxima al centésimo.

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{O} \quad LL = kW^n$$

Donde:

N = N° de golpes que cierran la ranura en la copa Casagrande.

Wn = Cont. de humedad del agregado.

K = factor en función al numero de golpes.

20 golpes → K = 0.974

21 golpes → K = 0.979

22 golpes → K = 0.985

23 golpes → K = 0.990

24 golpes → K = 0.995

25 golpes → K = 1.000

26 golpes → K = 1.005

27 golpes → K = 1.009

28 golpes → K = 1.014

29 golpes → K = 1.018

30 golpes → K = 1.022

- Límite plástico

Según MTC E 111 el límite plástico consiste, en la determinación de plasticidad del material de acode con la humedad de estos, y esto se obtiene tomando 20 g de muestra que pasa por el tamiz de 426 mm (N°4), preparado una masa con una determinada cantidad de agua destilada para luego formar barras de suelos de unos 3.2 mm (1/8") de diámetro en una superficie lisa.

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seca al horno}} * 100$$

- Índice plástico

Según MTC E 111 el índice plástico se define como la diferencia y la obtención negativa del límite líquido y límite plástico estos definen que será o no plástico.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

LL: límite líquido

Lp: límite plástico

- Gravedad específica del agregado fino

Según MTC E 205 la gravedad específica de agregado fino se utilizan para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas, se obtiene mediante el cuarteo, pasando el material en el tamiz de 4.75 mm (N°4) y llenando en un picnómetro de agua, secado de material fino a peso constante a una temperatura de $110 \pm ^\circ\text{C}$ hasta alcanzar la marca de 500 cm³.

Peso específico masa (Pe_m)

$$Pe_m = \frac{W_0}{(V - V_a)} * 100$$

Peso específico de masa saturado con superficie seca (Pe_{sss})

$$Pe_{sss} = \frac{500}{(V - V_a)} * 100$$

Peso específico aparente (Pe_a)

$$Pe_a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} * 100$$

Donde:

Pem: Peso especif. Respecto a su masa.

Wo: contenido de aire en la muestra.

V: volumen del picnómetro (cm³)

Vs: Peso del H₂O

- Gravedad específica y absorción del agregado Grueso

Según MTC E 206 el peso específico de agregado grueso consiste en determinar el peso específico seco, saturado seco, aparente y la absorción después de 24 horas. Esto se obtiene seleccionando y proporcionando la muestra, luego se sumerge en agua por 24 horas, luego se seca el material y se pesa sumergida en agua, luego se seca en el horno por 24 horas para obtener luego el peso.

Peso específico de masa

$$P_{cm} = \frac{Wms}{(Wmsat. - Wh2O)} * 100$$

Pe de masa saturada con superficie seca (Pe_{sss})

$$Pe_{sss} = \frac{Wmsat.}{(Wmsat. - Wh2O)} * 100$$

Peso específico de masa

$$Pe_a = \frac{Wms}{(Wms - Wh2O)} * 100$$

Pe aparente (Pea)

$$A_b(\%) = \frac{(Wmsat. - Wms)}{Wms} * 100$$

Donde:

Wms: peso de la muestra secada al aire.

Wmsat.: peso de la muestra saturada.

Wh2O: peso del agua en el picnómetro.

- **Peso unitario**

Según el MTC E 203, el peso unitario consiste en determinar el volumen que ocupa un material en estado suelto y en estado compactado, midiéndose así en unidad de masa por unidad de volumen.

Para determinar el peso unitario suelto el procedimiento abarca el llenado del material en un molde al raz, con una capacidad volumétrica y peso conocido, y luego el pesado del material que ha ocupado el molde.

Para la determinación del peso unitario compactado, el procedimiento consiste en el llenado del material en tres capas, donde cada capa es compactada con 25 varilladas, luego se nivela con una regla y se pesa.

Los cálculos para su determinación son:

$$PUS = \frac{Wms}{Vms} = \frac{W_{ms+molde} - W_{molde}}{V_{molde}} ; PUC = \frac{Wmc}{Vmc} = \frac{W_{mc+molde} - W_{molde}}{V_{molde}}$$

Donde:

Wms: Peso del material en estado suelto (gr, kg)

Wmc: Peso del material en estado compactado (gr, kg).

- **Inalterabilidad de los agregados**

Según el MTC E 209, este ensayo permite determinar el grado de resistencia de los agregados a la presencia de sulfatos ya sea de sodio o magnesio altamente disgregante del material rocoso.

Este ensayo consiste en la disolución de sulfato de sodio o magnesio, cantidad a la que se sumergirá el agregado durante 16 a 18 horas con t° 21°C+- 1°C, luego se sacan y secan los agregados al ambiente por 15 minutos +- 5 minutos, luego se lleva al horno que se continúe secando para luego poner a la balanza a t° de 105°C de 2 a 4 horas, se realiza el procedimiento cíclicamente hasta cumplir como mínimo 5 ciclos. Después de completar los ciclos, la muestra es lavada con agua destilada y cloruro de

bario eliminan los sulfatos, se lleva al horno de secado a 105°, se tamiza y se determina las pérdidas en función a los tamices en el orden siguiente.

De 2 1/2" a 1 1/2" → Tamiz para pérdida → 1 1/4"

De 1 1/2" a 3/4" → Tamiz para pérdida → 5/8"

De 3/4" a 3/8" → Tamiz para pérdida → 5/16"

De 3/8" a N°4 → Tamiz para pérdida → N°5

Para el caso de los agregados finos, este ensayo se realiza sobre los materiales que pasan la malla de 3/8 al N°4, mientras que para el grueso es el retenido en la malla N°4.

Procedimiento para ensayo de resistencia en carpeta flexible

El diseño de mezcla asfáltica constó de 6 diseños de briquetas que abarcaron 18 unidades con agregado de asfalto PEN 60/70 adecuado para asfalto en caliente como lo especifica la norma de pavimentos urbanos (p.38), con una participación porcentual del 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 9% y 10% para encontrar el óptimo de asfalto que representaría al diseño de mezcla patrón, en este caso fue del 6%, a partir de ello se realizó las briquetas con agregado de 6%, 8% y 10% correspondiente, dicho diseño siguió los parámetros de la norma ASSHTO y ASTM correspondientes a materiales bituminosos. Los agregados gruesos (confitillo) y finos que fueron menores a 1/2", con un 1% de filler y una participación porcentual de 38% y 61% de la mezcla de agregados pétreos y arenosos, dicha mezcla fue preparada en caliente a temperatura de 140°C, y agregado a moldes previamente calentados a temperatura de 60 °C durante 40 minutos para el moldeado de las probetas respectivamente, luego por 40 min aproximadamente fue sometido a baño maría realizando seguidamente el ensayo marshall para la determinación de su resistencia en base a la mezcla asfáltica natural y el modificado con agregado de ceniza orgánica producto de la combustión de leños de eucalipto en un 6%, 8% y 10%. (Ver anexo 4)

Procedimiento para ensayo de resistencia en carpeta rígida

El diseño del concreto siguió el método ACI y ASTM, constó de 36 muestras cilíndricas y 12 muestras prismáticas, considerando el concreto patrón y el diseño de concreto con adición de ceniza de eucalipto en un 6 %, 8% y 10%, tres

para cada edad según la norma E.060 y ASTM; en cuanto a los materiales a emplear se utilizó el cemento portland tipo I marca Pacasmayo, el agregado grueso fue obtenido de cantera seleccionada de la zona del proyecto con tamaños de 1" a menos y agregado fino respectivamente, que cumple los parámetros establecidos. La dosificación estandarizada en función de sus elementos fue de 1: 2.81: 2.88 respectivamente, y una relación de a/c de 0.53, con un periodo de curado de 7, 14 y 28 días como lo especifica la norma E.060 y ASTM, en el caso de las muestras cilíndricas para luego ser sometido a ensayo de probeta (ensayo de compresión diametral), para la determinación de su resistencia en base al concreto natural y el modificado con agregado de ceniza de leña de eucalipto. Y para el caso de las probetas prismáticas el periodo de curado fue de los 28 días para luego ser sometido a ensayo de flexión, permitiendo así la determinación de la resistencia a la flexión tanto en las probetas patrón y las probetas con agregado de CE. (Ver anexo 5)

3.6. Método de análisis de datos

Los métodos de análisis de datos empleados para el desarrollo del proyecto, son el método ACI, NTP, MTC, ASSHTO-93, y el ASTM, que abarcan los ensayos de probeta y Marshall para el análisis de los dos tipos de carpetas de pavimentos sometidos a investigación, pavimentos flexible y pavimento rígido respectivamente, así mismo la prueba de la hipótesis para el descarte o confirmación de lo planteado inicialmente mediante la determinación y verificación de datos obtenidos bajo los ensayos antes mencionados.

3.7. Aspectos éticos

Honestidad: Este proyecto de investigación se enfocó en hechos verdaderos, verificables, sin modificar ni redireccionar resultados.

Justicia: La diversa información que complementa y justifica la investigación fue extraída de diferentes libros, tesis y artículos investigativos que se encuentran debidamente referenciados, nombrando a cada autor como dueño de su investigación y trabajo realizado.

Imparcialidad: Dichos resultados obtenidos bajo información, no siguen opiniones direccionadas, inclinaciones y favoritismos que pongan en riesgo la veracidad de los resultados.

IV.RESULTADOS

RESPONDIENDO AL OBJETIVO N° 1: DETERMINAR CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS CENIZAS DE EUCALIPTO.

La ceniza obtenida para el desarrollo del ensayo se obtuvo de a zona de estudio, básicamente en el Km-23 del caserío de Cochapampa, Santa Cruz de Chuca, Santiago de Chuco, La libertad. Fue una donación de una de las familias habitantes de esa zona que posee horno a leña, extraída directamente por nosotros los investigadores con los cuidados respectivos, por lo que la muestra no a presentado alguna alteración de sus componentes para ser estudiada y definida, en función a los elementos que lo componen.

El análisis químico de la ceniza se realizó en el laboratorio químico de la universidad Nacional de Trujillo, en Trujillo, y tubo por objetivo verificar el cumplimiento de los requerimientos de la norma ASTM C 618, que exige para el uso de cenizas dentro de una mezcla de concreto.

Tabla 2. *Requerimientos químicos de la norma ASTM C 618*

Requerimientos Norma ASTM C 618	
Dióxido de silicio (SiO ₂) + Oxido de Al (Al ₂ O ₃) + Oxido de fe (Fe ₂ O ₃)	70% mín.
Oxido de Calcio (CaO)	-----
Trióxido de azufre (SO ₃)	4 % máx.
Cont. Humedad	3% máx.
Perdida en ignición.	10% máx.

Fuente: Norma ASTM C618

Tabla 3. Composición química de las CE

Composición	Contenido %	Método usado
Dióxido de silicio (SiO ₂)	73.85	Espectrometría de fluorescencia de rayos X
Oxido de calcio (CaO)	4.83	
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	0.89	
Trióxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	0.42	
Óxido de potasio (K ₂ O)	6.67	
Óxido de magnesio (MgO)	0.41	
Pentóxido de fósforo (P ₂ O ₅)	1.02	
Oxido de cobre (CuO)	0.64	
Trióxido de azufre (SO ₃)	2.31	
Óxido de Zink (ZnO)	0.01	
Óxido de Manganeso (MnO)	0.081	
Pérdida por quemado	8.87	

Fuente: Laboratorio Químico de la UNT.

Tabla 4. Cumplimiento de la norma ASTM C 618

Cumplimiento según los requerimientos Norma ASTM C 618			
Composición química	% de CE	Comparación	Norma ASTM C618
Dióxido de silicio (SiO ₂) + Oxido de Al (Al ₂ O ₃) + Oxido de fe (Fe ₂ O ₃)	73.85	>	70% mín.
Oxido de Calcio (CaO)	4.83	-----	-----
Trióxido de azufre (SO ₃)	2.31	<	4 % máx.
Cont. Humedad	1%	<	3% máx.
Perdida en ignición.	8.87	<	10% máx.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

En la tabla N° 3 se puede identificar los elementos principales que compone la muestra extraída y que cumple los requerimientos de la norma ASTM C 618 referente al uso de cenizas como agregado en mezcla de concreto.

RESPONDIENDO AL OBJETIVO N° 2: DETERMINAR LOS PORCENTAJES DE ADICIÓN DE CENIZAS DE EUCALIPTO EN AMBOS DISEÑOS DE MEZCLA PARA CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA.

Los valores fueron determinados en función a estudios anteriores, que han sido considerados dentro de los antecedentes, que si bien no están directamente vinculados al proyecto en lo que respecta a pavimentos, sino más bien a proyectos constructivos de edificaciones, estos presentan dentro de su estudio investigativo, el uso de las cenizas de eucalipto, especialmente en el concreto como es el caso de Franco que en su artículo de investigación de Colombia (2019), determino que el uso de las cenizas de eucalipto, entre un 5 y 10 % influyen progresivamente sobre la resistencia, mientras que a mayor porcentaje, la resistencia tiende a ser menor. Así mismo, tesis como Chinguel R. (2020), Girón, et. al (2021), Solano J. (2020) y Villanueva, J. promueven el uso entre un 4 y 15% de ceniza como agregado al concreto.

Por tanto, los valores a estrategia de los autores fueron designados como el 6%, 8% y 10%.

RESPONDIENDO AL OBJETIVO N° 3: DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE LA CARRETERA DE LA ZONA DE ESTUDIO

Estudio de tráfico

Para la determinación del flujo vehicular se realizó un análisis de tráfico en el km 23 de la carretera Cochapampa, Santiago de Chuco, la Libertad, puesto que es el kilómetro de la vía que cruza este caserío, por tanto, hay más tráfico, asimismo es la vía principal de acceso hacia las demás zonas circundantes, y antecede a los km 24 y 25 que ocupan la misma cantidad de tráfico.

Tabla 5. Estudio de tráfico e IMD del Km 00+23

TIPO DE VEHICULO		24 horas SEPTIEMBRE - 2022 KM.23 - COCHAPAMPA							TOTAL
		JU	VI	SA	DO	LU	MA	MI	
Moto lineal	(Ligero)	88	65	59	50	90	87	90	529
Auto	(Ligero)	18	15	5	8	20	15	18	99
camioneta	(Ligero)	76	76	80	75	89	78	67	541
combi	(Ligero)	39	51	39	35	60	32	43	299
Ambulancia	(Ligero)	2	0	0	0	2	0	0	4
Bus	(Pesado)	2	2	2	2	2	2	2	14
camión	C2	27	11	10	6	17	13	25	109
	C2RB1	18	16	15	8	20	16	18	111
Cisterna de combustible	(Pesado)	2	0	0	2	0	2	0	6
Total		272	236	210	186	300	245	263	1712
%		16%	14%	12%	11%	18%	14%	15%	100%

Fuente: Elaboración propia.

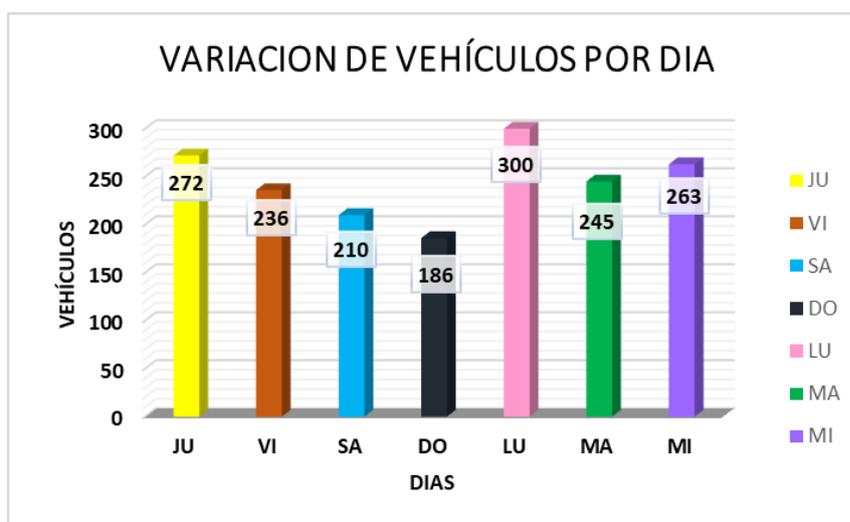


Figura 8: Vehículos por día

Fuente: Elaboración propia

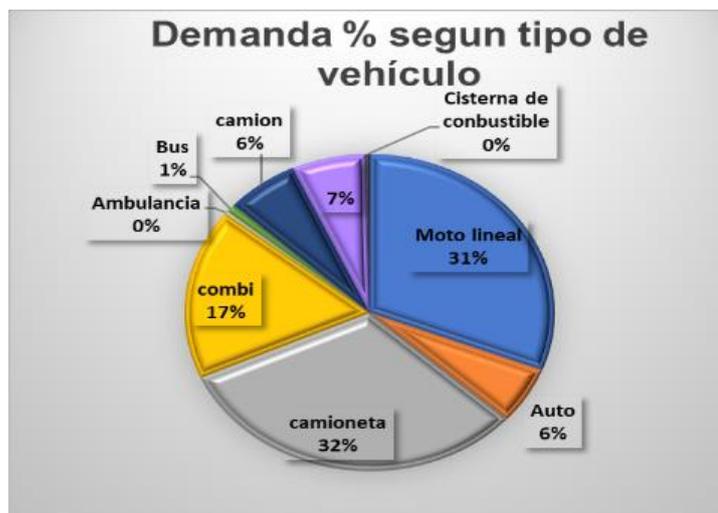


Figura 9: Demanda % según vehículo

Fuente: Elaboración propia

La transitabilidad de los vehículos diarios es variable, siendo los días lunes y jueves los más transitados y principalmente por vehículos ligeros.



Figura 10: Estudio de tráfico, Cochapampa, Santiago de Chuco.

Fuente: Fotografía de los autores

Cálculo del IMDA

La determinación del IMDA, se obtuvo mediante la fórmula especificada en el manual de carreteras DG – 2018.

$$IMD_s = \sum \frac{V_i}{7 \text{ días}} \qquad IMD_a = IMD_s * FC$$

Donde:

IMD_s: Índice Medio Diario Semanal tomado

IMD_a: Índice Medio Anual

V_i: Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo

FC: Factor de Corrección Estacional en función del vehículo ligero o pesado

Determinación del factor de corrección (FC)

El tráfico para cada mes y zona del país es variable y está en función a diferentes factores como el clima, la producción y las festividades principalmente, este flujo es medible y actualizable por la el MTC, que atribuye cada cierto tiempo factores de corrección para el flujo de tráfico anual, mediante los peajes impuestos en diferentes zonas de flujo vehicular y de carga mayor.

En todo el Perú existen en total 78 peajes, con sus respectivos factores de corrección aplicables en función del peso del vehículo, mes y año, siendo el más cercano a la zona de estudio el peaje de Menocucho, ubicado en la Libertad, en el tramo de la carretera Trujillo - Otuzco, la misma que sigue el recorrido hasta Santiago de Chuco, la provincia donde se ubica la zona de estudio.

FC (vehículos ligeros) = 1.0854

FC (vehículos pesados) = 1.0001

Dichos datos fueron obtenidos de la tabla de factores de corrección determinados por el MTC 2010-2016, que fue la última actualización dada y utilizada dentro del cálculo del IMDA hasta el momento.

Tabla 6. Índice medio diario anual corregido

TIPO DE VEHICULO		TOTAL (7 días)	IMD sin corrección	%	FC vehículos	IMDA	%
Moto lineal	(Ligero)	529	76	31%	1.0854	82	31%
Auto	(Ligero)	99	14	6%	1.0854	15	6%
camioneta	(Ligero)	541	77	31%	1.0854	84	32%
combi	(Ligero)	299	43	17%	1.0854	47	18%
Ambulancia	(Ligero)	4	1	0%	1.0854	1	0%
Bus	(Pesado)	14	2	1%	1.0001	2	1%
camión	C2 (Pesado)	109	16	7%	1.0001	16	6%
	C2RB1 (Pesado)	111	16	7%	1.0001	16	6%
Cisterna de combustible	(Pesado)	6	1	0%	1.0001	1	0%
		1712	246	100%		264	100%

Fuente: Elaboración propia.

Demanda de tráfico futuro

El diseño de carpeta está proyectado a 20 años, para lo cual la tasa de crecimiento según el Manual de carreteras, sección suelos del MTC – 2014 lo define de la siguiente manera:

$$T_n = T_o(1 + r)^{(n-1)}$$

Donde:

T_n = tránsito proyectado (veh/día)

T_o = Tránsito actual (veh/día)

n = Año de proyección

r = Tasa anual de crecimiento de tránsito

Determinación de la tasa de crecimiento para vehículos livianos y pesados:

Según la última actualización del MTC, del año 2017, la tasa de crecimiento para vehículos livianos, correspondiente a la Libertad es de 1.26% y para vehículos pesados es de 2.83%.

Tabla 7. Vehículos por año proyectado

TIPO DE VEHICULO		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
Moto lineal	(Ligero)	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120
Auto	(Ligero)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
camioneta	(Ligero)	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122
combi	(Ligero)	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
Ambulancia	(Ligero)	1.00	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Bus	(Pesado)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
camión	C2	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	C2RB1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Cisterna de combustible	(Pesado)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
IMD TOTAL		264	275	286	297	308	319	330	341	352	363	374	385	396	407	418	429	440	451	462	473

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla número 7, esta vía tiene una demanda actual de 264 veh/día y una futura de 473 veh/día, por tanto, según el manual DG-2018, lo define como una carretera de tercera clase.

Determinación de la resistencia de sub rasante

Según el manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2014), en el pavimento la base granular debe tener mínimo un CBR del 80%, la Sub base granular, debe tener mínimo un CBR del 40% y la sub rasante que conforma la superficie terminada en una carretera y es sobre la que se anteponen las demás capas del pavimento, debe tener un CBR mayor o igual al 6%, y si está por debajo de este valor, debe ser estabilizada o reemplazada por un material más firme que cumpla lo especificado. (p.24)

Tabla 8: Categoría de la Sub Rasante en función al CBR

Categoría de Sub rasante	CBR
--------------------------	-----

S ₀ : Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante pobre	3% ≤ CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante regular	6% ≤ CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante buena	10% ≤ CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante muy buena	20% ≤ CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante excelente	30% ≤ CBR

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, según estudios realizados en el estudio definitivo de rehabilitación y mejoramiento de carreteras tramo Santiago de Chuco – Cachicadan - Mollepata, del año 2018, la sub rasante de la zona tiene un CBR = 6.1% principalmente.

Diseño de carpeta en pavimento flexible

El diseño de la carpeta asfáltica sigue los parámetros que solicita la zona de estudio, tal como sub rasante de 6%, Sub base del 40% de CBR, exigida por la norma de suelos y pavimentos del MTC-2014, con una carpeta asfáltica en caliente, y por ser en una zona lluviosa con una saturación entre el 5 y 25%, que al ser calculado por el método Aashto-93 estuvo definida por un espesor de 8 cm, y un calculado MR en función a lo solicitado de 8043 PSI (565.4 kg/cm²). Ver cálculos en Anexo 5.

Tabla 9: Módulo de resiliencia para diseño de pavimento flexible

Cuadro 12.5
Módulo Resiliente obtenido por correlación con CBR

CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M _r) (Psi)	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M _r) (MPa)	CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M _r) (Psi)	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M _r) (MPa)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,006.00	131.04
11	11,854.00	81.73	24	19,531.00	134.66
12	12,533.00	86.41	25	20,048.00	138.23
13	13,192.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,060.00	145.20
15	14,457.00	99.68	28	21,556.00	148.62
16	15,067.00	103.88	29	22,046.00	152.00
17	15,663.00	107.99	30	22,529.00	155.33
18	16,247.00	112.02			

Fuente: Norma Aashto 1993.

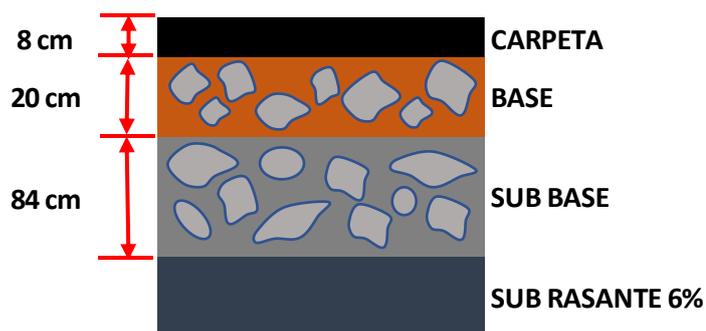


Figura 11: Espesor de capas en pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de carpeta en pavimento rígido

El diseño de la carpeta rígida de concreto hidráulico con pasadores, estuvo en función a los parámetros de la zona, tal como sub rasante de 6%, Sub base del 40% de CBR, exigida por la norma de suelos y pavimentos del MTC-2014, y

por ser en una zona lluviosa con una saturación entre el 5 y 25%, que al ser calculado por el método Aashto estuvo definida por un espesor de 11 cm, con un MR determinado de 40 kg/cm² y resistencia a la compresión de 210 kg/cm². ver cálculos en Anexo 6.

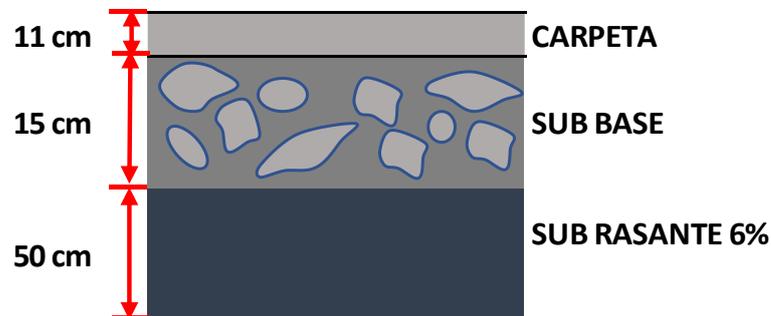


Figura 12: Espesor de capas en pavimento rígido

Fuente: Elaboración propia.

RESPONDIENDO AL OBJETIVO N° 4: SELECCIÓN DE CANTERA Y ANÁLISIS DE MATERIALES

En la zona de estudio se encuentran 2 canteras disponibles para ser utilizadas que son depósitos aluviales a base de grava angular, arenas y limos.

- **Cantera de Angasmarca**

Cantera del río Angasmarca es accesible, está ubicado a 2 horas de la zona de estudio y pertenece al distrito de Angasmarca, al oeste del caserío de Cochapampa, distrito de Santa Cruz de Chuca.

Coordenadas UTM

Latitud: - 8.131884°

Longitud: - 78.060986°

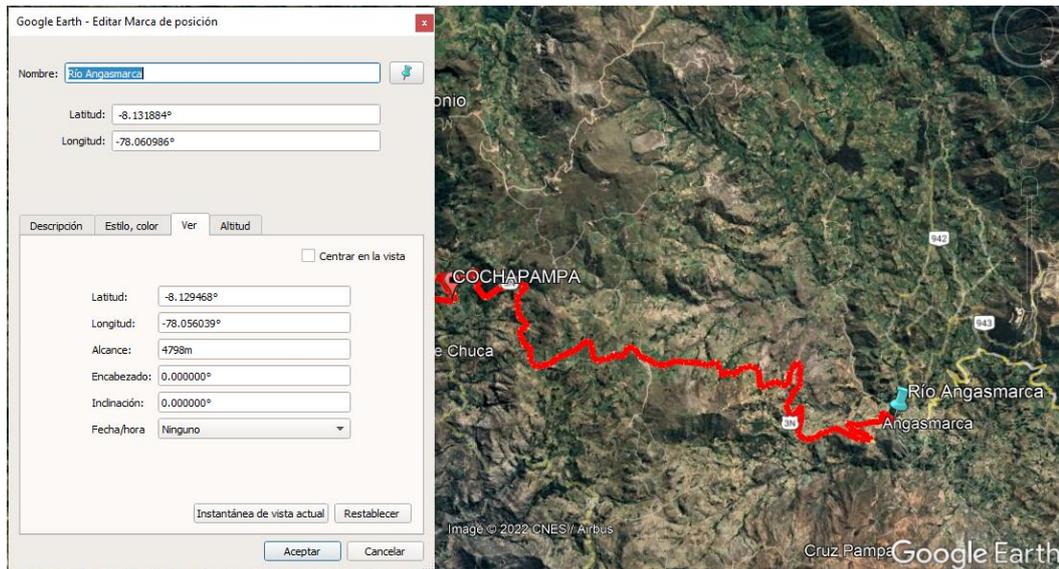


Figura 13: Ubicación de cantera, Río Angasmarca – Angasmarca

Fuente: Google Earth.

- Cantera del río San Antonio, Cachicadan
Cantera del río San Antonio, es accesible y está ubicado a 1 hora de la zona de estudio, pertenece al distrito de Cachicadan, al este del caserío de Cochapampa, distrito de Santa Cruz de Chuca.

Coordenadas UTM

Latitud: -8.080515°

Longitud: - 78.158594°

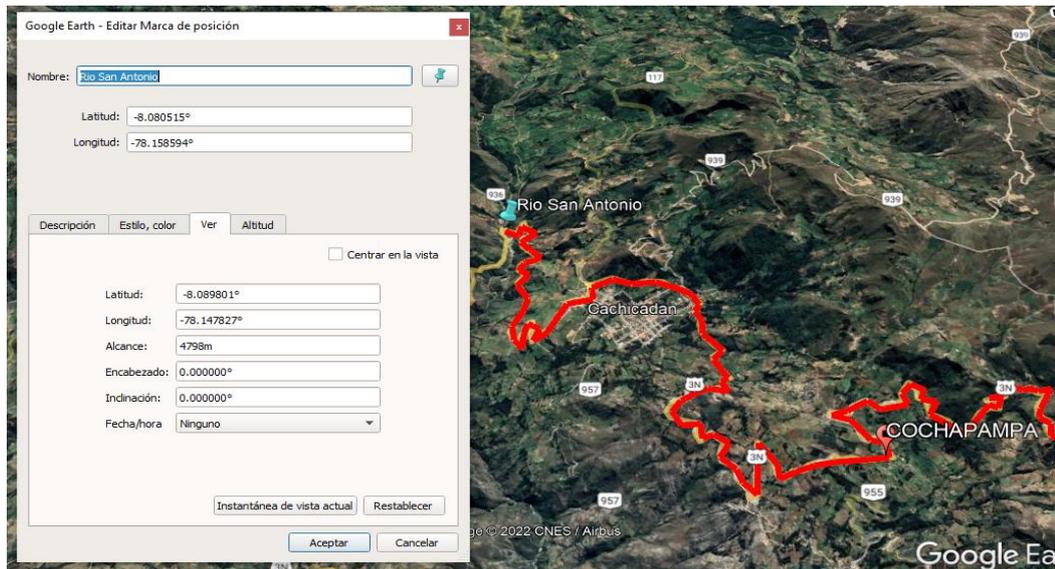


Figura 14: Ubicación de cantera, río San Antonio- Cachicadan

Fuente: Google Earth.

La selección de la cantera estuvo en función de la accesibilidad y distancia, todas ellas con un CBR óptimo según el estudio definitivo de rehabilitación y mejoramiento de carreteras tramo Santiago de Chuco – Cachicadan - Mollepata, del año 2018, optando así por la más próxima, en este caso la cantera del río San Antonio de Cachicadan.



Figura 15: Ubicación de canteras aledañas a Cochapampa, La Libertad.

Fuente: Google Earth.

Resultados de ensayo de materiales obtenidos de la cantera del río de Cachicadan.

Los ensayos de las muestras correspondientes a la cantera, abarcaron granulometría, contenido de humedad, gravedad específica y peso específico tanto para el agregado fino como el agregado grueso y cumplen los parámetros definidos por el en el manual de suelos geología, geotecnia y pavimentos del MTC-2014, NTP 400.037 y ASTM.

Agregado fino

- Ensayo granulométrico

Este ensayo siguió la norma ASTM, NTP y abarco los tamices N°1/2", 3/8, N°4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla N°10, a continuación. ver anexo 3 del procedimiento.



Figura 16: Fotografía de ensayo granulométrico de agregados

Fuente: Fotografía de los autores

Tabla 10: Tabla de cálculo granulométrico de agregado fino

TABLA DE CÁLCULO GRANULOMETRICO						
Tamices	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones NTP 400.037
1/2"	12.5	14.6	1.59	1.59	98.41	100.00
3/8"	9.5	2	0.22	1.81	98.19	100.00
4	4.75	69.4	7.55	9.36	90.64	95-100
8	2.36	159.8	17.39	26.76	73.24	80 - 100
16	1.18	158.5	17.25	44.01	55.99	50 - 85
30	0.6	155.6	16.94	60.94	39.06	25 - 60
50	0.3	205.6	22.38	83.32	16.68	10 - 30
100	0.15	121.8	13.26	96.58	3.42	2 - 10
200	0.075	31.3	3.41	99.99	0.01	
Base	-	0.1	0.01	100.00	0.00	
TOTAL		918.7	100.00			

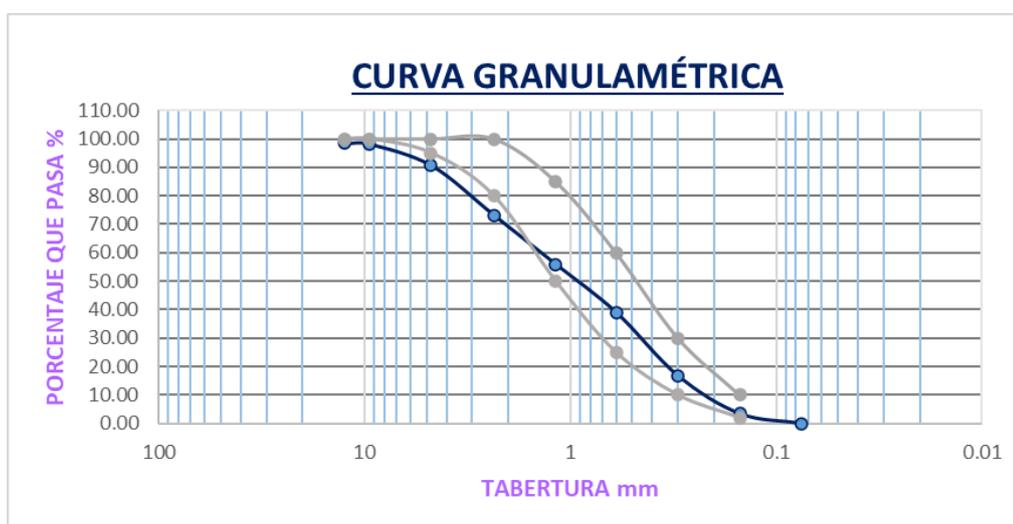
Fuente: Laboratorio JVL.

Tabla 11. Descripción de la muestra de agregado fino

Peso inicial seco	:	918.7
Peso lavado seco	:	---
Peso Material que pasa #200	:	0.10

Fuente: Laboratorio JVC.

Tabla 12. Curva granulométrica A.F.



Fuente: Laboratorio JVC.

Tamaño máximo : 1/2"

$$MF = \frac{\sum \%retenido_acumulado(6''+3''+1\frac{1}{2}''+\frac{3}{4}''+\frac{3}{8}''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$$

Módulo de fineza

$$MF = \frac{1.81+9.36+26.76+44.11+60.94+83.32+96.58}{100} = 3.23$$

Interpretación

Según la norma ASTM, el agregado fino retenido en cada malla no debe ser mayor al 45% del total entre dos tamices continuos, así mismo presenta un porcentaje óptimo que también se encuentra expresado en la norma NTP-400.037, y presenta una clasificación del agregado fino en función al módulo de fineza según el tipo de arena que presenta la muestra.

En este caso los agregados están al límite del rango especificado en cada tamiz, así mismo el agregado es determinado como un tipo de arena gruesa, según el rango de la tabla N° 13 de clasificación en función al módulo de fineza determinado por el ASTM.

Tabla 13. Graduación de la arena según MF

Arena	MF
Gruesa	2.90 gr – 3.20 gr
Media	2.20 gr – 2.90 gr
Fina	1.50 gr – 2.20 gr
Muy fina	1.50 gr

Fuente: Laboratorio JVC.

- Contenido de humedad

Siguió la norma ntp 339.185 y ASTM, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla a continuación.

Tabla 14: *Contenido de humedad del AF*

CONTENIDO DE HUMEDAD AF NTP 339.185			
Tara		1	2
W tara	(gr)	103.20	117.40
W tara + material Húmedo	(gr)	1014.10	1369.60
W tara + material Seco	(gr)	980.50	1317.70
W agua	(gr)	33.60	51.90
W material seco	(gr)	877.30	1200.30
Humedad %		3.83%	4.32%

Fuente: Laboratorio JVC.

Interpretación

La humedad presente en los agregados puede ser de saturación, cuando la presencia de agua se encuentra dentro de las partículas del agregado, o superficial cuando rodea la superficie del agregado, conocerlo es importante porque la presencia de agua en cierto porcentaje presente en los agregados, puede modificar de cierto modo el diseño del concreto y por tanto sus valores de resistencia.

En este caso las dos muestras de agregado fino, presentaron un porcentaje de humedad promedio de 4.1%.



Figura 17: *Contenido de humedad del AF.*

Fuente: Fotografía de los autores

- Gravedad específica.

Siguió la norma ASTM, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla a continuación.



Figura 18: Gravedad específica agregado grueso.

Fuente: Fotografía de los autores

Tabla 15. Gravedad específica y % de absorción de A.F.

G.E Y %ABSORCION DE A.F. (NORMA MTC E-205, NTP 400.022: AASHTO T-84)			
W Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire)	(gr)	500	500
W Frasco + agua	(gr)	1208.3	1208.2
W Frasco + agua + A	(gr)	1708.3	1708.2
W del Mat. + agua en el frasco	(gr)	1522.2	1522.1
Vol de masa + Vol de vacío	(gr)	186.1	186.1
Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C)	(gr)	490.5	490.4
Vol de masa		176.6	176.5
Pe bulk (Base seca)		2.636	2.635
Pe bulk (Base saturada)		2.687	2.687
Pe aparente (Base Seca)		2.777	2.778
Porcentaje de absorción		1.94%	1.96%

Fuente: Laboratorio JVC

Interpretación

La gravedad específica según el ASTM C-128, es definida como la cantidad porcentual que ocupan los agregados por cm³ de mezcla del diseño.

En este caso el agregado sometido a ensayo arrojó un promedio porcentual de gravedad específica de 1.95%.

- Peso Unitario

Tabla 16. Peso unitario suelto del A.F.

P.U. SUELTO DEL AGREGADO FINO (ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)			
Peso del Molde :		2568.60 gr	
Volumen del Molde :		2849.99 cm ³	
Muestra	1	2	3
Peso de molde + muestra (gr)	6292	6314	6305
Peso de molde (gr)	2568.60 gr	2568.60 gr	2568.60 gr
Peso de la muestra (gr)	3723.4	3745.4	3736.4
Volumen (cm ³)	2849.99 cm ³	2849.99 cm ³	2849.99 cm ³
Peso unitario suelto (gr/cm ³)	1.31	1.31	1.31

Fuente: Laboratorio JVC.

Tabla 17. Peso unitario compactado del A.F.

P.U. COMPACTADO DEL AGREGADO FINO (ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)			
Peso del Molde :		2568.60 gr	
Volumen del Molde :		2849.99 cm ³	
Muestra	1	2	3
Peso de molde + muestra (gr)	6940.00	6951.00	6947.00
Peso de molde (gr)	2568.60	2568.60	2568.60
Peso de la muestra (gr)	4371.4	4382.4	4378.4
Volumen (cm ³)	2849.99 cm ³	2849.99 cm ³	2849.99 cm ³
Peso unitario compactado (gr/cm ³)	1.53	1.54	1.54

Fuente: Laboratorio JVC

Interpretación

Según el ASTM C-29, ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017, el peso unitario, tiene su aplicación en el peso por unidad de volumen unitario que ocupan los agregados con y sin saturación, que resulta importante para el diseño de mezcla.

En este caso las tres muestras arrojan un peso unitario suelto promedio de 1.31 gr/cm³ y peso unitario compactado de 1.53, 1.54 y 1.54 g/cm³, dando un promedio de 1.54 gr/cm³.



Figura 19: Peso unitario en laboratorio

Fuente: Fotografía de los autores

- Índice plástico

Se realizó siguiendo las especificaciones de la norma MTC E-111 entre la malla N° 40 y la malla N° 200, para la determinación del límite líquido y límite plástico y por consiguiente el índice de plasticidad determinando la presencia de arcilla en la muestra

En este caso, la arena no presentó límite líquido, no llegando a los 10 golpes en la copa casa grande y tampoco límite plástico, no permitiendo la fluencia para la formación de la muestra amasada, sino más bien tendió a quebrarse y desmoronarse, concordando con la tabla N° 18 de curva granulometría donde muestra el mínimo contenido de fino en la composición de la arena.



Figura 20: Límite líquido y límite plástico

Fuente: Fotografía de los autores

- Resumen

Tabla 18. Características del AF.

RESUMEN DE CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	4.08%
Pe bulk (Base seca)	2.635
Pe bulk (Base saturada)	2.687
Pe aparente (Base Seca)	2.778
Porcentaje de absorción	1.95%
Peso unitario fino suelto	1.31 gr/cm3
Peso unitario fino compactado	1.54 gr/cm3

Fuente: Laboratorio JVC.

Agregado grueso

- Ensayo granulométrico

Este ensayo siguió la norma ASTM, AASHTO y abarco los tamices N°1/2", 3/8, N°4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla 19 mostrada a continuación.

Tabla 19. Análisis granulométrico

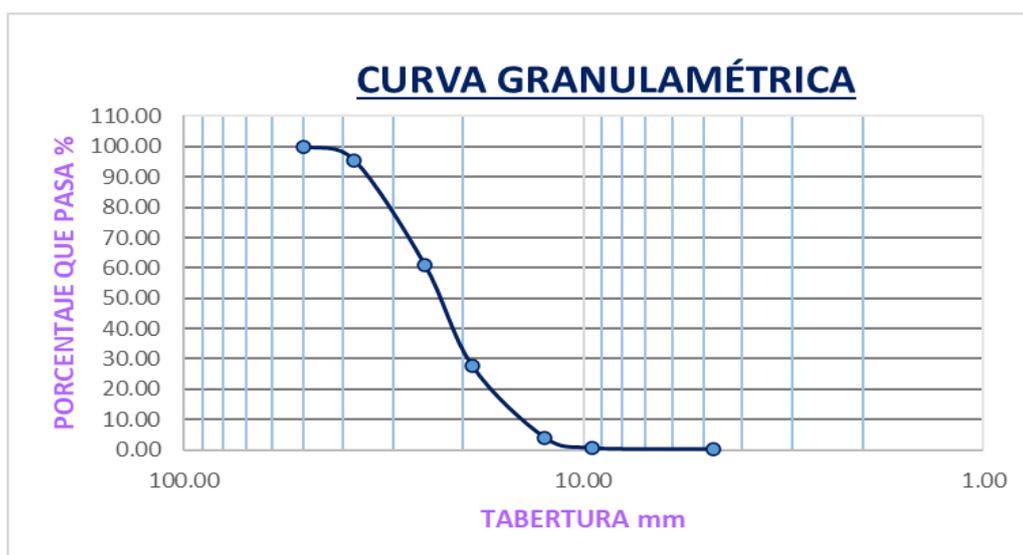
TABLA DE CÁLCULO GRANULOMETRICO						
Tamices	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones NTP 400.037
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	37.50	78.40	4.53	4.53	95.47	95 - 100
1"	25.00	593.20	34.31	38.85	61.15	95 - 100
3/4"	19.00	577.90	33.43	72.27	27.73	80 - 100
1/2"	12.50	408.80	23.65	95.92	4.08	50 - 85
3/8"	9.50	59.20	3.42	99.34	0.66	25 - 60
N°4	4.75	7.20	0.42	99.76	0.24	10 - 30
Base	-	4.20	0.24	100.00	0.00	
TOTAL		1728.90	100.00			

Fuente: Laboratorio JVC

Descripción de la muestra

Peso inicial seco	:	1728.9
Peso lavado seco	:	---
Peso Material que pasa #200	:	4.20

Tabla 20: Curva granulométrica del A.G.



Fuente: Laboratorio JVL

Tamaño máximo : 1/2"

Tamaño máximo nominal : 1 1/2"

Interpretación

Según la norma presenta un retenido el agregado grueso en cada malla en un porcentaje óptimo que se encuentra expresado en la norma NTP-400.037, y ASTM C-33.

En este caso los agregados están al límite del rango especificado en cada tamiz, por lo que se tendió a graduarlo para que cumpla los requerimientos de la norma para el diseño del concreto requerido y en el caso del diseño para asfalto se procedió a realizar el tamizado respectivo usando solo el agregado que pase la malla de 1/2 como lo especifica la normativa peruana respectivo al trabajo con asfalto.

- Contenido de humedad

Seguía la norma ntp 339.185, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla a continuación.

Tabla 21. Contenido de humedad A.G.

CONTENIDO DE HUMEDAD A.G. NTP 339.185			
Tara		1	2
W tara	(gr)	97.80	102.00
W tara + material Húmedo	(gr)	1864.70	1664.00
W tara + material Seco	(gr)	1852.00	1652.80
W agua	(gr)	12.70	11.20
W material seco	(gr)	1754.20	1550.80
Humedad %		0.72%	0.72%

Fuente: Laboratorio JVC.

El agregado grueso presenta una humedad porcentual promedio entre las dos muestras tomadas de 0.72%.

- Gravedad específica

Seguó la norma ASTM, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla a continuación. ver anexo 1 del procedimiento.



Figura 21: Gravedad específica en laboratorio JVC

Fuente: Fotografía de los autores

Tabla 22. Gravedad específica y % de humedad de A.G

GRAVEDAD ESPECIFICA Y % ABSORCION DE A.G. (NORMA MTC E-206, NTP 400.021: AASHTO T-85)			
W Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire)	(gr)	1330.7	1330.8
W Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua)	(gr)	814	814.2
Vol. de masa + vol de vacíos	(gr)	516.70	516.60
Pe. material seco en estufa (105 °C)	(gr)	1306.6	1306.7
Vol de masa		492.60	492.50
Pe bulk (Base seca)		2.529	2.529
Pe bulk (Base saturada)		2.575	2.576
Pe aparente (Base Seca)		2.652	2.653
Porcentaje de absorción		1.84%	1.84%

Fuente: Laboratorio JVC

El agregado grueso cuenta con una gravedad específica del 1.84%, respecto a la mezcla patrón.

- Peso Unitario

Tabla 23. Peso unitario suelto del A.G.

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO (ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)			
	Peso del Molde :		5392.40 gr
	Volumen del Molde :		9500.65 cm ³
Muestra	1	2	3
Peso de molde + muestra (gr)	19398	19413	19402
Peso de molde (gr)	5392.40	5392.40	5392.40
Peso de la muestra (gr)	14005.6	14020.6	14009.6
Volumen (cm ³)	9500.65	9500.65	9500.65
Peso unitario suelto (gr/cm ³)	1.47	1.48	1.47

Fuente: Laboratorio JVL

Tabla 24: *Peso unitario compactado del A.G.*

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO (ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)			
	Peso del Molde:		5392.40 gr
	Volumen del Molde:		9500.65 cm ³
Muestra	1	2	3
Peso de molde + muestra (gr)	20804.00	20817.00	20810.00
Peso de molde (gr)	5392.40	5392.40	5392.40
Peso de la muestra (gr)	15411.6	15424.6	15417.6
Volumen (cm ³)	9500.65	9500.65	9500.65
Peso unitario compact. (gr/cm ³)	1.62	1.62	1.62

Fuente: Laboratorio JVL.

El peso unitario suelto promedio fue de 1.47 gr/cm³, mientras que del peso unitario compactado se obtuvo un promedio de 1.62gr/cm³, de agregado grueso que abarca la mezcla, determinando que el volumen de esponjamiento es de 9.3% respecto al compactado.



Figura 22: peso unitario del AG en estado suelto

Fuente: Fotografía de los autores

- Resumen característico del agregado grueso

Tabla 25. Características del A.G.

RESUMEN DE CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.72%
Pe bulk (Base seca)	2.529
Pe bulk (Base saturada)	2.576
Pe aparente (Base Seca)	2.653
Porcentaje de absorción	1.84%
Peso unitario grueso suelto	1.47 gr/cm ³
Peso unitario grueso compactado	1.62 gr/cm ³

Fuente: Laboratorio JVC.

RESPONDIENDO AL OBJETIVO N° 5: DETERMINAR EL DISEÑO DE MEZCLA DE CARPETA DE RODADURA FLEXIBLE Y EL DISEÑO CON ADICIÓN DEL 6%, 8% Y 10% DE CENIZA DE EUCALIPTO COMO AGREGADO AL ASFALTO.

- **Análisis de los materiales**
- **Análisis granulométrico de la mezcla**

Este ensayo siguió la norma ASTM, AASHTO y abarco los tamices N°1", 3/4, 1/2, 3/8, N°4, 10, 40, 80 y 200, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla a continuación.

TABLA DE CÁLCULO GRANULOMETRICO						
Tamices	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones NTP 400.037
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/4"	19.000	12.80	2.10	2.10	97.90	80 - 100
1/2"	12.000	117.40	19.24	21.34	78.66	67 - 85
3/8"	9.500	62.50	10.24	31.58	68.42	60 - 77
4	4.750	109.70	17.98	49.56	50.44	43 - 54
10	2.000	96.50	15.81	65.37	34.63	29 - 45
40	0.425	75.10	12.31	77.68	22.32	14 - 25
80	0.180	66.40	10.88	88.56	11.44	8 - 17
200	0.075	39.70	6.51	95.07	4.93	4 - 8
Base	-	30.10	4.93	100.00	0.00	
TOTAL		610.20	100.00			

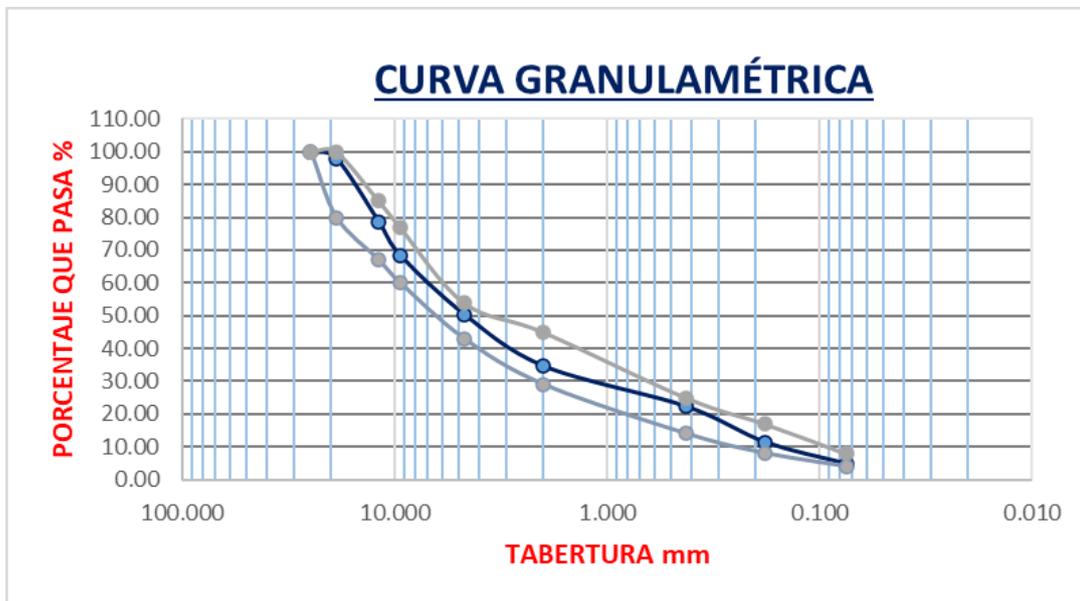
Fuente: Laboratorio JVL

Descripción de la muestra

Peso inicial seco	:	610.2
Peso lavado seco	:	---
Peso Material que pasa #200	:	30.10

TAMAÑO MAXIMO : 1"
HUSO : MAC-1

Tabla 26: Curva granulométrica de agregados



Fuente: Laboratorio JVL.

Interpretación

La gradación de los agregados de la mezcla asfáltica en caliente en este caso siguió un diseño granulométrico del tipo MAC-1, en función a su cantidad porcentual pasante, según la NT CE. 010 de pavimentos aplicado a asfalto en caliente (p.10).

▪ Análisis de los agregados gruesos

- Ensayo de abrasión

Según el ASTM C 131, este tipo de ensayo busca determinar la calidad de los agregados, mediante el desgaste que estos sufren al ser sometidos a un equipo de ensayo abrasivo los ángeles, donde se pasan los agregados menores a 1 ½" aplicándose una carga abrasiva determinada por 8 esferas de acero de 46.8 mm de diámetro, la velocidad de rotación del equipo es de 30 a 33 rpm, girando hasta completar 500 vueltas, con una velocidad cte.

Granulometría	Nº de esferas	Masa de la carga, g.
A	12	5.000 ± 25
B	11	4.584 ± 25
C	8	3.330 ± 20
D	6	2.500 ± 15

Figura 23: Carga en función a la granulometría del agregado.

Fuente: ASTM C 131

Tamaño del tamiz (Aberturas cuadradas)		Masa de los tamaños indicados, g			
Pasa	Retenido	Granulometría			
		A	B	C	D
37,5mm (1 1/2 ")	25,0 mm (1")	1.250 ± 25	...	...	...
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1.250 ± 25	...	...	...
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1.250 ± 10	2.500 ± 10	...	...
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1.250 ± 10	2.500 ± 10	...	...
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	...	...	2.500 ± 10	...
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (Nº4)	...	...	2.500 ± 10	...
4,75 mm (Nº4)	2,36 mm (Nº 8)	...	...	...	5.000 ± 10
Total		5.000 ± 10	5.000 ± 10	5.000 ± 10	5.000 ± 10

Figura 24: Tipo de granulometría del agregado

Fuente: ASTM C 131

Tabla 27. Ensayo de desgaste por abrasión del agregado grueso.

TAMIZ PASA - RETIENE	GRADACIÓN							
	"A"		"B"		"C"		"D"	
1 1/2" - 1"	1250 ± 25	1254.00	-	-	-	-	-	
1" - 3/4"	1250 ± 25	1251.00	-	-	-	-	-	
3/4" - 1/2"	1250 ± 10	1248.00	2500 ± 10	-	-	-	-	
1/2" - 3/8"	1250 ± 10	1254.00	2500 ± 10	-	-	-	-	
3/8" - 1/4"	-	-	-	-	2500 ± 10	-	-	
1/4" - Nº4	-	-	-	-	2500 ± 10	-	-	
Nº4 - Nº8	-	-	-	-	-	5000 ± 10	-	
ESFERAS	12		11		8		6	
PESO DE LA MUESTRA	5007.00							
Peso Ret. Tamiz Nº12	3619.80							
Peso Pas. Tamiz Nº12	1387.20							
% DESGASTE	27.71%							
PROMEDIO							27.70%	

Fuente: Laboratorio LVC.

Interpretación

El porcentaje máximo para los agregados por abrasión, según la NTP 400.019, 2002 menciona que, para una altitud menor a los 3000 msnm, el porcentaje máximo abrasivo será del 40%, mientras que, para altitudes mayores, será del 35%, en este caso Cochapampa al estar ubicado a una altura de 3105 msnm, exige un factor porcentual abrasivo menor al 35%, cumpliendo así la norma impuesta con un porcentaje de abrasión del 27.7%.



Figura 25: Ensayo los ángeles

Fuente: Fotografía de los autores

- Sales solubles

Según el MTC E 219, menciona, que a través de este ensayo se logra determinar el porcentaje de sales que contienen los agregados, este dato es obtenido mediante el lavado por agitación del agregado dentro de un recipiente cerrado que suele ser agitado por un periodo de 10 min constantes, luego mediante filtrado se hace pasar el agua en disolución con la sal para luego ser llevado al horno y este permita la evaporación del agua y la cristalización de las sales.

Tabla 28: Sales solubles

AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN		ENSAYOS		
		1	2	3
Recipiente	gr.	1	2	3
Masa (Biker 250 ml)	gr.	105.82	103.58	104.72
Masa+Sal+Biker 250ml	gr.	105.92	103.69	104.88
Masa Sal	gr.	0.1	0.11	0.16
Masa de agregado	gr.	500	500	500
Aforo de agua total	gr.	500	500	500
Volumen de agua Utilizada	%	100	100	100
Sales Solubles	%	0.100%	0.110%	0.160%
Promedio de sales solubles	%	0.123%		

Fuente: Laboratorio JVL

Interpretación

Según la norma CE.010, para alturas mayores a 3000 msnm, en asfalto en caliente, el porcentaje máximo es del 0.5%, en este caso los resultados mostraron tener un 0.123% de sales en el agregado, cumpliendo con la norma descrita.



Figura 26: Ensayo de sales

Fuente: Fotografía de los autores

- Partículas chatas y alargadas

De acuerdo a la norma ASTM D 4791, el ensayo de partículas chatas y alargadas, busca determinar la cantidad porcentual de las partículas en función a su tamaño y forma, su determinación se logra mediante un tamizado y luego una graduación en función a la medición sobre una placa de calibración proporcional en ambos lados con un brazo movable. Su medición se realiza mediante pesado y conteo de partículas rocosas.

Tabla 29. Partículas chatas y alargadas en función de su masa %

TAMIZ (Pulg)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		Masa de partículas Chatas	Masa de partículas Alargadas	Masa de partículas chatas y alargadas	CHATAS Y ALARGADAS (5:1)	%	(%) CORREGIDO
		Masa Retenida Grad. Original	% Retenido				Σ		
2"	50.800		0				0.00	-	
1 1/2"	38.100		0				0.00	-	
1"	25.400		0				0.00	-	
3/4"	19.000		0				0.00	-	
1/2"	12.700	358.94	13.5%		32.4	19.7	52.10	14.5%	2%
3/8"	9.500	917.86	34.4%		25.7		25.70	2.8%	1.0%
N° 4	4.750	1390.46	52.1%	12.5		16.8	29.30	2.1%	1.1%
TOTAL, DE MUESTRA		2667.26							

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN MASA (%)	4%
---	----

Fuente: Laboratorio JVC.

Tabla 30. Partículas chatas y alargadas en función de su masa %

TAMIZ (Pulg)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		N° de partículas Chatas	N° de partículas Alargadas	N° de partículas chatas y alargadas	CHATAS Y ALARGADAS (5:1)	%	(%) CORREGIDO
		Cantidad de partículas Grad. Original	% Retenido				Σ		
2"	50.800		0				0.00	-	
1 1/2"	38.100		0				0.00	-	
1"	25.400		0				0.00	-	
3/4"	19.000		0				0.00	-	
1/2"	12.700	349	13.1%	8	15		23.00	6.6%	1.5%
3/8"	9.500	768	28.8%	11		19	30.00	3.9%	1.9%
N° 4	4.750	467	17.5%		16		16.00	3.4%	1.0%
TOTAL DE MUESTRA		1584	59.4%						

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN MASA (%)	4.4%
---	------

Fuente: Laboratorio JVC

Interpretación

Según la NTP CE.010, la cantidad porcentual de partículas chatas y alargadas debe ser máximo del 15%, no obstante, los resultados arrojados del análisis de ensayo mostraron datos que oscilan entre el 4 y 4.4%, es decir se encuentran dentro del rango especificado.



Figura 27: Partículas chatas y alargadas

Fuente: Fotografía de los autores

- Inalterabilidad del agregado grueso

Según el ASTM C 88, el ensayo de inalterabilidad en los agregados es importante porque permite estimar el grado de desintegración de los agregados, mediante un constante sometimiento de los mismos a soluciones de sulfato de sodio o magnesio, y secado en horno según este lo requiera, como una simulación respectiva al clima de la zona donde se utilizará.

Tabla 31. Ensayo de Inalterabilidad de AG.

ACREGADO GRUESO							
TAMAÑO DE MALLA		Escalón original	Peso antes del ensayo	Peso después del ensayo	Pérdida de peso después del ensayo	% de pérdida después del ensayo	%Perdida corregida
PASANTE	RETENIDO	%	Grs	Grs	Grs	%	%
2 1/2"	1 1/2"	5.6				5.2	0.29
1 1/2"	3/4"	26.3	1509.7	1385.6	124.1	8.22	2.16
3/4"	3/8"	45.8	1014.2	867.9	146.3	14.43	6.61
3/8"	N°4	24.5	305.6	259.7	45.9	15.02	3.68
		1.3					
TOTALES							12.74

Fuente: Laboratorio JVC.

Según la NTP CE.010, el porcentaje máximo de inalterabilidad en agregados a altitudes mayores a los 3000 msnm, es de 15% para el caso del magnesio y 10% para el caso del sodio, en este caso para el magnesio, el porcentaje resultante del análisis de los agregados salió por debajo del límite especificado en la norma, cumpliendo así lo solicitado.

- Caras fracturadas

Según el MTC E 210, el ensayo de caras fracturadas, permite determinar la cantidad de angularidad de los agregados en función a las caras que presentan, su desarrollo consiste en identificar cada partícula rocosa abarcando su superficie angulosa, y rugosa, se considera que es fracturada siempre y cuando por lo menos un cuarto de su área este cortada y presente un borde bien definido.

La determinación de su masa, está en función a la siguiente formula.

$$P = \frac{F}{F + N} \times 100$$

P: % fracturado.

F: Cantidad de especímenes fracturados (En número o kg).

N: Cantidad de especímenes no fracturados (En número o kg).

Tabla 32: AG con una cara fracturada

CON UNA CARA FRACTURADA						
TAMAÑO DEL AGREGADO		W en gr.		PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS $C=(B/A)*100$	PORCENTAJE DE RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL (D))	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS $E= C*D$
PASA TAMIZ	RETENIDO EN EL TAMIZ	MUESTRA TOTAL (A)	MAT. CON UNA CARA FRACTURADA (B)			
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"	2314	2137	92.35	36.84	3402.21
1"	3/4"	1806	1661	91.97	28.75	2644.17
3/4"	1/2"	1328	1172	88.25	21.14	1865.67
1/2"	3/8"	833	723	86.79	13.26	1150.90
					100	9062.95

Fuente: Laboratorio JVC

Tabla 33: AG con dos caras fracturadas

CON DOS CARAS FRACTURADAS						
TAMAÑO DEL AGREGADO		W en gr.		PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS $C=(B/A)*100$	PORCENTAJE DE RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL (D))	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS $E= C*D$
PASA TAMIZ	RETENIDO EN EL TAMIZ	MUESTRA TOTAL (A)	MAT. CON UNA CARA FRACTURADA (B)			
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"	2357	1784	75.69	36.84	2788.40
1"	3/4"	1932	1350	69.88	28.75	2008.93
3/4"	1/2"	1426	948	66.48	21.14	1405.38
1/2"	3/8"	931	714	76.69	13.26	1016.93
					100	7219.64

Fuente: Laboratorio JVC

Según la norma CE.010 las partículas con caras fracturadas. En vías locales y colectoras, para capas menores a 10 cm deben tener una relación de 65/40, es decir 65% con una cara fracturada por 40% con dos caras fracturadas, para capas mayores a 10 cm, con una relación de 50/30. En vías arteriales y expresas, con capas menores a 10 cm de espesor la relación

debe ser 85/50, mientras que para capas mayores a los 10 cm su relación de fractura miento debe ser 60/40.

En este caso la vía corresponde a un tipo de vía local y colectora, y un espesor de capa determinado de 8 cm, por tanto, su relación según norma debe ser de 65/40, en este caso el agregado sometido a ensayo arrojó una relación de 50/40, por tanto, se puede determinar que el agregado de caras fracturadas por un solo lado es menor al requerido en un 15%, no obstante, el agregado con dos caras fracturadas cumpliría.



Figura 28: Ensayo de partículas con caras fracturadas

Fuente: Fotografía de los autores

- **Análisis del agregado fino**

- Equivalente de arena

Según la norma ASTM D 2419 el equivalente de arena es un porcentaje que mide el grado de contaminación de la arena respecto a la presencia de arcillas y limos. Este ensayo consta de una probeta a la que se le agrega una cierta cantidad de arena más agua, donde por un proceso de agitación busca la sedimentación de las partículas más gruesas dentro del envase y la suspensión de las partículas finas, para luego determinar la altura que ocupa cada material fino.

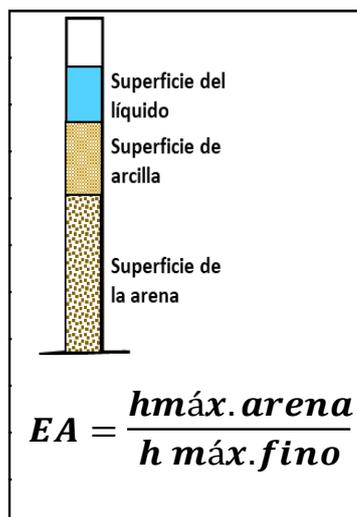


Figura 29: Equivalente de arena en medida en probeta

Fuente: elaboración propia.

Tabla 34. Equivalente de arena de la muestra

ITEM	DESCRIPCIÓN	ENSAYOS		
1	Tamaño Máximo (mm)	4.75	4.75	4.75
2	Muestra N°	1	2	3
3	Hora de entrada	10:35	10:43	10:52
4	Hora de salida	10:45	10:53	11:02
5	Hora de entrada	10:47	10:55	11:04
6	Hora de Salida	11:07	11:15	11:24
7	Altura Máxima de la Arena (pulg)	4.23	4.25	4.17
8	Altura Máxima de Material Fino (pulg)	6.91	6.71	6.89
9	Equivalente de Arena (%)	61.2%	63.3%	60.5%
10	Equivalente de Arena Promedio (%)	62%		

Fuente: Laboratorio LVC.

Interpretación

Según la NTP de pavimentos menciona que para altitudes menores a los 3000 msnm y en vías locales debe tener un mínimo equivalente de 45%, en este caso el mínimo equivalente es del 62%, cumpliendo lo estipulado por la norma en cuestión.

- Contenido de sales solubles en agregados

Aplica el MTC E 219, y la NTP 339.152 donde menciona, que a través de este ensayo se logra determinar el porcentaje de sales que contienen los agregados finos.

Tabla 35. Sales solubles en AF.

AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN		ENSAYOS		
Recipiente	gr.	1	2	3
Masa (Biker 250 ml)	gr.	111.04	107.57	107.34
Masa+Sal+Biker 250ml	gr.	111.11	107.63	107.49
Masa Sal	gr.	0.07	0.06	0.15
Masa de agregado	gr.	100	100	100
Aforo de agua total	gr.	300.00	300.00	300.00
Volumen de agua Utilizada	%	100	100	100
Sales Solubles	%	0.210%	0.180%	0.450%
Promedio de sales solubles	%	0.280%		

Fuente: Laboratorio JVC

Según la NTP e 010 de pavimentos y 339.152 el porcentaje máximo d contenido de sales dentro de un agregado fino debe ser de 0.50%, en este caso el porcentaje fue de 0.28%, cumpliendo así la norma vigente.

- Inalterabilidad de los agregados

El presente ensayo siguió la norma ASTM C 88 correspondiente a la inalterabilidad por magnesio obteniendo los resultados mostrados a continuación.

Tabla 36. Ensayo de Inalterabilidad de AF.

ACREGADO FINO							
TAMAÑO DE MALLA		Escalón original	Peso antes del ensayo	Peso después del ensayo	Pérdida de peso después del ensayo	% de perdida después del ensayo	%Perdida corregida
PASANTE	RETENIDO	%	Grs	Grs	Grs	%	%
3/8"	N°4	3.2				3.35	0.11
N°4	N°8	23.6	100	91	9.00	9.00	2.12
N°8	N°16	25.5	100	92.4	7.60	7.60	1.94
N°16	N°30	19.9	100	90.7	9.30	9.30	1.85
N°30	N°50	20.8	100	89.3	10.70	10.70	2.23
N°50	N°100	12.2	100	88.4	11.60	11.60	1.42
< N° 100		0.8					
TOTALES							9.66

Fuente: Laboratorio LVC

Interpretación

Los resultados de inalterabilidad, muestran un cumplimiento de la NTP CE.010, con una pérdida de 9.66%.

▪ **Determinación de participación porcentual de los agregados**

En función a los agregados analizados la dosificación correspondiente según norma debe sumar el 100% entre el agregado grueso, fino y el filler. donde el filler según la norma de pavimentos CE.010, debe tener una participación en peso de 0 a 1% máximo.

En este caso para el diseño patrón, se optó por la no consideración del filler, cumpliendo así la norma respecto a su máximo contenido presente.

Tabla 37. Dosificación de agregados para mezcla asfáltica patrón.

AGREGADOS	Abertura en mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PARTICIPACION DE AGREGADOS
A.G.	1/2"	78.27	14.02%	14%	45%
	3/8"	62.50	11.20%	25%	
	4	109.70	19.65%	45%	
A.F.	10	96.50	17.29%	17%	55%
	40	75.10	13.45%	31%	
	80	66.40	11.89%	43%	
	200	39.70	7.11%	50%	
FILLER	BASE	30.1	5.39%	5%	0%
		558.27	1.00		

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

La participación porcentual de los agregados, dentro de la mezcla como lo especifica la tabla N° 37, es del 45% para el agregado grueso desde la malla 1/2" hasta la N°4, mientras que el fino abarca las mallas de retenido desde la N°10 hasta la N° 200, considerando el valor porcentual del filler, con el objeto

que este no se encuentre presente dentro de la mezcla de asfalto, y permita un mejor resultado para el diseño con agregado de ceniza de CE.

▪ **Determinación del óptimo de asfalto**

El óptimo de asfalto se obtiene apartir de los agregados previamente dosificados, a los que se añade un determinado porcentaje de tal forma que su peso de un total del 100%, puestp que su participación se mide porcentualmente. Según la norma MTC E-504 para ma medición Marshall y determinación del óptimo de asfalto, los testigos deben tener un Ø de 12 cm y altura de 6.4 mm y los porcentajes de análisis para el óptimo de asfalto deben tener una variación porcentual del 0.5%.

La determinación del óptimo de asfalto en este estudio abarco porcentajes de análisis del 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 9% y 10% específicamente, con un asfalto de 60/70, con agregados gruesos que pasan la malla ¾ hasta el retenido en la malla N°4 y agregados finos que pasan la malla N°4 hasta la malla N°200.

Tabla 38: *Dosificaciones trabajadas para el óptimo de asfalto por briqueta*

DOSIFICACIÓN PARA ÓPTIMO DE ASFALTO			
Asfalto	A.F.	A.G.	Total
5%	52.3%	42.8%	100%
60 g	627.6	513.6	1200 g
5.5%	52.0%	42.5%	100%
66 g	624	510	1200 g
6%	51.7%	42.3%	100%
72 g	620.4	507.6	1200 g
7%	51.4%	42.1%	100%
78 g	616.8	505.2	1200 g
9%	50.1%	41.0%	100%
108 g	601.2	492	1200 g
10%	49.5%	40.5%	100%
120 g	594	486	1200 g

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

La dosificación de la mezcla para la determinación del óptimo de asfalto, considero un peso por briketa de 1200 gr. Equivalente al 100% de cada briketa con porcentajes de asfalto determinados, tres briketas para cada porcentaje según la norma MTC E-504 en la tabla N°38, asfalto en caliente PEN 60/70, con temperatura de preparación de briketa de 140°C y 50 golpes de martillo.

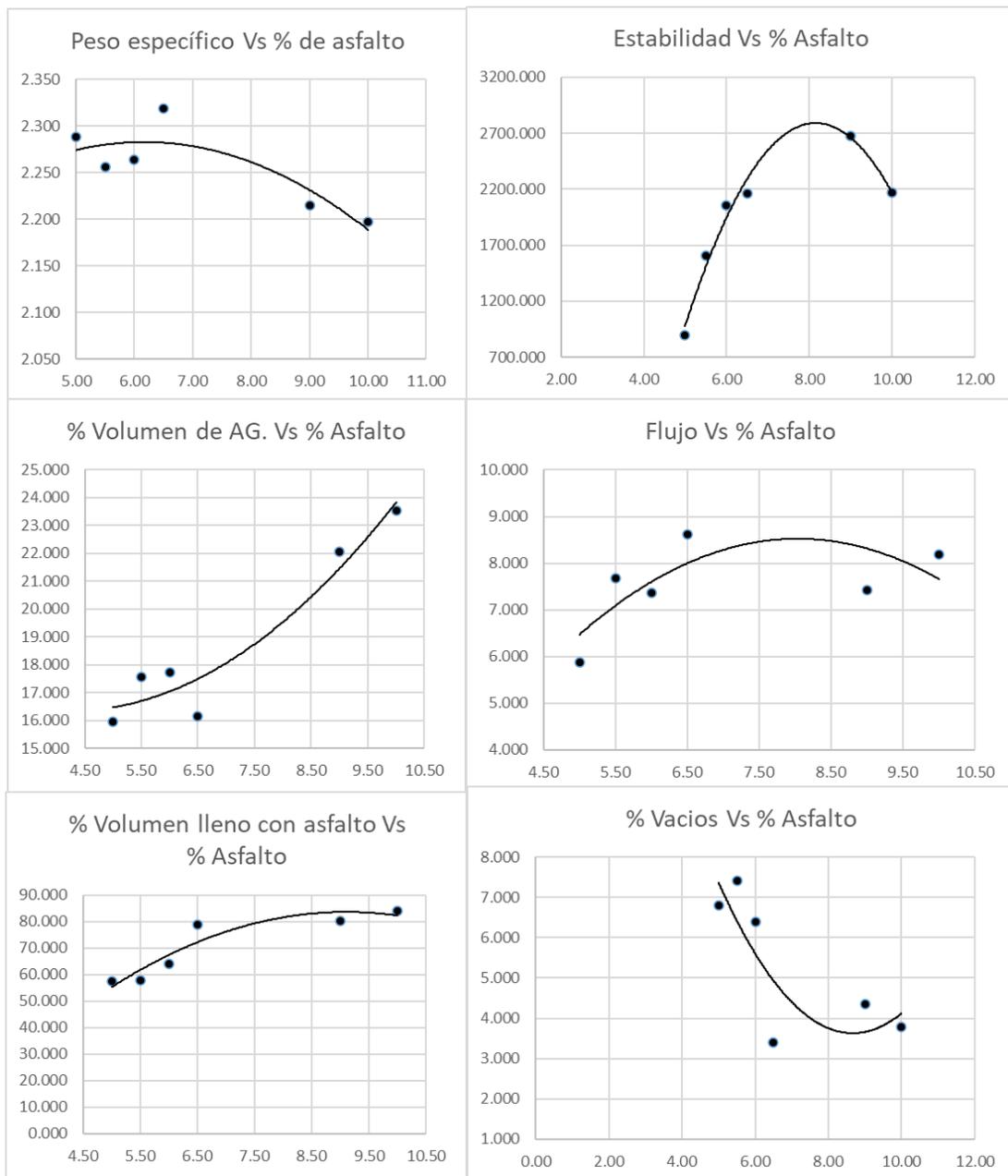


Figura 30: Gráficos de parámetros de medición Marshall en óptimo de asfalto

Fuente: Laboratorio JVC

Interpretación

Los resultados obtenidos, como se muestra en la figura 30, arrojaron valores correspondientes al 6% de asfalto como el óptimo para el diseño de mezcla con los agregados propuestos.

Tabla 39. *Dosificación de patrón de mezcla asfáltica.*

Agregado Grueso	:	42.3%
Agregado Fino	:	51.7%
Asfalto PEN 60/70	:	6%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. *Diseño de mezcla asfáltica con agregado % de CE.*

Agregado Grueso	:	42.3%
Agregado Fino	:	51.7%
Asfalto PEN 60/70	:	6%
Agregado CE	:	6%
Agregado CE	:	8%
Agregado CE	:	10%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

La tabla N°40 muestra la dosificación de la mezcla asfáltica patrón determinado a utilizar en el diseño, así mismo el diseño de mezcla asfáltica con agregado de CE considero porcentajes en función a antecedentes en estudios similares.



Figura 31: Briquetas con adición de CE

Fuente: Fotografía de los autores

RESPONDIENDO AL OBJETIVO N° 6: DETERMINAR EL DISEÑO DE MEZCLA DE CARPETA DE RODADURA RÍGIDO F'C=210 KG/CM2 Y EL DISEÑO CON ADICIÓN DEL 6%, 8% Y 10% DE CENIZA DE EUCALIPTO COMO AGREGADO AL CEMENTO.

▪ **Diseño de mezcla de concreto patrón**

- **Determinación de la resistencia deseada**

Según la norma de concreto armado E.060, en la tabla 41 de la misma, la resistencia promedio se obtiene en función a la resistencia que se desea diseñar.

Tabla 41. Resistencia a la compresión promedio Mpa

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7,0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8,5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1,1 f'c + 5,0$

Fuente: Elaboración propia

En este caso la resistencia deseada es de $210 \text{ kg/cm}^2 = 20.59 \text{ Mpa} < 21 \text{ Mpa}$.

La resistencia de cálculo estaría definida;

$$F'_{cr} = 20.59 + 7 \text{ Mpa} = 27.59 \text{ Mpa} = 297 \text{ kg/cm}^2.$$

- **Resumen de los materiales**

Tabla 42. *Parámetros establecidos mediante ensayo de agregado grueso*

A. AGREGADO GRUESO	
1. P.u. compactado seco	1623.00 kg/m ³
2. P.u. suelto seco	1475.00 kg/m ³
3. P.e. de masa	2529.00 kg/m ³
4. Contenido de humedad %	0.72%
5. Contenido de absorción %	1.84%
6. Tamaño máximo nominal	1 1/2 "

Fuente: Laboratorio JVC

Tabla 43. *Parámetros establecidos mediante ensayo de agregado fino*

B. AGREGADO FINO	
7. Peso Unitario compactado seco	1536.00 kg/m ³
8. Peso Unitario suelto seco	1311.00 kg/m ³
9. Peso específico de masa	2635.41 kg/m ³
10. Contenido de humedad	4.08%
11. Contenido de absorción	1.95%
12. Modulo de fineza	3.23

Fuente: Laboratorio JVC

Tabla 44. *Parámetros establecidos del cemento tipo I, marca Pacasmayo.*

C. CEMENTO	
13. Portland Tipo	I
14. Peso específico	3.10 kg/m ³
15. Peso volumétrico	1500 kg/m ³

Fuente: Laboratorio JVC

Tabla 45. *Parámetros del agua.*

D. AGUA	
16. Norma NTP 339.088	Potable
17. Peso específico	1000 kg/m ³

Fuente: Laboratorio JVC

- **Diseño de concreto**

Slump

Según la norma NTP 339.035, el Slump debe tener una consistencia que oscila entre el 0.6 a 9 pulgadas, los valores que excedan o estén por debajo de estos parámetros lo considera como no trabajables.

En este caso el asentamiento óptimo considerado fue de 3 a 4 pulgadas.

Contenido de aire atrapado

Según la tabla 46 del método ACI, correspondiente al contenido de aire atrapado en función al agregado grueso, el contenido de aire atrapado fue del 1%, con un tamaño máximo nominal de agregado del 1 ½”.

Tabla 46: *Presencia de aire en el agregado*

CONTENIDO DE AIRE A TRAPADO	
Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso.	Aire atrapado
3/8 "	3.0 %
1/2 "	2.5 %
3/4 "	2.0 %
1 "	1.5 %
1 1/2 "	1.0 %
2 "	0.5 %
3 "	0.3 %
4 "	0.2 %

Fuente: Método ACI.

Contenido de agua

En la tabla 47 del ACI, del volumen unitario de agua, la cantidad de agua requerida dentro del diseño fue de 181 l/m³, medido en función al asentamiento y el tamaño máximo nominal del agregado grueso que fue de 1 ½”.

Tabla 47. Volumen unitario de H2O

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
Agua en l/m ³ , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Fuente: Método ACI.

Relación agua/cemento

La relación agua cemento está en función a la resistencia que se desea adquirir, en este caso, la resistencia de cálculo fue de 297 kg/cm², obteniendo una relación de a/c = 0.5542, en función a los parámetros establecidos en la tabla 48 de relación a/c del ACI.

Tabla 48: Relación A/C

f'c (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Fuente: Método ACI.

250 kg/cm² ----- 0.62

297 kg/cm² ----- x

300 kg/cm² ----- 0.55

$$a/c = x = \frac{(250 - 297)(0.62 - 0.55)}{(250 - 300)} - 0.62$$

$$a/c = 0.554$$

Contenido de cemento

La cantidad de cemento requerido por metro cubico calculado en función a la relación de agua/cemento, fue de 326.60 kg, con un factor cemento de 7.68 en función a la capacidad por bolsa de cemento Pacasmayo tipo I de 42.5 kg.

$$a/c = 0.554$$

$$C = \frac{a}{0.554} = \frac{181}{0.554} = 326.6 \text{ kg}$$

$$C = \frac{326.6 \text{ kg}}{42.5 \text{ kg/bls}} = 7.68 \text{ bls}$$

Peso del agregado grueso

La tabla N° 49 del agregado grueso por unidad de volumen del concreto, muestra valores en función al tamaño nominal y módulo de fineza, en este caso arrojo un volumen de agregado de 0.576.

Tabla 49. *Peso del A.G. por unidad de volumen de mezcla de concreto*

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO

Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino. { b / b₀ }

Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	2.40	2.60	2.80	3.00
3 / 8 "	0.50	0.48	0.46	0.44
1 / 2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3 / 4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1 / 2 "	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Fuente: Método ACI.

$$M_f = 3.23$$

$$\text{Tamaño nominal del A.G.} = 1 \frac{1}{2}''$$

$$\text{Und. De volumen del A.G.} = 0.576$$

$$\text{Peso A.G.} = \frac{b}{b_0} * P. u. seco compactado A.G.$$

$$\text{Peso A.G.} = 0.576 * 1623 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso A.G.} = 934.85 \text{ kg}$$

Volumen del agregado fino

$$V_{\text{cemento}} = \frac{326 \text{ kg}}{\frac{3.10 \text{ gr}}{\text{cm}^3} * 1000} = 0.105 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{181 \text{ l}}{1000} = 0.181 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{A.G.}} = \frac{934.85 \text{ kg}}{2529 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 10000} = 0.37 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{A.F.}} = 1 - (0.105 + 0.181 + 0.37) = 0.334 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{A.G.}} = 0.334 \text{ m}^3 * 2635.41 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 880.23 \text{ kg}$$

Diseño en estado seco

Cemento	326.60 kg
Agregado fino	880.23 kg
Agregado grueso	934.85 kg
Agua	181.00 L

Corrección por humedad del agregado

$$\text{Agregado Humedo} = \text{Peso seco} * \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Agregado fino} = 880.23 \text{ kg} * \left(\frac{4.08}{100} + 1 \right) = 916.114 \text{ l}$$

$$\text{Agregado grueso} = 934.85 \text{ kg} * \left(\frac{0.72}{100} + 1 \right) = 941.608 \text{ l}$$

Aporte del agua a la mezcla

$$\text{Aporte de agua a la mezcla} = \left(\frac{(\%w - \%abs) * \text{Agregado seco}}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de agua A.G.} = \left(\frac{(0.72 - 1.84) * 934.85}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de agua a la mezcla} = -10.483 \text{ l}$$

$$\text{Aporte de agua A.F.} = \left(\frac{(4.08 - 1.95) * 880.23}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de agua a la mezcla} = 18.746 \text{ l}$$

Agua efectiva

La cantidad de agua total requerida a la mezcla se definió de la siguiente manera.

$$\text{Agua efectiva} = 181 + 18.746 - 10.483 = 172.736 \text{ l}$$

Dosificación de mezcla

Dosificación en peso

Cemento	326.60 kg
Agregado fino	86 kg + 18.746 kg = 934.86 kg
Agregado grueso	941.61 kg
Agua	172.74 L

Dosificación en volumen de mezcla por m³

Cemento	7.68 bls
Agregado fino	0.713 m ³
Agregado grueso	0.638 m ³
Agua	0.173 m ³

Tabla 50. *Dosificación de mezcla patrón, resistencia 210 g/cm²*

CEMENTO	ARENA	PIEDRA	AGUA
326.60 kg	934.86 kg	941.61 kg	172.74 L
1	2.86	2.88	22.48

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de mezcla de concreto con agregado de ceniza de eucalipto

Tabla 51. *Diseño de mezcla de concreto patrón para probeta de 0.00157 m³*

Probetas (und)	Cemento (kg)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso (Kg)	Agua (lt)
1	589.67	1687.89	1700.08	467.82
9	5307.04	15191.01	15300.69	4210.41

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52. *Diseño de mezcla de concreto con agregado de ceniza de 6%, 8% y 10% para probeta cilíndrica de 0.00157 m³*

% de Ceniza	Probetas (und)	Cemento (kg)	Ceniza de eucalipto (kg)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso (Kg)	Agua (lt)
6%	9	5307.04	318.42	15191.01	15300.69	4210.41
8%	9	5307.04	424.56	15191.01	15300.69	4210.41
10%	9	5307.04	530.70	15191.01	15300.69	4210.41

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53. Diseño de mezcla de concreto patrón para probeta prismática de 0.01148 m3

Probetas (und)	Cemento (kg)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso (Kg)	Agua (lt)
1	4311.73	12342.02	12431.14	3420.77

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54. Diseño de mezcla de concreto con agregado de ceniza de 6%, 8% y 10% para probeta prismática de 0.01148 m3

% de Ceniza	Probetas (und)	Cemento (kg)	Ceniza de eucalipto (kg)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso (Kg)	Agua (lt)
6%	9	38805.59	2328.34	111078.20	111880.22	30786.93
8%	9	38805.59	3104.45	111078.20	111880.22	30786.93
10%	9	38805.59	3880.56	111078.20	111880.22	30786.93

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

La tabla N° 51 abarca el diseño de la mezcla de concreto patrón con resistencia calculada de 210 kg/cm², a partir de ella, se realizó el diseño de mezcla de concreto con agregado de CE en porcentajes de 6%, 8% y 10%, mostrados en la tabla 52, para la realización de los ensayos correspondientes de compresión y tablas 53 y 54, para el diseño flexión.



Figura 32: Probetas de concreto

Fuente: Fotografía de los autores

RESPONDIENDO AL OBJETIVO N° 5: DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE EUCALIPTO, EN LA RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN EN CARPETA DE RODADURA FLEXIBLE, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD.

▪ Estabilidad

La estabilidad en un diseño de mezcla flexible es un parámetro importante, puesto que busca determinar la máxima resistencia de carga que este puede mantenerse antes de fallar, en este caso mediante la adición de CE, los resultados del análisis de estabilidad, se muestran a continuación.

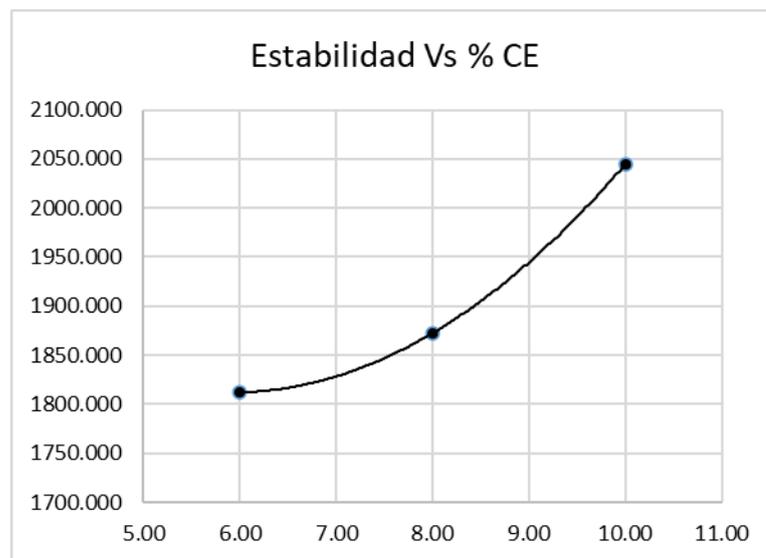


Figura 33: Estabilidad de mezcla asfáltica con CE del 6%, 8% y 10%

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Según el manual de carreteras GE-405, paj.570, para un tráfico medio, la estabilidad mínima es de 5.44 kN (554.73 kg), como se puede observar en el gráfico de la figura 18, los porcentajes de CE arrojaron datos superiores a lo solicitado por la norma.

▪ Flujo

El flujo es otra propiedad de la mezcla asfáltica, que permite identificar la deformación del diseño, en este caso según el grado de fluencia, este puede

determinar en una mezcla el estado rígido o flexible, en función a su relación estabilidad flujo.

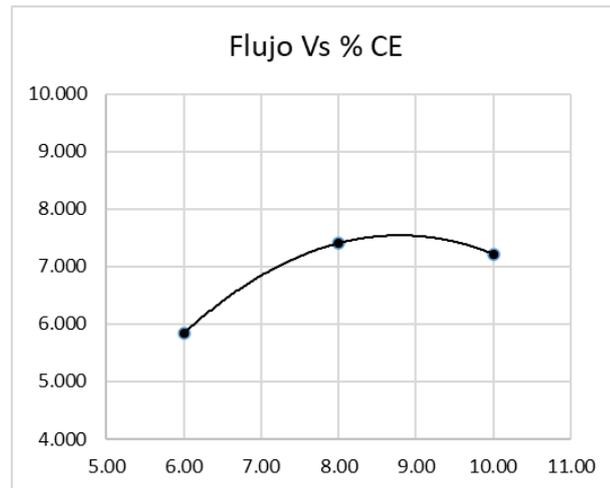


Figura 34: Flujo de mezcla asfáltica con CE del 6%, 8% y 10%

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Según el EG del manual de carreteras la figura N° 19, el flujo para un a clase B, de tráfico medio, debe estar entre 8 y 16, en este caso no cumple con la normativa presente en ninguno de sus % la ceniza logra un efecto positivo, acercándose más a su cumplimiento la adición del 8%.

- % de Vacíos

El porcentaje de vacíos en una mezcla asfáltica, permite medir el grado de porosidad de la misma, y por ende su permeabilidad, este parámetro es importante una mezcla adecuadamente dosificada, permite uniformidad y estabilidad.

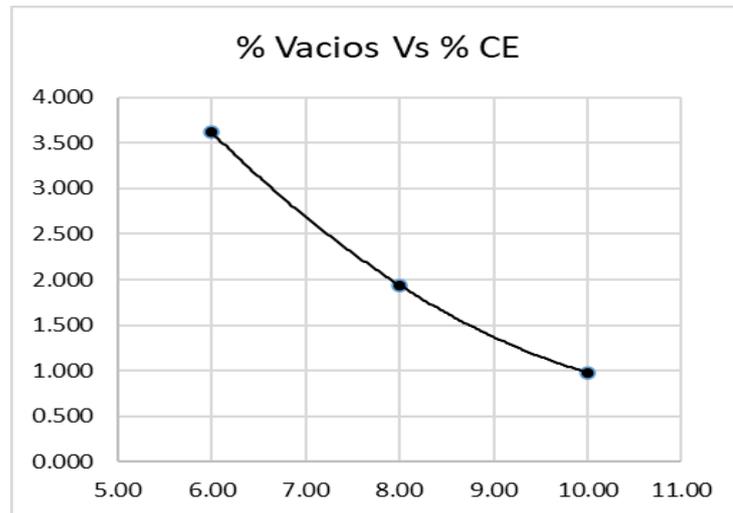


Figura 35: % de Vacíos en la mezcla asfáltica con CE del 6%, 8% y 10%

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Según el EG de pavimentos-2013, el porcentaje de vacíos oscila entre un 3% y 5%, en este caso, la mezcla presenta porcentajes que oscilan de 0.98 y 3.6%.

RESPONDIENDO AL OBJETIVO N° 6: DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE EUCALIPTO, EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN EN CARPETA DE RODADURA RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD.

▪ **Resultados de ensayo de resistencia a la compresión del concreto**

La resistencia a la compresión, mide la carga máxima que puede soportar un diseño de concreto con un área determinada. En este caso para los ensayos de compresión, se elaboraron 36 probetas de concreto con resistencia $f'_c = 210$ kg/cm², en donde 9 probetas representan el concreto patrón y 27 probetas con agregado de CE en porcentajes de 6%, 8% y 10% definidos anteriormente, tres probetas para cada porcentaje de medición, con un factor de corrección 0.99 a 1

de resistencia por modificación de área (moldes cilíndricos de 10 cm x 20 cm), en relación longitud/diámetro = 2, según lo dispuesto en la norma E.060 y ASTM.



Figura 36: Rotura de probetas de concreto

Fuente: Fotografía de los autores

Tabla 55. Resistencia $f'c$ de concreto patrón

TESTIGO PATRON	FECHA		DIAS DE CURADO	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)
	ELABORACION	ROTURA			
RS-01	13/10/2022	20/10/2022	7	170.15	176.68
RS-02	13/10/2022	20/10/2022		176.31	
RS-03	13/10/2022	20/10/2022		183.58	
RS-04	13/10/2022	27/10/2022	14	191.47	193.27
RS-05	13/10/2022	27/10/2022		195.35	
RS-06	13/10/2022	27/10/2022		193	
RS-07	13/10/2022	10/11/2022	28	212.33	211.53
RS-08	13/10/2022	10/11/2022		210.91	
RS-09	13/10/2022	10/11/2022		211.36	

Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretación

La tabla N° 55, muestra los resultados de resistencia compresiva del concreto patrón medido a los 7, 14 y 28 días de curado, con una resistencia promedio adquirida a los 28 días en un 100% de 211.53 kg/cm².

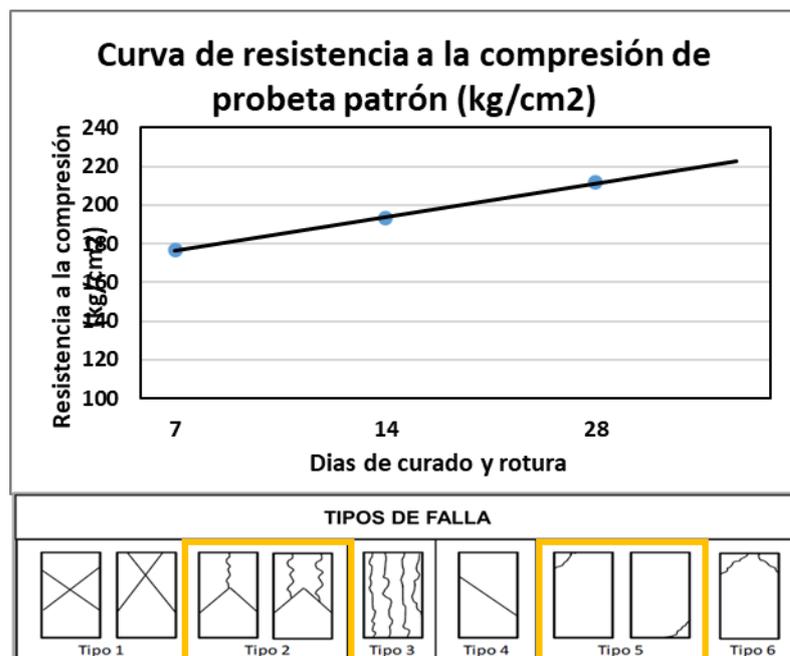


Figura 37: Curva f'_c del concreto patrón y fallas por rotura

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Los tipos de falla por rotura que se formaron estuvieron determinados por un 44% del tipo de falla 2, que se caracteriza por adquirir la forma de un cono en uno de sus extremos, asimismo presencia de grietas verticales las tapas del testigo; y 56% del tipo de falla 5, que se caracteriza por formar fracturas laterales en la parte inferior o superior, según el ASTM C39.

Tabla 56. Resistencia f'_c de concreto con agregado del 6% de CE

TESTIGO 6%	FECHA		DIAS DE CURADO	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)
	ELABORACION	ROTURA			
RS-01-6%	18/10/2022	25/10/2022	7	189.47	179.84
RS-02-6%	18/10/2022	25/10/2022		175.21	
RS-03-6%	18/10/2022	25/10/2022		174.83	
RS-04-6%	18/10/2022	01/11/2022	14	199.09	197.00
RS-05-6%	18/10/2022	01/11/2022		192.92	
RS-06-6%	18/10/2022	01/11/2022		198.98	
RS-07-6%	18/10/2022	15/11/2022	28	215.39	215.04
RS-08-6%	18/10/2022	15/11/2022		210.41	
RS-09-6%	18/10/2022	15/11/2022		219.32	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

La tabla N° 37, muestra los resultados de resistencia compresiva del concreto con agregado de 6% de CE, medido a los 7, 14 y 28 días de curado, con una resistencia promedio adquirida a los 28 días en un 100% de 215.04 kg/cm².

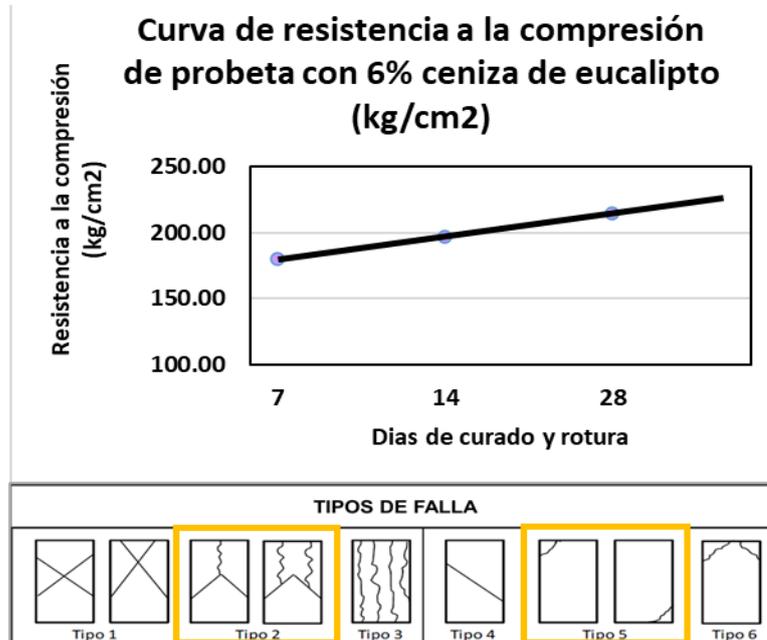


Figura 38: Curva f'c del concreto con adición del 6% de CE y fallas por rotura.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Los tipos de falla por rotura que se formaron, estuvieron determinados por el tipo de falla 2 en un 33%, ya que adquirió la forma de un cono en uno de sus extremos, asimismo tubo presencia de grietas verticales las tapas de la parte superior del testigo; y el tipo de falla 5 en un 67%, porque formo fracturas laterales en la parte superior del testigo.

Tabla 57. Resistencia f'c de concreto con agregado del 8% de ceniza de eucalipto

TESTIGO 8%	FECHA		DIAS DE CURADO	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)
	ELABORACION	ROTURA			
RS-01-8%	18/10/2022	25/10/2022	7	170.12	171.76
RS-02-8%	18/10/2022	25/10/2022			
RS-03-8%	18/10/2022	25/10/2022			
RS-04-8%	18/10/2022	01/11/2022	14	193.98	191.62
RS-05-8%	18/10/2022	01/11/2022			
RS-06-8%	18/10/2022	01/11/2022			
RS-07-8%	18/10/2022	15/11/2022	28	211.43	208.14
RS-08-8%	18/10/2022	15/11/2022			
RS-09-8%	18/10/2022	15/11/2022			

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

La tabla N° 57, muestra los resultados de resistencia compresiva del concreto con agregado de 8% de CE, medido a los 7, 14 y 28 días de curado, con una resistencia promedio adquirida a los 28 días en un 100% de 208.14 kg/cm².

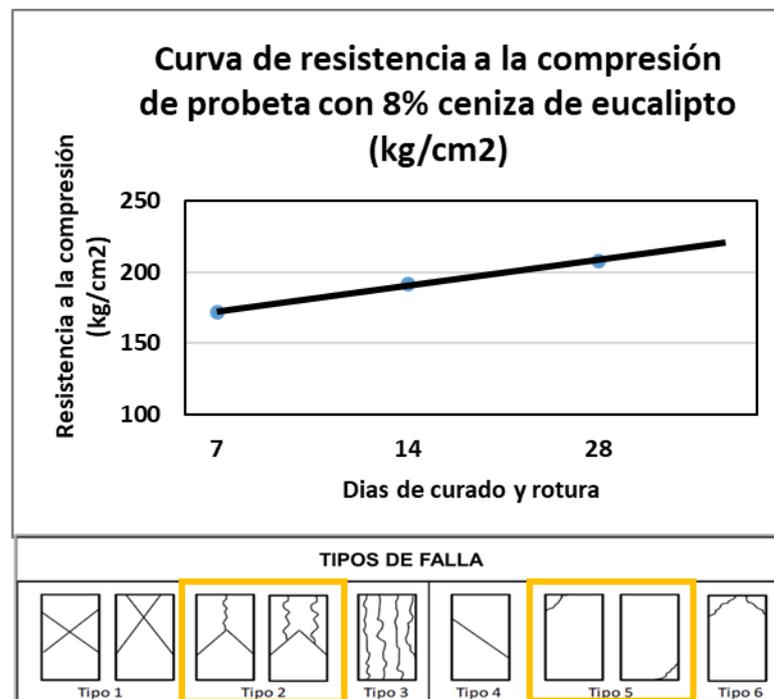


Figura 39: Curva f'c del concreto con adición del 8% de CE y fallas por rotura.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Los tipos de falla por rotura que se formaron estuvieron determinados por un 56% del tipo de falla 2, ya que adquirió la forma de un cono en uno de sus extremos, asimismo tubo presencia de grietas verticales las tapas de la parte superior del testigo; y 44% del tipo de falla 5, porque formo fracturas laterales en la parte superior del testigo.

Tabla 58. Resistencia f'c de concreto con agregado del 10% de ceniza de eucalipto.

TESTIGO 9%	FECHA		DIAS DE CURADO	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)
	ELABORACION	ROTURA			
RS-01-10%	20/10/2022	27/10/2022	7	154.31	159.79
RS-02-10%	20/10/2022	27/10/2022			
RS-03-10%	20/10/2022	27/10/2022			
RS-04-10%	20/10/2022	03/11/2022	14	183.17	181.22
RS-05-10%	20/10/2022	03/11/2022			
RS-06-10%	20/10/2022	03/11/2022			
RS-07-10%	20/10/2022	17/11/2022	28	199.27	199.62
RS-08-10%	20/10/2022	17/11/2022			
RS-09-10%	20/10/2022	17/11/2022			

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

La tabla N° 58, muestra los resultados de resistencia compresiva del concreto con agregado de 10% de CE, medido a los 7, 14 y 28 días de curado, con una resistencia promedio adquirida a los 28 días en un 100% de 199.62 kg/cm².

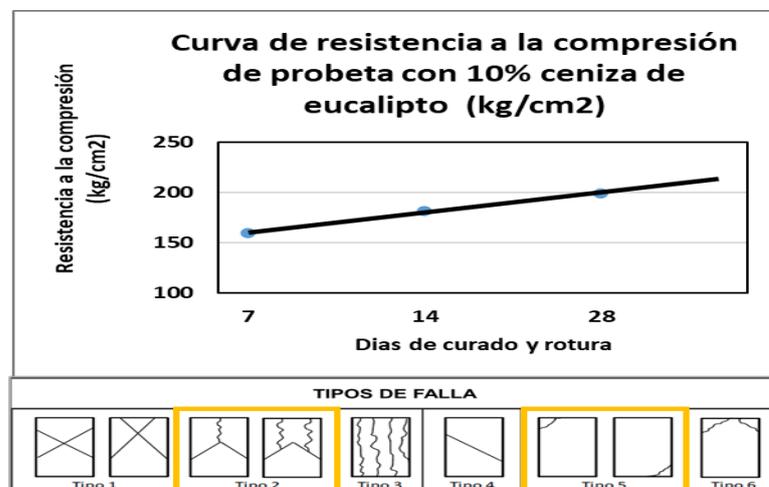


Figura 40: Curva f'c del concreto con adición del 10% de CE y fallas por rotura.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Los tipos de falla por rotura que se formaron estuvieron determinados por un 44% el tipo de falla 2, ya que adquirió la forma de un cono en uno de sus extremos, asimismo tubo presencia de grietas verticales las tapas de la parte superior del testigo; y 56% fueron del tipo de falla 5, porque formo fracturas laterales en la parte superior del testigo.

▪ Resultados de ensayo de resistencia a la flexión del concreto

La resistencia a la flexión permite identificar la carga flexionantes máxima que puede resistir un espécimen de concreto con un área determinada, si bien la función principal del concreto actúa generalmente por compresión y no flexión, este tipo de ensayos busca definir el esfuerzo bajo la cual se generan las grietas en un pavimento, existen dos métodos que nos da el ASTM, los cuales son, el ASTM C78, viga simplemente apoyada y el ASTM C 293, con carga puntual en el centro, no siendo sustituidas ninguna de ellas.

En esta investigación, se realizó 12 probetas prismáticas de 50 cm de longitud x 15 cm de ancho x 15 cm de alto, 3 pertenecientes a la mezcla patrón referencial y 9 correspondientes a las probetas prismáticas con agregado del 6%, 8% y 10%, con un periodo de curado de 28 días.

Tabla 59. Resistencia f'_c de concreto patrón.

TESTIGO PATRON	FECHA		DIAS DE CURADO	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)
	ELABORACION	ROTURA			
RS-01	13/10/2022	10/11/2022	28	35.97	36 kg/cm ²
RS-02	13/10/2022	10/11/2022		35.52	
RS-03	13/10/2022	10/11/2022		35.59	

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

La tabla N°59, muestra el diseño de mezcla patrón para flexión corresponde al mismo diseño de mezcla patrón utilizado para el ensayo de compresión diametral, $f'_c = 210$ kg/cm² y resistencia a la flexión de 36 kg/cm².

Tabla 60. Resistencia $f'c$ de concreto con agregado % de ceniza de eucalipto.

TESTIGOS DEL 6%, 8%, 10%	FECHA		DIAS DE CURADO	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)
	ELABORACION	ROTURA			
RS-01-6%	13/10/2022	10/11/2022	28	37.34	37.6 kg/cm ²
RS-02-6%	13/10/2022	10/11/2022		38.18	
RS-03-6%	13/10/2022	10/11/2022		37.14	
RS-04-8%	13/10/2022	10/11/2022	28	38.37	38.2 kg/cm ²
RS-05-8%	13/10/2022	10/11/2022		37.98	
RS-06-8%	13/10/2022	10/11/2022		38.18	
RS-07-10%	13/10/2022	10/11/2022	28	37.59	38 kg/cm ²
RS-08-10%	13/10/2022	10/11/2022		38.44	
RS-09-10%	13/10/2022	10/11/2022		37.98	

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

La tabla N° 60, muestra los resultados de resistencia a la flexión del concreto con agregado de 6%, 8% y 10% de CE, medido a los 28 días de curado, con una resistencia promedio adquirida a los 28 días en un 100% de 37.6 kg/cm², 38.2 kg/cm² y 38 kg/cm².

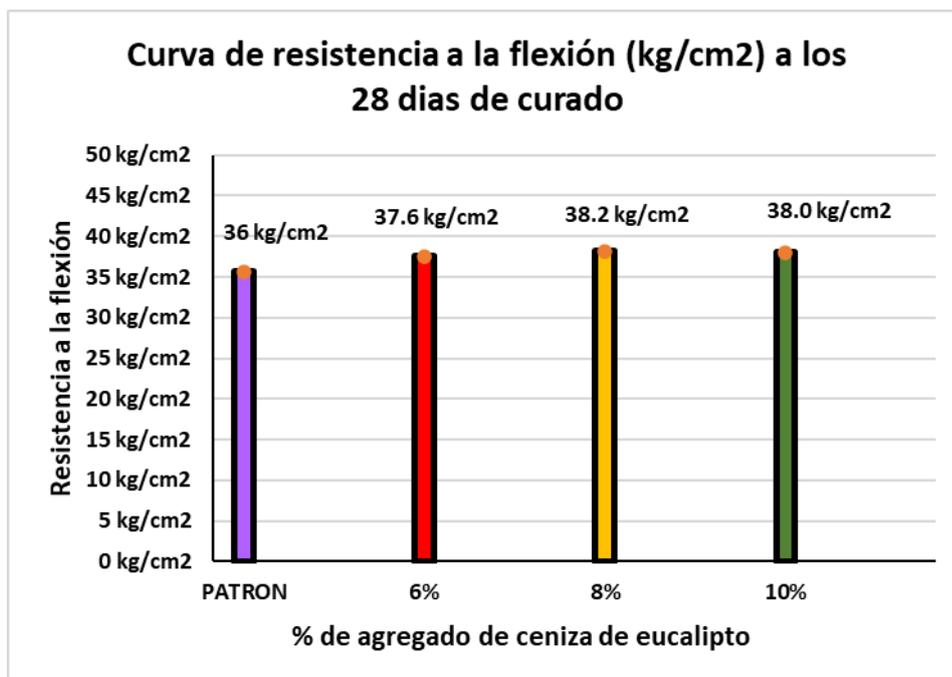


Figura 41: Representación gráfica de resistencia a la flexión del concreto patrón y con agregado.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Los tipos de falla por rotura que se formaron estuvieron determinados por el tipo de falla 2, que se caracteriza por adquirir la forma de un cono en uno de sus extremos, asimismo presencia de grietas verticales las tapas del testigo; y el tipo de falla 5, que se caracteriza por formar fracturas laterales en la parte inferior o superior, según el ASTM C39.

V. DISCUSIÓN

- Respondiendo al objetivo N°1: Determinar características fisicoquímicas de las cenizas de eucalipto. En función a los resultados, en la tabla 3 y 4 se determinó las cantidades porcentuales de la ceniza de eucalipto, cumplen con los requerimientos impuestos por la norma referida a aditivos al concreto y asfalto ASTM C618-05, así mismo valida una vez más la cita obtenida del artículo de investigación de Franco (2019) donde menciona en un ensayo fisicoquímico de la ceniza de eucalipto, valores que cumplen también la normativa en función a sus elementos que lo componen, entre ellos la sílice.
- Respondiendo al objetivo N°2: Determinar los porcentajes de adición de cenizas de eucalipto en ambos diseños de mezcla para carpetas de rodadura flexible y rígida.

Como se pudo identificar en los resultados, existen ciertas fuentes bibliográficas de investigaciones anteriores donde se plantea ciertos porcentajes tentativos de uso, que proponen cierta funcionalidad en el mejoramiento de la resistencia, tal es el caso de Do Couto F. et. al (2019), que en su tesis propone el uso de ceniza de madera de eucalipto en un 5%, 10% y 15%, asimismo, Chinguel R. (2020), que también propone que el uso de cenizas de hoja de eucalipto con agregado de 8 a 14%, Villanueva J. (2017) de 15% de cenizas, entre otros investigadores, para lo cual, nosotros vimos convenientes como investigadores desarrollar la investigación con agregado de ceniza de eucalipto en un 6%, 8% y 10%.

- Respondiendo al objetivo N°3: Determinar los parámetros de la carretera de la zona de estudio.

El estudio de tráfico de la zona arrojó datos que corresponden a un IMDA de 264 y con un crecimiento proyectado a 20 años de 473, clasificándolo como una carretera de tercera clase según el DG-2018. Así mismo, en lo que respecta a resistencia del suelo y cada una de sus capas, la sub rasante según el manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos del año 2014, la sub rasante debe tener un CBR mínimo del 6%, una base del 80% y un sub base del 40% mínimo respectivamente, en este caso los resultados de estudio de

suelos arrojaron un CBR del 6.1% cumpliendo con el mínimo porcentaje de la norma, así mismo el material a usar para la base y sub base debe cumplir las exigencias del manual especificado de suelos y pavimentos.

El diseño de pavimento exige una resistencia de la capa de rodadura según la norma Aastho 1993 de 280 kg/cm² y una resistencia a la flexión de 40 kg/cm², para ejes equivalentes menores a los 5000000, no obstante siguiendo los parámetros que exige el diseño de la zona, este solicita un diseño para un aproximado de 1117333.064, es decir no llega ni a la tercera parte del mínimo equivalente, por tanto se propuso el diseño con resistencia a compresión y flexión de 210 kg/cm² y 36 kg/cm², con un espesor de carpeta rígida de 11 cm, así mismo el diseño para asfalto obtuvo una MR de 8042.8 kg/cm² y un espesor de carpeta asfáltica de 8 cm.

- Respondiendo al objetivo N°4: Selección de cantera y análisis de los agregados.

Las canteras cercanas a la zona de estudio, son dos, la cantera del río Angamarca y la cantera del río Cachicadan, la cantera del río San Antonio en Cachicadan, fue seleccionada debido a diversos parámetros como la ubicación, accesibilidad, distancia, los agregados presentes no se encuentran graduados de forma natural, por lo que se tiende a procesos de chancado y zarandeo. En este caso el material adquirido cumplió al límite los parámetros del agregado fino, no obstante, el agregado grueso sobrepasaba las mallas en lo que respecta a su retenido en el ensayo granulométrico, por lo que se tomó solamente los retenidos de la malla 1 ½" hasta la N° 4 para el caso del concreto, y el retenido en la malla 3/8 y N°4, el porcentaje de caras fracturadas, contenido de sales, abrasión, y otros también realizados, cumplieron la normativa CE.010.

- Respondiendo al objetivo N°5: Determinar el diseño de mezcla de carpeta de rodadura flexible y el diseño con adición del 6%, 8% y 10% de ceniza de eucalipto como agregado al asfalto.

Según el MTC E-504 (p.583), el diseño de una mezcla asfáltica debe considerar el ensayo de los agregados y el material bituminoso, para lo cual

se determinó el análisis granulométrico, la gravedad específica, peso unitario, contenido de humedad, partículas chatas y alargadas, contenido de sales, índice plástico, abrasión, durabilidad y caras fracturadas, para el agregado grueso y el agregado fino, que deben ser considerados para el desarrollo de la mezcla.

Según la norma MTC-504 (p.584), para el ensayo de estabilidad se debe medir 3 testigos por cada % de asfalto analizado, con un incremento de porcentaje de asfalto de 0.5% sobre porcentaje base propuesto por el profesional competente, en este caso el diseño de asfalto abarco 9 testigos de 10 cm de diámetro por 10 cm de altura para el óptimo de asfalto, 3 testigos para cada porcentaje de asfalto de 5%, 5.5% y 6% respectivamente, así mismo 9 testigos con el óptimo de asfalto y con adición de ceniza de eucalipto de 6%, 8% y 10%.

En este caso, el diseño siguió la norma MTC E-583, obteniendo un diseño de mezcla asfáltica en caliente con participación de 38% de agregado grueso (confitillo que pasa por la malla $\frac{1}{2}$ " y se retuvo en los tamices $\frac{3}{4}$ " y N°4), 61% de agregado fino (arena que pasa por la malla N°4 y fue retenido hasta la malla N°200, y 1% de filler que es el material que pasa la malla N° 200, cumpliendo la norma de pavimentos urbanos sobre gradación de agregados (p.10).

- Respondiendo al objetivo N°6: Determinar el diseño de mezcla de carpeta de rodadura rígido $f'c=210$ kg/cm² y el diseño con adición del 6%, 8% y 10% de ceniza de eucalipto como agregado al cemento.

La determinación de mezcla para carpeta de rodadura rígida, se obtuvo principalmente con un diseño de mezcla patrón a resistencia de 210 kg/cm², cumpliendo la norma ACI, dicho diseño tubo una dosificación en relación a su peso de 1: 2.81: 2.89 respectivamente, con una relación de $a/c = 0.53$, obtenido el diseño patrón, se realizó el diseño con adición de la ceniza de eucalipto a la mezcla de concreto con porcentajes de 6%, 8%, 10% para probeta cilíndrica de 0.00157 m³ y relación 2 longitud/diámetro, según como lo indica la norma ASTM-C39, con la velocidad de penetración consto de 2.5

a 3 Mpa/s y para probeta prismática de 0.01125 m³ con una velocidad constante.

- **Respondiendo al objetivo N°7: Determinar la influencia de las cenizas de eucalipto, en la resistencia a la deformación en carpeta de rodadura flexible, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad.**

Tabla 61. *Resumen de propiedades mecánicas de la mezcla asfáltico*

TRANSITO MEDIANO					
Cenizas de Eucalipto (CE)	0%	6%	8%	10%	Especificaciones técnicas
Vacíos (%)	6.39	3.620	1.940	0.980	3-5%
Flujo (mm)	7.36	5.840	7.40	7.22	Entre 8-16
Estabilidad (kg)	2052.61	1812.000	1872.55	2044.76	Mín.5.44 kN
Estabilidad/Fluencia (kg/cm)	2790.14	3102.74	2529.33	2832.08	1700-4000

Fuente: Elaboración propia

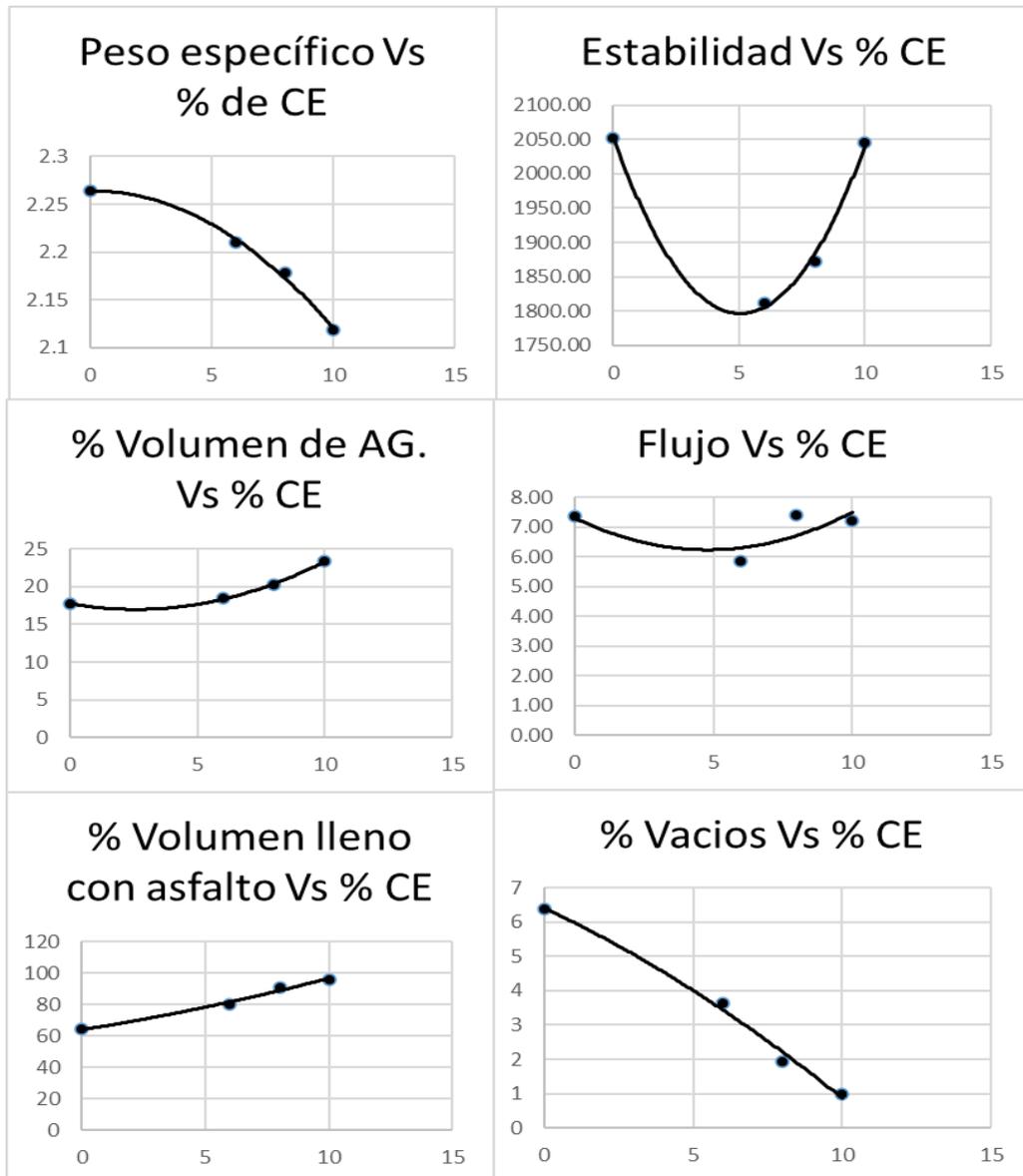


Figura 42: Propiedades físicas de la mezcla con y sin adición de CE

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

La tabla 61, muestra el resumen de resultados obtenidos de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, con y sin agregado de CE, así mismo se puede determinar al adicionar CE en un 6%, 8% y 10% en el asfalto, la estabilidad baja respecto al diseño patrón, aunque va de orden ascendente a medida que el porcentaje de adición de CE aumenta.

En lo que respecta al flujo de la mezcla, este se incrementó más en 8% de CE, no obstante, según la norma EG-2013 establecida.

El porcentaje de vacíos se encuentra dentro de los rangos especificados por la norma EG-2013, el &% es el porcentaje con una concentración porcentual de vacíos de 3.62, dentro del rango propuesto en el EG-2013.

- Respondiendo al objetivo N°8: Determinar la influencia de las cenizas de eucalipto, en la resistencia a la compresión y flexión en carpeta de rodadura rígida, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad.

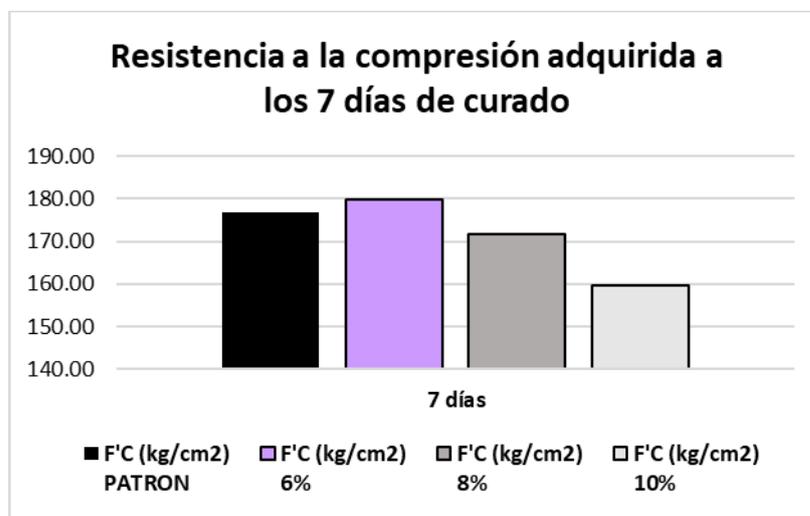


Figura 43: Resistencia f'c a los 7 días de curado.

Fuente: Elaboración propia

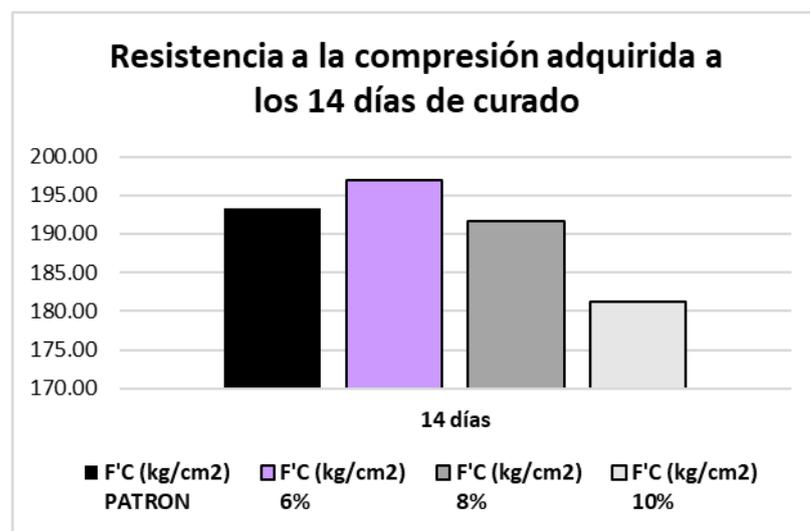


Figura 44: Resistencia f'c a los 14 días de curado.

Fuente: Elaboración propia

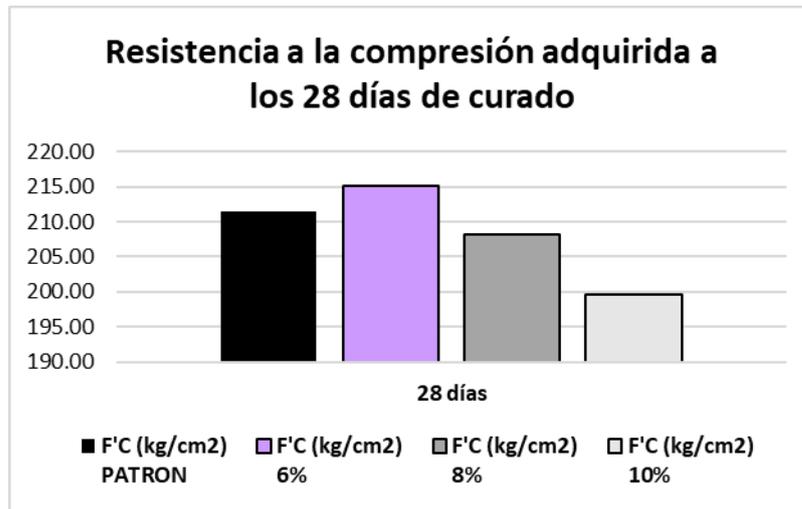


Figura 45: Resistencia f'c a los 28 días de curado.

Fuente: Elaboración propia

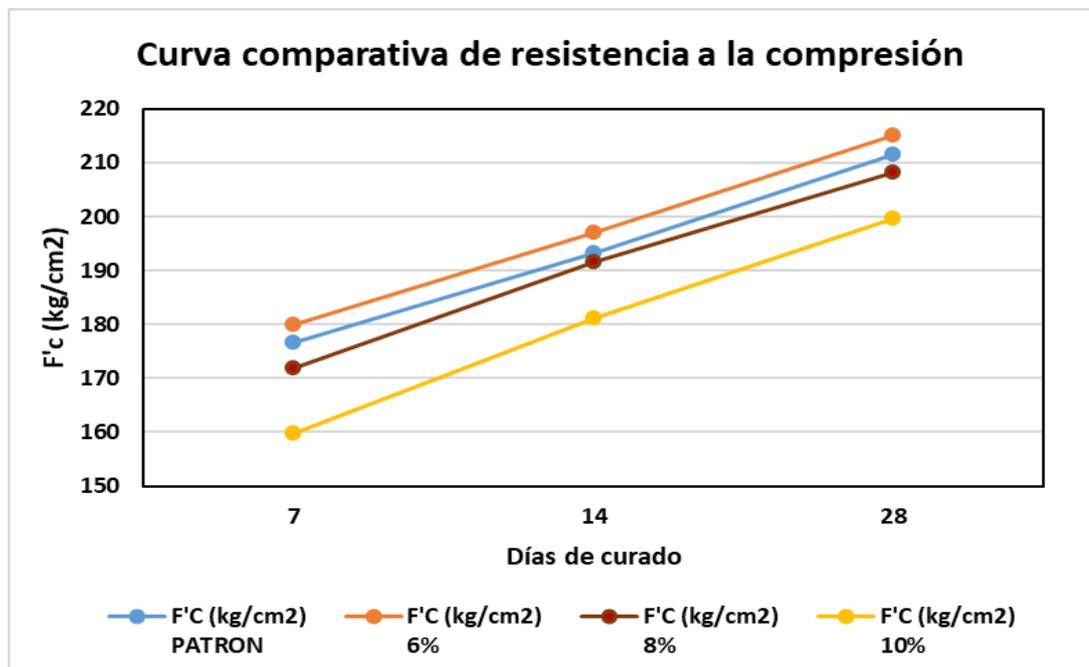


Figura 46: Grafico comparativo de resistencia a la flexión.

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a la resistencia a la compresión del concreto los resultados fueron evidentes desde los 7 días de curado y rotura, la resistencia tubo variaciones entre 5% y 7%, a los 14 días con un incremento uniforme y proporcional respecto a los datos obtenidos anteriormente de los 7 días de

curado, al igual que a los 28 días, siendo la mezcla con adición del 6% de CE, el porcentaje más influyente sobre la resistencia a la compresión.

De los datos obtenidos en las figura N° 21, se puede decir que la resistencia a la compresión presenta una mejora cuando la ceniza es agregada en un 6%, mientras que al agregar un 8 y 10 % la resistencia empieza a decrecer, asimismo, el tipo de rotura que presenta por compresión se encuentra definida por el tipo II y V.

En lo que respecta a la resistencia a la flexión los ensayos arrojaron resultados de resistencia a la flexión superiores a la resistencia patrón de 36 kg/cm², arrojando en los tres diseños con adición porcentual de 6%, 8% y 10% de CE de 38 kg/cm² de resistencia.

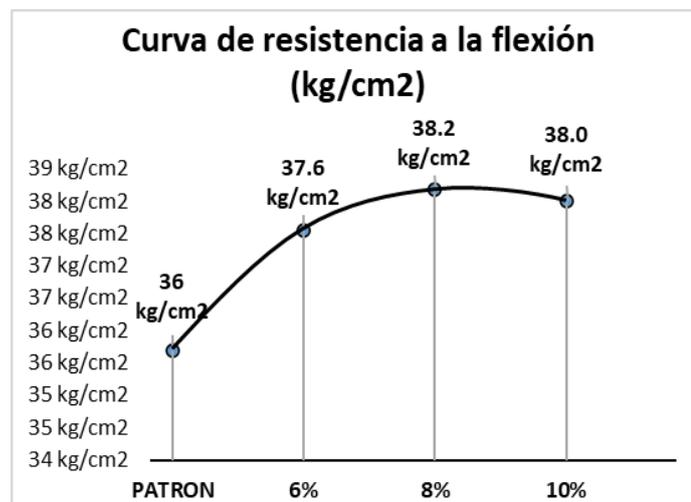


Figura 47: Gráfico de resistencia a la flexión del concreto patrón y con adición % de CE.

Fuente: Elaboración propia.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó el análisis químico de la ceniza arrojando datos de que según los requerimientos de la norma ASTM C618 correspondiente al uso de cenizas dentro de una mezcla de concreto.
- Los porcentajes de CE designados para la investigación fueron del 6%, 8% y 10% añadidos como adición al cemento para el caso del concreto y añadidos como adición al asfalto para la mezcla asfáltica.
- Se logró determinar el IMDA con una demanda actual de 264 veh/día y una futura de 473 veh/día, clasificándola, según el manual DG-2018, como una carretera de tercera clase.
- Se determinó la cantera en función a criterios de distancia y accesibilidad, en este caso fue la cantera San Antonio, Cachicadan de Santiago de Chuco, así mismo, el análisis de los agregados utilizados para el desarrollo de los ensayos de resistencia se desarrolló bajo los requerimientos del MTC y cumplieron los parámetros exigidos por la norma ACI, ASTM y NTP.
- Se logró realizar el diseño de mezcla asfáltica patrón y también el diseño con adición de CE con porcentajes determinados de 6%, 8% y 10%, bajo los estudios y ensayos correspondientes, en función al manual de pavimentos del MTC, las normas ASTM y Aashto-93. La dosificación para la mezcla patrón estuvo determinada por el 38% de agregado grueso, 61% de agregado fino y 1% de filler.
- Se logró realizar el diseño de mezcla del concreto patrón y también el diseño de mezcla con adición de CE con porcentajes determinados de 6%, 8% y 10%, bajo los estudios y ensayos correspondientes, en función al manual de pavimentos del MTC, las normas ASTM y Aashto-93. La dosificación para la mezcla patrón estuvo determinada en función a su peso por 1: 2.81: 2.89 respectivamente, con una relación de $a/c = 0.53$.
- Se concluye que la CE, no influye mucho en la estabilidad, puesto que lo reduce respecto al diseño de mezcla asfáltica patrón, en lo que respecta al flujo, las variaciones no son muy considerables, por lo que se podría decir que no tiene mucha influencia por esa parte, no obstante, la presencia de

vacíos resulta mejorar al adicionar las CE, principalmente cuando se adiciona este elemento en un 6%.

- Se concluye que las CE influyen positivamente en la resistencia del concreto para carpeta de rodadura rígida cuando se agregan porcentajes de 6% y 8%, incrementando su resistencia a la compresión entre un 1 y 2% respecto a su resistencia original (patrón), mientras que en la resistencia a la flexión tubo un incremento de 36 kg/cm² correspondiente al diseño patrón a un 38 kg/cm² con adición de CE en 6%, 8% y 10% donde su resistencia incremento ascendentemente a la mayor adición.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda obtener la ceniza de diferentes lugares de producción de estas, para obtener un mejor ensayo químico más exacto de la ceniza de esa zona para el remplazo o adición de la mezcla a utilizar.
Se recomienda probar con porcentajes menores al 6% y mayores de 10% para definir la influencia de la ceniza.
- En zonas que tienen alto porcentaje de humedad se recomienda un tratamiento o reemplazó del material que corresponde a la subrasante.
Analizar las canteras para mejorar, y un mejor aprovechamiento de la resistencia.
- Se recomienda un análisis más profundo de todos los agregados puesto que el cumplimiento del diseño está en función de los agregados.
- Se recomienda que en el diseño de mezcla de concreto siga la normativa establecida incluyendo la resistencia promedio a la compresión que debe ser mayor a la resistencia que se desea obtener.
- Según Gutiérrez W. (2021), los materiales de la subrasante definen la resistencia que determina el diseño estructural de un pavimento, por tanto, es importante un estudio de suelos y la determinación del CBR de la sub rasante para el diseño completo de un pavimento. (p.28)
- Se recomienda realizar adiciones de CE, mayores al 10%, puesto que al aumentar el porcentaje haya posibilidades que influya mejor.

REFERENCIAS

Aguilar y Brabo (2020). Evaluación de la ceniza de fondo para la Estabilización de suelos arcillosos provenientes de la zona ladrillera del distrito de San Jerónimo – Cusco. Recuperado de: https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/3605/Hugo_Juan_Tesis_bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ajabi, et. al (2021). Developing a novel building material for sustainable rammed earth construction using wood ash-geopolymer as an alternate binder. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/355008073_Developing_a_novel_building_material_for_sustainable_rammed_earth_construction_using_wood_ash-geopolymer_as_an_alternate_binder

Arriaga, Palomino (2020). Evaluación del mejoramiento de suelos lateríticos con cenizas de productos orgánicos y cenizas volantes. Recuperado de: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3409> (ALICIA)

ASTM – C39. Recuperado de: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/images/ensayos/3-concreto/3.10-11.pdf>

Ayala, et. al (2019). Study of the effect of the addition of ash from artisan brick kilns in the stabilization of clay soils for pavements. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.115>

Carevic, et. al (2020). Correlation between physical and chemical properties of wood biomass ash and cement composites performances. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119450>

Carmelo y Gonzales (2021). Propiedades resilientes de subrasantes granulares estabilizadas con ceniza volante para diseño de pavimentos flexibles. Recuperado de: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/26373/1/108_Trabajo%20de%20grado%20Camelo_Gonzalez.pdf

Castaño, et. al (2009). Análisis cualitativo del flujo de agua de infiltración para el control del drenaje de una estructura de pavimento flexible en la ciudad de Bogotá D.C. Recuperado de: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/1730>

Chachi (2019). Análisis de la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² sustituyendo parcialmente el cemento portland por cenizas de rastrojo de maíz. Recuperado de: <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/723>

Chinguel R. (2020). Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto en adoquines tipo III, utilizando ceniza de hoja de eucalipto y microsilice con ceniza de hoja de eucalipto, Lima 2020. Recuperado de: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/57298/Chinguel_DRLR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Condori A. (2022). Pavimento rígido adicionado con cenizas de Rastrojo de trigo en el distrito de villa el salvador – lima metropolitana. Recuperado de: https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/3383/T037_74755193_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cordo, O. (2006). Traducción al español, diseño de pavimentos aashto-93. Recuperado de: https://www.academia.edu/34103801/DISENO_DE_PAVIMENTO_METODO_AASHTO_93_ESPANOL_1_

Espino Y. (2021). Adición de ceniza de madera de fondo en la estabilización de suelos arcillosos y su aplicación a subrasante. Recuperado de: https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/3571/T037_48618077_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fort, et. al (2020). Biomass fly ash as an alternative to coal fly ash in blended cements: Functional aspects. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121544>

Fort, et. al (2020). Assessment of Wood-Based Fly Ash as Alternative Cement Replacement. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/su12229580>

Franco, et. al (2019). Initial study of Eucalyptus Wood Ash (EWA) as a mineral admixture in concrete. Recuperado de: <https://www.proquest.com/docview/2211942995>

Gabriel, et. al (2021). Influence of wood fly ash on concrete properties through filling effect mechanism. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/ma14237164>

Gálvez y Aponte (2019). Estudio experimental del comportamiento geotécnico de suelo arenoso mejorado con ceniza proveniente de la quema de madera y carbón de las ladrilleras artesanales del distrito de Lurigancho, lima. Recuperado de: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPC_8c0160cc9e69d7d21da0d13d0d65ea48

Girón, et. al (2021). Efecto de la incorporación de ceniza de hoja de eucalipto en las propiedades mecánicas del concreto y físicas del mortero Huancayo 2021. Recuperado de: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11568>

Gutierrez W. (2021). Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte. Recuperado de: https://books.google.com.pe/books?id=JE1OEAAAQBAJ&pg=PA28&dq=resistencia+en+un+pavimento+rigido&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjw76fU1_76AhWgO7kGHeMZCFoQ6AF6BAgPEAI#v=onepage&q=resistencia%20en%20un%20pavimento%20rigido&f=false

Hernández y Rodas (2018). Determinación de las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210kg/cm^2$ para pavimento, adicionando cenizas de caña de azúcar, Moyobamba, San Martín, 2018. Recuperado de: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_9972a77c683dbb27e399006633e5a7b5

Huancoillo Y. (2017). Mejoramiento de suelo arcilloso con ceniza volante y cal para su uso como pavimento a nivel de afirmado en la carretera desvío Huancané – Chupa – Puno. Recuperado de:

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_481893c61bc69de986d_dc24460679122

Huaquisto y Belizario (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.366>

James J (2018). Strength benefit of sawdust/wood ash amendment in cement stabilization of an expansive soil. Recuperado de: <https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n50.2019.8790>

Juárez y Rico (2008). Mecánica de suelos II, teoría y aplicaciones de mecánica de suelos. Recuperado de : <https://books.google.com.pe/books?id=FK7MgzytR6EC&pg=PA532&dq=funcion+de+las+capas+y+materiales+de+un+pavimento+de+concreto&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjIqpuZu9b3AhUdBbkGHT5sBdsQuwV6BAgLEAc#v=onepage&q&f=false>

Juárez y Rico (1973). Mecánica de suelos Tomo II, Volumen 2. Recuperado de: <https://www.libreriaingeniero.com/2021/02/mecanica-de-suelos-juarez-badillo-tomo-2.html>

Kennedy, et. al (2021). Predictive models of volumetric stability (durability) and erodibility of lateritic soil treated with different nanotextured bio-ashes with application of loss of strength on immersion; GP, ANN and EPR performance study. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.clema.2021.100006>

Matos L. (2018). Influencia de la adición de ceniza orgánica como filler en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente - Huancayo, 2018. Recuperado de: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10092/1/IV_FIN_105_TE_Matos_Neyra_2018.pdf

Medina G. (2019). Estudio del comportamiento del aserrín y la ceniza de carbón para la estabilización de la sub rasante, Carabayllo, Lima 2019. Recuperado de: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53368/Medina_AGR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mymrin (2021). Environmentally clean materials from contaminated marine dredged sludge, wood ashes and lime production wastes. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127074>

Norma ASTM C-128. Recuperado de: <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-veracruzana/tecnologia-del-concreto/astm-c-128-01-normas-astm-pdf-en-espanol/10703481>

Norma ASTM C-618. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/464922860/Astm-c618-19-Spanish>

Parra M. (2018). Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22856/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20MANUEL%20GERARDO%20PARRA%20GOMEZ%20505587.pdf>

Peres, et. al (2006). Manual de pavimentacao. Recuperado de: <https://ia903402.us.archive.org/29/items/manualzilla-id-6080887/6080887.pdf>

Pérez R. (2021). Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo para su uso como subrasante mejorada de pavimento, producto de ladrillera Cerámicas Júpiter S.A.C. del departamento de Ucayali. Recuperado de: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5148>

Poplawski y Leluz (2021). Influence of Mechanical and Mineralogical Activation of Biomass Fly Ash on the Compressive Strength Development of Cement Mortars. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/ma14216654>

Ramos y Lozano (2019). Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos. Recuperados de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24277/1/ESTABILIZACION%CC%81N%20DE%20SUELO%20MEDIANTE%20ADITIVOS%20ALTERNATIVOS%20CORREGIDO%20FINAL%202.0.pdf>

Rauf et. al (2020). Evaluation of alternative home-produced concrete strength with economic analysis. recuperado de: <https://doi.org/10.3390/su12176746>

Rico y del Castillo (2005). La ingeniería de suelos en las vías terrestres. Recuperado de:

https://books.google.com.pe/books?id=rU_pA257zUEC&pg=PA139&dq=estudio+de+suelos+para+la+construccion&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjCjerZ2eL3AhX_EbkGHetTBoIQ6AF6BAqGEAl#v=onepage&q&f=false

Ríos, L (2019). Influencia de la ceniza y cemento, en Adobes ecológicos prensados; sobre la compresión y durabilidad, Trujillo 2019. Recuperado de: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_46cf0ff0365dbd5d5703ba41947492ce

Solano J. (2020). Influencia de la ceniza de hojas de eucalipto en las propiedades del concreto simple para mortero en muros no portantes. Recuperado de: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2023>

Tamanna, et. al (2019). Utilization of wood waste ash in construction technology: A review. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117654>

Teixeira, et. al (2019). Valorisation of wood fly ash on concrete. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.028>

Velay, et. al (2017). Addition of biomass ash in concrete: Effects on E-Modulus, electrical conductivity at early ages and their correlation. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.179>

Zagvozda, et. al (2020). Efecto de bioceniza de madera como reemplazo de cal en la estabilización de diferentes subrasantes de arcilla, International Journal of Pavement Engineering, Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/10298436.2020.1862839>

Villanueva, J. (2017). Resistencia de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución de 15% de cemento por cenizas de eucalipto de hornos artesanales. Recuperado de: http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/7937/Tesis_57319.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1: Matriz operacional

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
CENIZAS ORGÁNICAS	Las cenizas orgánicas es un material silicio que actúan como un material cementante y mejora las características mecánicas del suelo. Ramírez, et. al (2014, p.15)	Ceniza orgánica en un determinado porcentaje, en un 10% específicamente que será aplicado sobre el diseño para la investigación	Porcentaje de uso	6% de ceniza	A razón
				8% de ceniza	A razón
			10% de ceniza		
			Características del agregado	Calidad	Ordinal
Resistencia en carpeta de rodadura flexible	En un pavimento flexible la carpeta asfáltica suele tener menor rigidez, tendiendo a deformarse y transmitir tenciones en mayor intensidad sobre la rasante. Aashto (1993, p.1)	Las mezclas asfálticas poseen a temperatura ambiente una consistencia de sólido o semisólido, con propiedades termoplásticas, y a bajas temperaturas actúan como un sólido frágil y quebradizo y a temperaturas elevadas como un líquido viscoso. Esta variación puede ser más o menos pronunciada en función del tipo de asfalto y de su proceso de obtención.	Características de los Agregados	Calidad	Ordinal
				Cantidad	A razón
			Características específicas	Manejabilidad	A razón
				Resistencia a la compresión	
Resistencia en carpeta de rodadura rígido	En un pavimento rígido la losa que compone la capa que es la carpeta, absorbe casi en total los esfuerzos impuestos por el tránsito, transmitiendo lo menor posible de esfuerzos a las capas inferiores. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014, p.209).	El diseño de concreto en algunas ocasiones es de tipo empírico, y su determinación influye en la resistencia a la compresión	Características de los Agregados	Calidad	Ordinal
				Cantidad	A razón
			Características específicas	Resistencia a la flexión	A razón
				Resistencia a la compresión	A razón

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2: Matriz de consistencia

TITULO: Influencia de cenizas de eucalipto, en resistencia de carpetas de rodadura flexible y rígida, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad.							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			METODOLOGIA	
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable	Dimensión	Indicadores	Tipo de estudio:	
¿Cómo influye las cenizas de eucalipto, en la resistencia de carpetas de rodadura flexible y rígido, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad?	Determinar cómo influye sobre la resistencia el diseño de carpetas de pavimento flexible y rígido utilizando cenizas de eucalipto, Cochapampa, La Libertad.	Diferentes investigaciones muestran que las cenizas orgánicas poseen propiedades que pueden mejorar las propiedades mecánicas del concreto y asfalto.	Cenizas de eucalipto (CE)	Porcentaje de uso	6%	Aplicada	
					8%		Diseño de investigación:
					10%		
				Características del agregado	Calidad	Experimental	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específica	Variable	Dimensión	Indicadores	Método de investigación:	
¿Cómo influye las cenizas de eucalipto, en la resistencia a la	Determinar la influencia de las cenizas de eucalipto	Si influye positivamente a la resistencia, la adición		Agregados	Calidad	Muestreo:	
					Cantidad		Resistencia a la compresión

deformación en carpeta de rodadura flexible, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad?	en la resistencia a la deformación en carpetas de rodadura flexible, Cochapampa, La Libertad.	de cenizas de eucalipto.	Diseño de asfalto	Características específicas	Manejabilidad Resistencia a la compresión	Muestra: Muestras de suelo-ceniza.
¿Cómo influye las cenizas de eucalipto, en la resistencia a la compresión y flexión en carpeta de rodadura rígida, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad?	Determinar la influencia de las cenizas de eucalipto en la resistencia a la compresión y flexión en carpetas de rodadura rígido, Cochapampa, La Libertad.	Si influye positivamente a la resistencia, la adición de cenizas de eucalipto.	Diseño de concreto	Agregados Características específicas	Calidad Cantidad Manejabilidad Resistencia a la compresión	Muestras de asfalto-ceniza. Muestras de concreto-ceniza.

Fuente: elaboración propia

Anexo 3: Diseño de pavimento flexible.

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

PAVIMENTO FLEXIBLE

VEHICULOS LIVIANOS	
Auto	90.00
Camioneta	77.00
Camioneta	44.00
Micro	2.00
CAMION	
C2	17
C2RB1	16

Cuadro 6.3
Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)
Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrigidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE ₂₁₀)
Eje Simple de ruedas simples (EE ₁₁)	EE ₁₁ = [P / 6.6] ^{4.0}
Eje Simple de ruedas dobles (EE ₁₂)	EE ₁₂ = [P / 8.2] ^{4.0}
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE ₁₃)	EE ₁₃ = [P / 14.5] ^{4.0}
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE ₁₄)	EE ₁₄ = [P / 15.1] ^{4.0}
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE ₁₅)	EE ₁₅ = [P / 20.7] ^{4.0}
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE ₁₆)	EE ₁₆ = [P / 21.8] ^{4.0}

P = peso real por eje en toneladas

Fuente: Elaboración Propia, en base a correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO 93

MTC	CALCULO DE EJES EQUIVALENTES ESAL PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE				
TIPO DE VEHICULO	IMDA2021	CARGA DE VEH.EJE	FACTOR DIVISORIO	EJE EQUIVALENTE (EE A2 TN)	F IMDA
C2	17	7	6.6	1.26536675	21.51
C2	17	11	8.2	3.23828696	55.05
C2RB1	16	7	6.6	1.26536675	20.25
C2RB1	16	11	8.2	3.23828696	51.81
C2RB1	16	11	8.2	3.23828696	51.81
AUTOS Y +	213	1	6.6	0.00052702	0.11
AUTOS Y +	213	1	6.6	0.00052702	0.11
				ESALo o ΣIMDA	200.66

Factor de Distribucion Direccional (Dd)	0.5	cuadro 6.1
Factor de Distribucion de Carril (DI)	1	cuadro 6.1
Tasa de crecimiento Anual r%(2 a 6)	4%	
Periodo de Diseño en Años n° años	20	
Días por año	365	
N° de etapas	1	
ESAL (EE)	1090486.638	

Σ F. IMDA	200.66	Cuadros especificados en el manual de carreteras seccion suelos y pavimentos MTC-2014
ESAL	1,090,486.64	
TIPO	TP5	Cuadro 12.2, con el esal
CBR	6.00%	Cuadro 12.2, con el esal
MR	8042.808	cuadro 12.5, con el CBR
CONFIABILIDAD	85%	cuadro 12.6 para una etapa y 12.7 para dos etapas
Zr	-1.036	cuadro 12.8 para una etapa y 12.9 para dos etapas
So	0.45	0.45 dato según el manual
Pi	4	cuadro 12.10
Pt	2.5	cuadro 12.11
Δpsi	1.5	cuadro 12.12
SN	3.37 pulg	8.56 cm

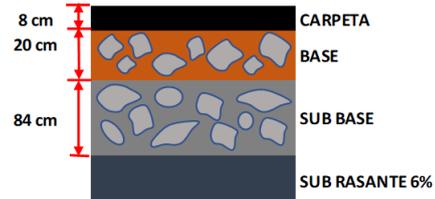
$$\log_{10}(W_{10}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{1.094} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

$$0.40 + \frac{1}{(SN + 1)^{3.19}}$$

a1	0.17	Carpeta asfáltica en caliente
a2	0.115	Base tratada con asfalto, estabilidad marshall = 1500 lb
a3	0.047	CBR de la sub base mín 40%
d1	8	
d2	20	
m2 y m3	1.15	

d3	84.270
----	--------

$$SN = a_1 x d_1 + a_2 x d_2 x m_2 + a_3 x d_3 x m_3.$$



Fuente: elaboración propia.

Anexo 4: Diseño de pavimento rígido.

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

PAVIMENTO	RIGIDO
------------------	---------------

VEHICULOS LIVIANOS	
Auto	90.00
Camioneta	77.00
Camioneta	44.00
Micro	2.00
CAMION	
C2	17
C2RB1	16

MTC	CALCULO DE EJES EQUIVALENTES ESAL PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE				
TIPO DE VEHICULO	IMDA2021	CARGA DE VEH.EJE	FACTOR DIVISORIO	EJE EQUIVALENTE (EE A2 TN)	F IMDA
C2	17	7	6.6	1.27283418	21.64
C2	17	11	8.2	3.33482627	56.69
C2RB1	16	7	6.6	1.27283418	20.37
C2RB1	16	11	8.2	3.33482627	53.36
C2RB1	16	11	8.2	3.33482627	53.36
AUTOS Y +	213	1	6.6	0.00043639	0.09
AUTOS Y +	213	1	6.6	0.00043639	0.09
				ESAL o ΣIMDA	205.60

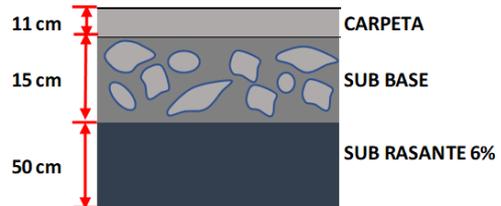
Factor de Distribucion Direccional (Dd)	0.5	cuadro 6.1
Factor de Distribucion de Carril (Dl)	1	cuadro 6.1
Tasa de crecimiento Anual r%(2 a 6)	4%	
Periodo de Diseño en Años n° años	20	
Dias por año	365	
N° de etapas	1	
ESAL (EE)	1117333.064	

RIGIDOS

W8.2	1117333.06	
TIPO EE	TP5	Cuadro 14.1 Tipo de trafico pesado
CONFIABILIDAD	0.85	Cuadro 14.5 (Nivel de confiabilidad y desviación estandar)
Zr	-1.04	
So	0.35	
d	10.6 cm	
ΔPSI	1.80	Cuadro 14.4 (Indice de serviciabilidad)
Pt	4.30	
MR	40	Cuadro 14.7 (MR Resistencia del concreto)
Mr	12.59	= 1.99 o 1.98 *RAIZ(MR)
cd	1.10	Cuadro 14.9 Coef. De drenaje
j	2.80	Cuadro 14.10 Coef. De transmisión de carga
Ec	1359580.84	= 57000*(MR*14.2233) ^{0.5}
Kc	44 Mpa	= 57,000x(fc x 14.2233) ^{0.5}

W18 NOMINAL	6.048182651
W18 CALCULADO	5.947047264

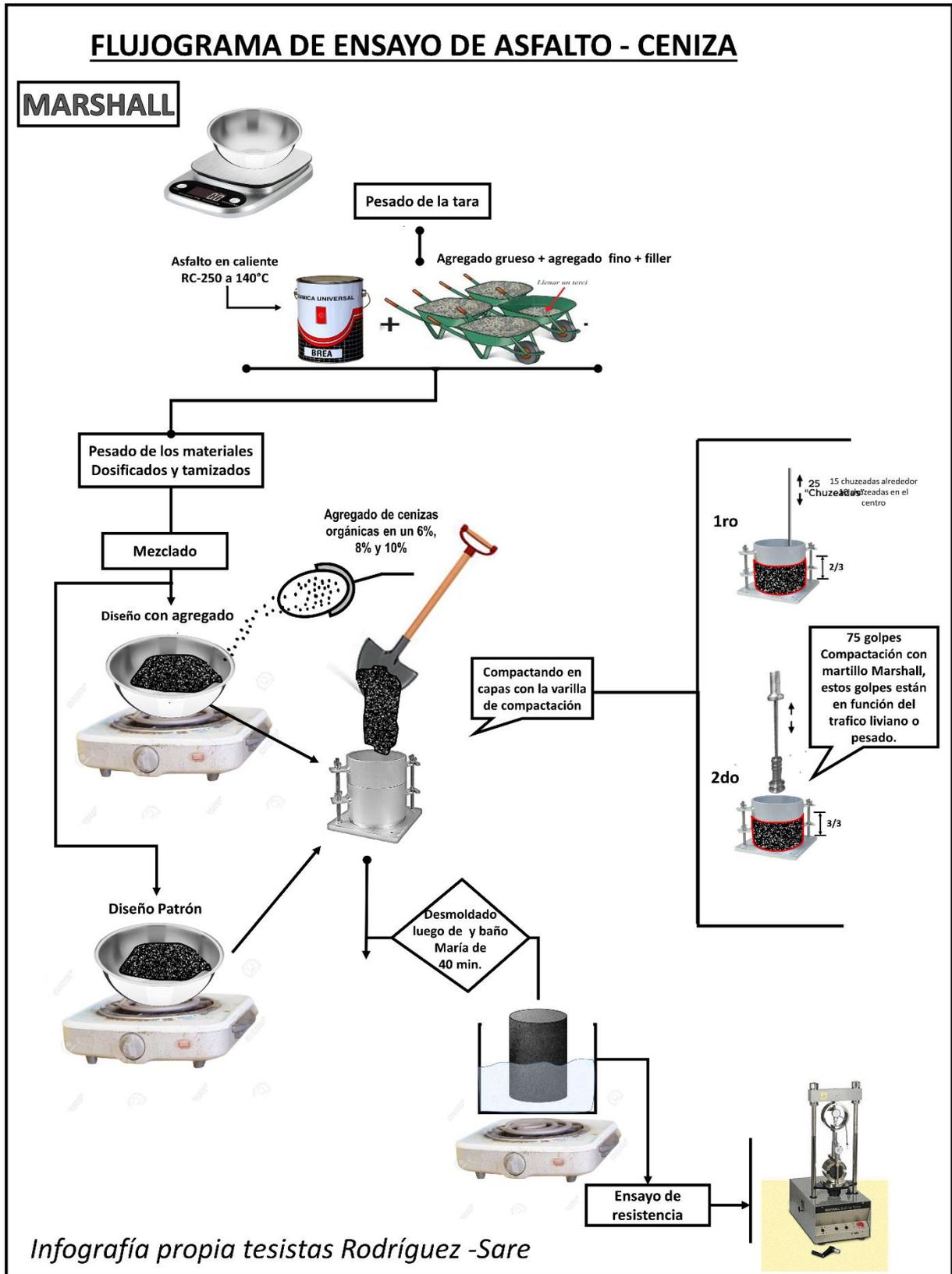
ERROR	ΔW18	0.101135387
--------------	------	-------------



Cuadros especificados en el manual de carreteras
seccion suelos y pavimentos MTC-2014

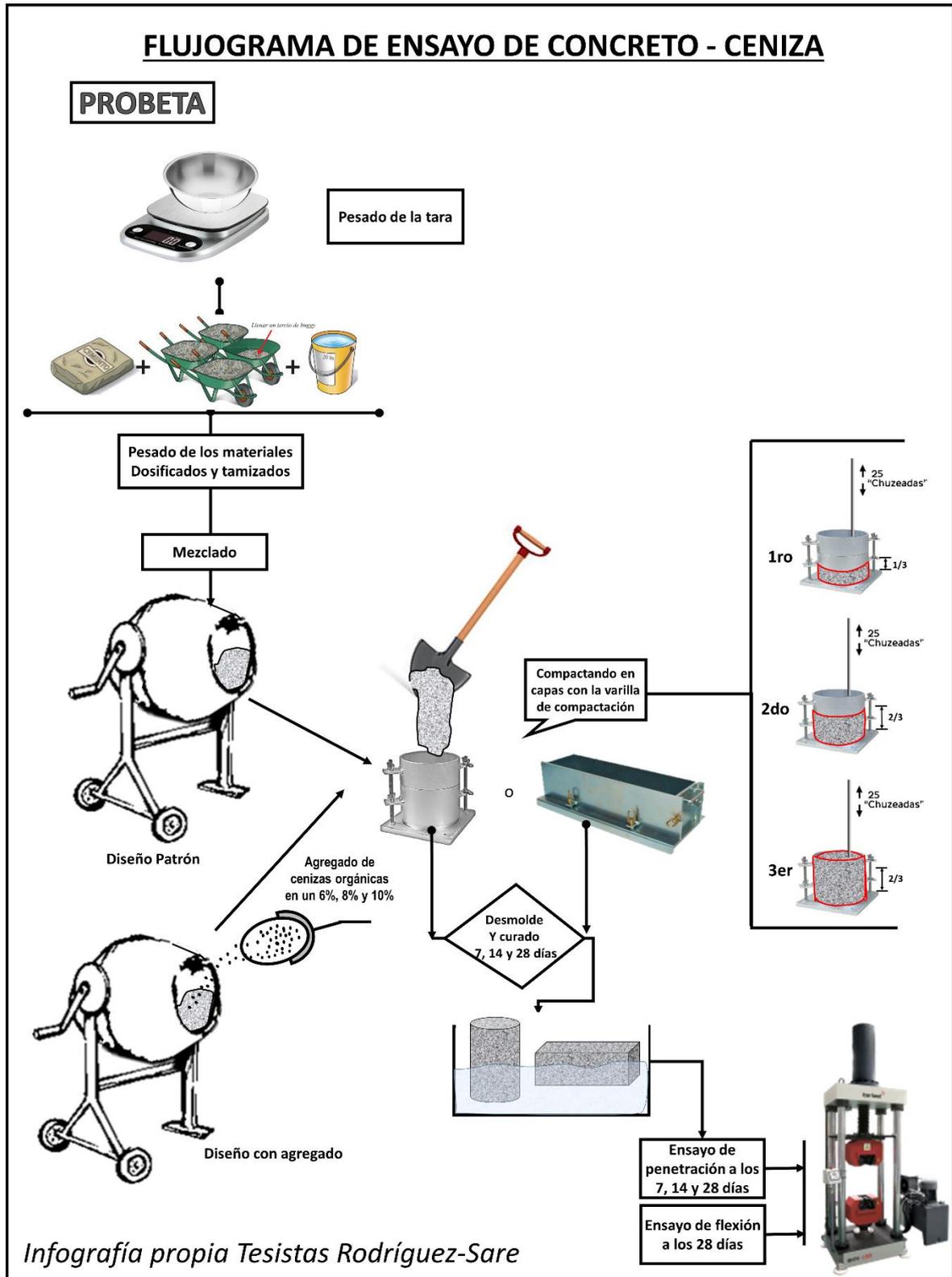
Fuente: elaboración propia.

Anexo 5: Flujoograma de ensayo de Marshall + Ceniza.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 6: Flujo de ensayo de Probeta + Ceniza.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 7: Flujoograma de ensayo de Probeta + Ceniza.

Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)														
N°	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros								
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
1	AGUAS CALIENTES	0.9394	0.8663	1.1161	1.0973	1.1684	1.1945	0.9458	0.8773	0.9386	1.0294	1.0292	0.9845	1.0000
2	AGUAS CLARAS	1.0204	1.0668	1.1013	1.0449	0.9979	0.9863	0.8917	0.9168	1.0069	1.0155	1.0712	0.8127	1.0000
3	AMBO	0.7822	0.8431	0.8697	0.7549	0.7755	0.7823	0.7479	0.9820	1.0329	0.9842	0.9966	0.8835	1.0000
4	ATICO	0.8849	0.7376	1.0576	1.0168	1.1538	1.1764	0.9711	0.9893	1.0821	1.0845	1.1559	0.9021	1.0000
5	AYAVIRI	0.9913	0.9287	1.0870	1.0730	1.1003	1.0878	0.9449	0.9108	0.9242	1.0455	1.0348	0.9733	1.0000
6	CAMANA	0.5935	0.4934	1.0509	1.2563	1.3886	1.3961	1.2549	1.2278	1.3076	1.2658	1.2303	0.8494	1.0000
7	CANCAS	0.8722	0.8703	1.0694	1.1121	1.1631	1.2130	0.9722	0.9150	1.0516	1.0161	1.0259	0.8914	1.0000
8	CARACOTO	1.0576	0.9886	1.0999	1.0550	1.0578	1.0471	0.9900	0.8677	0.9953	0.9895	1.0077	0.7648	1.0000
9	CASARACRA	1.1441	1.1924	1.2529	0.9991	0.9240	1.0245	0.8401	0.8801	1.0508	0.9739	1.1465	0.8656	1.0000
10	CATAC	1.0992	1.0589	1.3534	1.0405	1.0772	1.0762	0.8316	0.8717	0.9632	0.9514	1.1169	0.9747	1.0000
11	CCASACANCHA	1.0321	1.0692	1.1050	1.0611	1.0719	1.0565	0.9517	0.9133	0.8930	0.9959	0.9734	0.7789	1.0000
12	CHACAPAMPA	1.0342	0.9781	0.9986	1.0653	1.0693	1.2488	1.0419	0.9217	0.9818	0.9211	1.0968	0.9676	1.0000
13	CHALHUAPUQUIO	1.1804	1.2304	1.2157	1.0487	1.0103	1.0467	0.7867	0.8314	1.0145	0.9547	1.0196	0.9379	1.0000
14	CHICAMA	0.9891	0.9536	1.0369	1.0347	1.0520	1.0477	0.9368	0.9915	1.0553	1.0166	1.0421	0.7493	1.0000
15	CHILCA	0.6041	0.5736	0.7824	1.0624	1.5470	1.6110	1.3032	1.4238	1.5046	1.2451	1.1887	0.6261	1.0000
16	CHULLQUI	1.0428	1.0728	1.0509	1.0163	1.0500	0.9407	0.9832	0.9316	0.9915	0.9207	1.2832	0.8829	1.0000
17	CHULUCANAS	1.0210	1.0629	1.1565	1.1355	1.0650	1.0374	0.9771	0.9150	0.9843	0.9479	0.9145	0.7502	1.0000
18	CIUDAD DE DIOS	0.9338	0.9146	1.1930	1.0736	1.0024	1.0271	0.9071	0.9185	1.0902	0.8660	1.0664	0.6549	1.0000
19	CORCONA	1.1416	1.1681	1.2623	1.0206	0.9748	1.0336	0.7786	0.8795	1.0065	0.9892	1.1933	0.8888	1.0000
20	CRUCE BAYOVAR	0.9033	0.8846	1.0933	1.0974	1.1592	1.1950	0.8640	0.9864	1.1644	0.9986	1.0861	0.6673	1.0000
21	CUCULI	0.9988	1.0350	1.1242	1.1174	1.1070	0.9545	0.9574	0.9186	0.9449	0.9671	0.9672	1.0218	1.0000
22	DESVIO OLMOS	0.9736	1.0105	1.1312	1.1600	1.1451	1.0896	0.9427	0.8716	0.9919	0.9562	1.0093	0.7176	1.0000
23	DESVIO TALARA	0.8889	0.8761	1.0496	1.0840	1.1438	1.1754	0.9465	0.9935	1.1153	1.0280	1.0362	0.8201	1.0000
24	EL FISCAL	0.8940	0.8401	1.0559	1.0613	1.0717	1.1269	1.0109	0.9938	1.0838	1.0772	1.0791	0.8290	1.0000
25	EL PARAISO	0.9205	0.9105	1.0517	0.9857	1.1149	1.1469	0.9012	0.9733	1.1060	1.0310	1.0929	0.7531	1.0000
26	FORTALEZA	0.9181	0.8373	1.0150	1.0162	1.1492	1.1835	0.8765	1.0108	1.1687	1.0754	1.1540	0.6525	1.0000
27	HUACRAPUQUIO	0.8954	0.9256	0.8519	0.7865	1.1504	0.9951	0.8705	0.9487	0.9945	0.9710	1.1529	0.8270	1.0000
28	HUARMEY	0.9035	0.9244	1.1291	1.1310	1.2668	1.1960	0.8634	0.9658	1.1330	1.0542	1.1438	0.6719	1.0000
29	ICA	0.8952	0.8816	1.0171	1.0174	1.1066	1.1329	0.9323	0.9830	1.0531	0.9755	1.1795	0.8886	1.0000
30	ILAVE	1.0094	0.9590	0.9766	1.0121	1.1366	1.1846	0.9693	0.7789	1.0459	1.0628	1.1372	0.9867	1.0000
31	ILO	0.8298	0.8229	1.0127	1.0787	1.0722	1.1206	1.1008	1.0550	0.9804	1.0440	1.0342	0.8332	1.0000
32	JAHUAY - CHINCHA	0.8933	0.8732	1.0316	0.9075	1.1200	1.1826	0.9369	0.9922	1.1421	1.0329	1.0528	0.4477	1.0000
33	LOMA LARGA BAJA	1.0542	1.2728	1.3705	1.2397	1.1376	1.0325	0.8263	0.9065	0.9251	0.8919	0.8810	0.7535	1.0000
34	LUNAHUANA	1.0078	1.0300	1.0448	0.9515	1.0102	1.1445	0.8265	0.9416	1.1121	0.9751	1.0782	1.0732	1.0000
35	MACUSANI	1.0451	1.0018	1.0480	1.0861	1.1085	1.1300	0.9928	0.9432	1.0228	0.9617	1.0240	0.7588	1.0000
36	MARCONA	0.9662	0.8961	0.9852	1.0088	1.0983	1.0530	1.0341	1.0196	1.0333	1.0271	1.0027	0.7889	1.0000
37	MATARANI	0.4710	0.3895	0.9813	1.5079	1.7155	1.6697	1.6168	1.5740	1.5939	1.4242	1.3091	0.7821	1.0000
38	MENOCUCHO	0.9317	1.0027	1.0511	1.0791	1.0349	1.0573	0.9502	0.9064	1.0854	0.8523	0.7838	0.5208	1.0000
39	MOCCE	1.0278	0.9771	1.0470	1.0650	1.0408	0.9962	0.9898	0.9054	1.0213	1.0118	1.0013	0.6605	1.0000
40	MONTALVO	0.9048	0.8791	1.0475	1.0354	1.0354	1.1059	1.0488	1.0071	1.0540	1.0687	1.0353	0.8310	1.0000
41	MORROPE	0.9513	0.9141	1.0811	1.1244	1.1424	1.1751	0.8926	0.9687	1.0920	0.9715	1.0545	0.6746	1.0000
42	MOYOBAMBA	1.0850	1.0698	1.0813	1.0651	1.0168	0.9738	0.9435	0.9373	0.9761	0.9702	0.9891	0.8038	1.0000
43	NAZCA	0.9661	0.9054	1.0447	1.0579	1.0734	1.0837	0.9221	0.9299	1.0191	1.0129	1.0678	1.0237	1.0000
44	PACANGUILLA	0.9367	0.9280	1.0694	1.0717	1.1095	1.1596	0.9319	0.9569	1.1054	1.0141	1.0390	0.6863	1.0000
45	PACRA	1.0292	1.0010	1.0522	0.9639	1.1074	1.0791	0.8941	0.9429	1.0130	0.9989	1.0593	0.9694	1.0000
46	PAITA	0.8338	0.8399	0.9955	1.0884	1.1366	1.1292	1.0983	1.0805	1.0034	1.0469	1.0315	0.7241	1.0000
47	PAMPA CUELLAR	1.0470	0.8406	1.0891	1.0786	1.1541	1.1507	0.9423	0.7893	1.0577	1.0224	1.0477	0.8316	1.0000
48	PAMPA GALERA	0.9682	1.0250	1.1275	1.1108	1.0497	1.0842	0.8216	0.7799	1.0466	1.0741	1.1328	0.8288	1.0000
49	PAMPAMARCA	0.9676	0.9879	1.0838	1.0298	1.1090	1.0882	0.8872	0.9048	0.8396	0.9118	0.9069	0.8363	1.0000
50	PATAHUASI	1.0587	0.9424	1.1593	1.0874	1.1075	1.1136	0.9016	0.7985	1.0365	0.9748	1.0193	0.8250	1.0000
51	PEDRO RUIZ	0.9743	1.0357	1.1043	1.1210	1.1162	1.0422	0.9404	0.9088	0.9643	0.9746	1.0028	0.7673	1.0000
52	PICHIRHUA	1.0429	1.1004	1.1389	1.0572	1.0324	1.0052	0.9096	0.8779	0.9784	0.9987	1.0072	0.7769	1.0000
53	PIURA SULLANA	1.1032	1.0808	1.1780	1.0977	1.0536	1.0475	0.9646	0.9472	0.9953	0.9479	0.9443	0.7354	1.0000
54	PLANCHON	1.0522	1.0822	1.0719	1.0640	1.0586	1.0147	0.9340	0.9113	0.9516	0.9578	1.0475	0.7584	1.0000
55	POMAHUACA	0.9923	0.9975	1.1424	1.1909	1.1430	1.0907	0.9262	0.8476	0.9921	0.9880	1.0076	0.7033	1.0000
56	PONGO	1.0334	1.0848	1.0606	1.0886	1.0567	1.0028	0.9826	0.9141	0.9728	0.9669	0.9699	0.8065	1.0000
57	POZO REDONDO	0.9235	0.8502	1.0219	1.0682	1.1022	1.0689	1.0385	1.0403	1.1089	1.0396	1.0052	0.8472	1.0000
58	PUNTA PERDIDA	0.9849	0.8010	1.1299	1.2158	1.4581	1.4051	0.8099	0.5874	1.1694	1.0552	1.2693	1.0738	1.0000
59	QUIJULLA	1.1371	1.1635	1.2501	1.0385	1.0168	1.0572	0.8120	0.8670	0.9850	0.9894	1.1196	0.8197	1.0000
60	RUMICHACA	1.0728	0.9436	1.0297	0.8578	1.2202	1.1942	0.8757	0.8975	1.0348	1.0713	1.1703	0.9911	1.0000
61	SAN ANTON								1.1261	1.0559	0.9635	1.0337	0.8809	1.0000
62	SAN GABAN	1.0500	0.9816	1.0785	1.0904	1.1222	1.0984	0.9730	0.9088	0.9405	0.9236	0.9675	0.8185	1.0000
63	SAN LORENZO	0.9766	1.0535	1.1195	1.1258	1.1044	1.0287	0.8775	0.9294	0.9572	0.9531	1.0553	0.7550	1.0000
64	SANTA LUCIA	1.0119	0.8481	1.1341	1.1083	1.1142	1.1636	0.9390	0.7603	1.0670	1.0127	1.0654	0.8428	1.0000
65	SAYLLA	1.0247	0.9848	1.1232	1.0935	1.0634	1.0650	0.9819	0.9125	0.9189	0.9852	0.9876	0.9300	1.0000
66	SERPENTIN DE PASA	1.0952	1.0572	1.0806	1.0634	1.0649	1.0634	0.9685	0.8150	1.0387	1.0592	1.0482	0.9383	1.0000
67	SICUYANI	1.0307	0.8251	1.0268	1.0855	1.1303	1.1529	0.9101	0.7631	1.0878	1.0585	1.1855	1.0308	1.0000
68	SOCOS	1.2201	0.9974	0.9997	0.8936	1.0904	1.0721	0.9417	0.9564	1.0115	1.0043	1.0295	0.9394	1.0000
69	TAMBOGRANDE	0.9319	0.9595	1.0447	1.1058	1.0969	1.0611	1.0462	1.0492	1.0252	0.8999	0.9612	0.8933	1.0000
70	TOMASIRI	0.9857	0.9170	1.0642	1.0853	1.1028	1.0928	1.0370	0.9984	0.9003	1.0377	1.0434	0.7758	1.0000
71	TUNAN	1.0782	1.0585	1.1034	1.0103	1.0405	1.0399	0.8655	0.8521	0.9794	0.9803	1.1159	0.9908	1.0000
72	UNION PROGRESO	1.0447	1.0363	1.0948	1.0397	1.0254	1.0172	0.9599	0.9337	0.9674	1.0156	1.0481	0.7614	1.0000
73	UTCUBAMBA	1.2615	1.0304	1.0861	1.0957	1.0591	1.0235	0.9403	0.8986	0.9387	0.9666	0.9829	0.7404	

Anexo 8: Flujoograma de ensayo de Probeta + Ceniza.

Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

N°	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados								
		FC	FC	FC	FC	FC	FC								
1	AGUAS CALIENTES	1.0234	0.9771	1.0540	1.0631	1.0703	1.1254	0.9831	0.9574	0.9655	0.9434	0.9429	0.9922	1.0000	
2	AGUAS CLARAS	1.0497	1.0164	0.9941	1.0038	0.9878	0.9823	0.9940	0.9597	0.9819	1.0086	1.0042	0.8920	1.0000	
3	AMBO	0.7967	0.7869	0.8193	0.7762	0.7945	0.7905	0.7890	1.0495	1.0086	0.9572	0.9482	0.9447	1.0000	
4	ATICO	1.0402	0.9961	1.0326	1.0478	1.0392	1.0365	1.0288	0.9862	0.9828	0.9573	0.9313	0.9458	1.0000	
5	AYAVIRI	1.0377	1.0057	1.0835	1.0533	1.0511	1.0319	0.9884	0.9505	0.9335	0.9456	0.9485	0.9933	1.0000	
6	CAMANA	0.9370	0.8802	1.0410	1.0753	1.0804	1.0933	1.0782	1.0099	1.0099	0.9947	0.9786	0.8325	1.0000	
7	CANÇAS	1.0490	0.9888	1.0151	1.0452	1.0584	1.0381	1.0041	0.9824	1.0019	0.9551	0.9433	0.9563	1.0000	
8	CARACOTO	1.0489	1.0165	1.0879	1.0415	1.0743	1.0541	0.9982	0.9041	0.9575	0.9453	0.9765	0.8133	1.0000	
9	CASARACRA	1.1123	1.0819	1.1121	0.9769	0.9865	0.9782	0.9872	0.9697	0.9731	0.9521	1.0674	0.9416	1.0000	
10	CATAC	1.0538	1.0807	1.1606	1.0756	1.0119	0.9642	0.9591	0.9372	0.9719	0.9644	0.9958	0.9684	1.0000	
11	CASACANCHA	1.0985	1.0820	1.0974	1.0774	1.0216	0.9848	0.9688	0.9568	0.9552	0.9509	0.9198	0.7875	1.0000	
12	CHACAPAMPA	1.1253	0.9872	0.9856	1.0061	1.0477	1.0441	1.0496	0.9939	0.9340	0.9269	0.9523	1.0257	1.0000	
13	CHALHUAPUQUIO	1.0741	1.0868	1.0814	1.0640	1.0533	0.9822	0.9411	0.9321	0.9569	0.9455	0.9498	0.9948	1.0000	
14	CHICAMA	0.9742	0.9585	1.0327	1.0799	1.0586	1.0428	1.0427	0.9889	0.9895	0.9814	0.9459	0.7964	1.0000	
15	CHILCA	0.9471	0.9731	1.0202	1.0429	1.0652	1.0551	1.0341	0.9979	0.9991	0.9830	0.9674	0.8073	1.0000	
16	CHULLQUI	0.9571	0.9658	1.0634	1.0776	1.0809	1.0402	1.0171	0.9865	0.9731	0.9169	1.2400	0.9257	1.0000	
17	CHULUCANAS	1.0042	0.9705	1.1344	1.1580	1.0939	1.0464	1.0225	0.9536	0.9603	0.9195	0.8980	0.7996	1.0000	
18	CIUDAD DE DIOS	0.9412	0.9568	1.1245	1.0109	0.9763	1.0522	1.0638	1.0509	1.0687	0.8375	0.8101	0.6639	1.0000	
19	CORCONA	1.1221	1.0894	1.1031	0.9536	0.9648	0.9756	0.9759	0.9653	0.9769	0.9739	1.0900	0.9561	1.0000	
20	CRUCE BAYOVAR	0.9925	0.9617	1.0163	1.0654	1.0473	1.0635	1.0368	0.9979	1.0155	0.9779	0.9314	0.7892	1.0000	
21	CUCULI	0.9544	1.0489	1.1882	1.1610	1.0781	0.9789	0.9835	0.9222	0.9034	0.9413	0.9400	1.0895	1.0000	
22	DESVIO OLMOS	1.0670	1.0554	1.0607	1.0567	1.0520	1.0192	0.9857	0.9187	0.9394	0.9597	0.9510	0.8440	1.0000	
23	DESVIO TALARA	1.0234	0.9763	1.0148	1.0405	1.0343	1.0196	1.0096	0.9862	1.0060	0.9840	0.9643	0.9566	1.0000	
24	EL FISCAL	0.9793	0.9154	1.0173	1.0391	1.0246	1.1024	1.0633	1.0320	1.0256	0.9910	0.9728	0.8304	1.0000	
25	EL PARAISO	1.0139	0.9909	1.0354	1.0501	1.0370	1.0203	1.0117	0.9785	0.9958	0.9754	0.9592	0.8049	1.0000	
26	FORTALEZA	1.0095	0.9646	1.0035	1.0378	1.0432	1.0527	1.0371	0.9852	0.9989	0.9807	0.9610	0.7830	1.0000	
27	HUACRAPUQUIO	0.8680	0.9011	0.8423	0.7848	1.1603	1.0254	0.9226	0.9778	0.9218	0.9085	1.1194	0.9334	1.0000	
28	HUARMEY	1.0626	1.0429	1.1171	1.1586	1.1478	1.0300	0.9937	0.9497	0.9638	0.9479	0.9288	0.7750	1.0000	
29	ICA	0.9862	0.9844	1.0316	1.0471	1.0536	1.0587	1.0384	0.9804	0.9489	0.9352	1.0246	0.8853	1.0000	
30	ILAVE	1.0287	0.9435	0.9580	1.0108	1.0332	1.0505	1.0763	0.8865	1.0774	1.0686	1.1077	1.0765	1.0000	
31	ILO	1.0669	1.0457	1.0755	0.9887	1.0028	1.0483	1.0198	1.0030	0.9598	0.9650	0.9476	0.8449	1.0000	
32	JAHUAY - CHINCHA	1.0249	0.9973	1.0339	1.0479	1.0542	1.0382	1.0310	0.9626	0.9677	0.9563	0.9390	0.4681	1.0000	
33	LOMA LARGA BAJA	0.9984	1.0881	1.2082	1.2064	1.1264	1.0819	0.9625	0.9904	0.9475	0.9315	0.9058	0.7844	1.0000	
34	LUNAHUANA	1.1157	1.0802	1.0493	1.0496	0.9891	1.0416	0.9823	0.9305	0.9768	0.9344	0.9505	1.0360	1.0000	
35	MACUSANI	1.0472	1.0557	1.0808	1.0272	1.1020	1.0260	1.2521	0.9430	0.9199	0.9216	0.9320	0.8424	1.0000	
36	MARCONA	1.0211	0.9817	0.9389	1.0037	1.1061	1.0323	1.0444	1.0595	1.0602	0.9693	0.9652	0.8165	1.0000	
37	MATARANI	0.9769	0.8851	1.0520	1.0660	1.0756	1.0200	1.0076	1.0345	0.9879	0.9887	0.9761	0.8394	1.0000	
38	MENOCUCHO	1.0902	1.0710	1.1233	1.0356	0.9978	0.9628	0.9467	0.9518	1.0001	0.8032	0.7510	0.6242	1.0000	
39	MOCCO	0.9589	0.9880	1.0560	1.1377	1.0767	0.9655	1.0381	0.9850	0.9950	0.9641	0.9495	0.6739	1.0000	
40	MONTALVO	0.9749	0.9489	1.0168	1.0360	1.0138	1.0964	1.0793	1.0412	1.0186	0.9900	0.9696	0.8286	1.0000	
41	MORROPE	0.9853	0.9582	1.0108	1.0690	1.0412	1.0481	1.0383	1.0113	1.0140	0.9789	0.9444	0.7873	1.0000	
42	MOYOBAMBA	1.0394	1.0126	1.0017	1.0501	1.0243	0.9980	0.9971	0.9593	0.9650	0.9824	0.9764	0.8706	1.0000	
43	NAZCA	1.0512	1.0102	1.0291	1.0329	1.0337	1.0279	0.9978	0.9794	0.9595	0.9575	0.9266	1.0810	1.0000	
44	PACANGUILLA	0.9774	0.9487	1.0090	1.0641	1.0495	1.0596	1.0523	0.9901	0.9939	0.9811	0.9523	0.8040	1.0000	
45	PACRA	1.0868	1.0277	1.0319	1.0367	1.0279	0.9996	0.9696	0.9510	0.9694	0.9504	0.9933	1.0005	1.0000	
46	PAITA	1.0781	1.0144	1.0791	1.1787	1.1043	1.0823	1.1406	1.0573	0.9480	0.9039	0.8388	0.7955	1.0000	
47	PAMPA CUELLAR	1.1278	1.1060	1.0743	1.0196	1.1381	1.0914	0.9853	0.9499	0.9494	0.8790	0.8946	0.8184	1.0000	
48	PAMPA GALERA	1.0903	1.0946	1.0837	1.0554	1.0345	1.0078	0.9802	0.9332	0.9554	0.9417	0.9377	0.8104	1.0000	
49	PAMPAMARCA	1.0692	1.0541	1.0691	1.0606	1.0664	1.0201	0.9938	0.9473	0.7723	0.7828	0.7751	0.8073	1.0000	
50	PATAHUASI	1.0842	1.0620	1.0935	1.0743	1.0716	1.0642	1.0134	0.9309	0.9448	0.8982	0.9068	0.7907	1.0000	
51	PEDRO RUIZ	1.0395	1.0270	1.0141	1.0435	1.0091	0.9897	1.0051	0.9512	0.9635	0.9802	0.9788	0.8808	1.0000	
52	PICHIRHUA	1.0749	1.0717	1.0921	1.0739	1.0482	1.0267	0.9978	0.9372	0.9326	0.9460	0.9215	0.7813	1.0000	
53	PIURA SULLANA	1.0777	1.0635	1.1221	1.0607	1.0386	1.0120	1.0199	0.9693	0.9893	0.9711	0.9363	0.7840	1.0000	
54	PLANCHON	1.3438	1.2774	1.1203	1.2187	1.0792	1.0400	0.9561	0.8949	0.8533	0.8878	0.9470	0.7937	1.0000	
55	POMAHUACA	1.0921	1.0391	1.0626	1.0829	1.0577	1.0278	0.9851	0.9081	0.9596	0.9608	0.9436	0.8043	1.0000	
56	PONGO	1.1352	1.0876	1.0772	1.0246	0.9968	0.9762	0.9396	0.9093	0.9267	0.9780	0.9737	0.9432	1.0000	
57	POZO REDONDO	1.0265	0.9947	1.0212	1.0323	1.0463	1.0444	0.9966	0.9978	1.0416	1.0080	0.9479	0.8953	1.0000	
58	PUNTA PERDIDA	1.1241	1.1208	1.0721	1.0308	1.3098	1.1524	0.9881	0.9410	0.9228	0.8658	0.9105	0.9502	1.0000	
59	QUIJILLA	1.1612	1.0951	1.0804	0.9231	0.9335	0.9738	0.9523	0.9509	0.9766	0.9979	1.1258	0.9767	1.0000	
60	RUMICHACA	1.0818	1.0268	1.0299	1.0168	1.0400	0.9999	0.9651	0.9211	0.9717	0.9617	1.0142	1.0086	1.0000	
61	SAN ANTON								1.0513	1.0045	0.9507	1.0325	0.9682	1.0000	
62	SAN GABAN	1.0987	1.0538	1.1783	1.1125	1.1375	1.0887	1.2293	0.8892	0.8511	0.8426	0.9370	0.8556	1.0000	
63	SAN LORENZO	1.4046	1.3695	1.3441	1.2260	1.1596	1.0369	0.9617	0.9140	0.8716	0.8117	0.8314	0.7406	1.0000	
64	SANTA LUCIA	1.0470	1.0248	1.0863	1.0801	1.0723	1.0987	1.0265	0.9249	0.9396	0.9085	0.9206	0.7987	1.0000	
65	SAYLLA	1.0655	1.0234	1.0782	1.0621	1.0384	1.0339	0.9836	0.9496	0.9489	0.9527	0.9402	0.9677	1.0000	
66	SERPENTIN DE PAS	1.0230	1.0047	1.0391	1.0460	1.0344	1.0180	1.0079	0.9814	0.9903	0.9671	0.9547	0.8073	1.0000	
67	SICUYANI	1.1224	1.0194	1.0416	1.0932	1.1379	1.1370	1.0892	1.0167	1.0202	0.9074	0.9111	0.9537	1.0000	
68	SOCOS	1.0895	1.0107	1.0057	1.0133	1.0501	0.9948	0.9791	0.9551	0.9911	0.9563	1.0190	0.9775	1.0000	
69	TAMBOGRANDE	0.5981	0.7330	1.1320	1.4600	1.4249	1.2833	1.3179	1.3397	1.1955	1.0221	0.9193	0.7364	1.0000	
70	TOMASIRI	0.9707	0.9200	1.0234	1.0693	1.0587	1.0722	1.0633	1.0043	0.9636	0.9993	0.9996	0.8396	1.0000	
71	TUNAN	1.0667	1.0665	1.0946	1.0642	0.9824	0.9383	0.9359	0.9286	0.9760	0.9695	1.0221	1.0081	1.0000	
72	UNION PROGRESO	1.1490	1.1263	1.0698	1.0555	1.0314	1.0245	0.9767	0.9104	0.9079	0.9712	0.9732	0.7871	1.0000	
73	UTCUBAMBA	1.1972	1.0385	1.0281	1.0362	1.0103	0.9780	0.9674	0.9217	0.9488	0.9731				

Anexo 9: Tasa de crecimiento según MTC.

Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros		Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	TC		PBI
Amazonas	0.62%	Amazonas	3.42%
Ancash	0.59%	Ancash	1.05%
Apurímac	0.59%	Apurímac	6.65%
Arequipa.	1.07%	Arequipa.	3.37%
Ayacucho	1.18%	Ayacucho	3.60%
Cajamarca.	0.57%	Cajamarca.	1.29%
Callao	1.56%	Cusco.	4.43%
Cusco.	0.75%	Huancavelica.	2.33%
Huancavelica.	0.83%	Huánuco.	3.85%
Huánuco.	0.91%	Ica.	3.54%
Ica.	1.15%	Junín.	3.90%
Junín.	0.77%	La Libertad	2.83%
La Libertad	1.26%	Lambayeque.	3.45%
Lambayeque.	0.97%	Callao	3.41%
Lima Provincia	1.45%	Lima Provincia	3.07%
Lima.	1.45%	Lima.	3.69%
Loreto.	1.30%	Loreto.	1.29%
Madre de Dios	2.58%	Madre de Dios	1.98%
Moquegua	1.08%	Moquegua	0.27%
Pasco.	0.84%	Pasco.	0.36%
Piura.	0.87%	Piura.	3.23%
Puno.	0.92%	Puno.	3.21%
San Martín.	1.49%	San Martín.	3.84%
Tacna.	1.50%	Tacna.	2.88%
Tumbes.	1.58%	Tumbes.	2.60%
Ucayali	1.51%	Ucayali	2.77%

Fuente: elaboración propia.

Anexo 10: Análisis químico de la ceniza de eucalipto.

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.
ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189

**REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE
MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

SOLICITANTE	RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR SARE MENDEZ CATERY YACELY
TESIS	"Influencia de Cenizas de eucalipto, en resistencia de carpetas de rodadura flexible y rígida, Cochapampa, Santiago de chuco, La Libertad"
MUESTRA	CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO
FECHA	17 DE NOVIEMBRE DEL 2022

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

CONDICIONES DE LA MEDICION:
El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca BRUKER, MODELO S2-PICOFOX.
Fuente de rayos x: tubo de Mo.
Tiempo de medida: 2000 segundos.
ESTANDAR INTERNACIONAL PARA CUANTIFICACION: Elemento: Galio (Ga)
Concentración: g/l.

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 25 mg de la muestra de CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO, la cual fue tamizada previamente a malla 200.

3. METODO

- BASADO EN LA NORMA : ASTM C25
- VOLUMETRIA : USAQ-ME06

JEFE DE LABORATORIO ANALISTA RESPONSABLE ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL
CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



4. RESULTADOS

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O ₂)	73.85	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	4.83	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃)	0.89	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe ₂ O ₃)	0.42	
OXIDO DE POTASIO (K ₂ O)	6.67	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	0.41	
PENTOXIDO DE FOSFORO (P ₂ O ₅)	1.02	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	0.64	
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO ₃)	2.31	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	0.01	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	0.081	
PÉRDIDA POR QUEMADO	8.87	

5. CONCLUSION

- Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente sílice (Si), Calcio (Ca), Potasio (K), azufre (S) y fósforo (P), con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró magnesio (Mg), manganeso (Mn), cobre (Cu) y zinc (Zn).


 CARLOS ALBERTO
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP 122588



Trujillo, 23 de Noviembre del 2022

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Anexo 11: Resultados ensayos laboratorio JVC.



RUC: 20606092297

ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS NTP 400.012 / MTC E 204							
PROYECTO :	INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD						
SOLICITANTE :	RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELI						
UBICACIÓN :	COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD						
FECHA :	OCTUBRE DEL 2022						
DATOS DEL ENSAYO							
MUESTRA :	CANTERA CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO						
MATERIAL :	ARENA	PROFUNDIDAD :	----	m	COORDENADA UTM: E: ---- N: ----		
PROGRESIVA :	----						
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificación NTP 400.037	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
1/2"	12.500	14.60	1.59	1.59	98.41	100	Peso de inicial seco: : 918.70 gr
3/8"	9.500	2.00	0.22	1.81	98.19	100	Peso lavado seco : ---- gr
No4	4.750	69.40	7.55	9.36	90.64	95 - 100	Peso Material que pasa #200 : 0.10 gr
8	2.360	159.80	17.39	26.76	73.24	80 - 100	
16	1.180	158.50	17.25	44.01	55.99	50 - 85	TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
30	0.600	155.60	16.94	60.94	39.06	25 - 60	MODULO DE FINEZA : 3.24
50	0.300	205.60	22.38	83.32	16.68	10 - 30	Observación :
100	0.150	121.80	13.26	96.58	3.42	2 - 10	
200	0.075	31.30	3.41	99.99	0.01		
FONDO		0.10	0.01	100.00	0.00		
Total		918.70	100.0				

CURVA GRANULOMÉTRICA

*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante.

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

 Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
 GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramírez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
 Jr. Los Diamantes 365 Dpto. 101 Urb. Santa Inés - Trujillo
 Telf.: 044 - 615690 - Cel. 971492979 / 973994030
 consultoriageotecniajvc@gmail.com

ENSAYOS DE AGREGADOS HUMEDAD Y GRAVEDAD ESPECIFICA

PROYECTO : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELI
UBICACIÓN : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
FECHA : OCTUBRE DEL 2022

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA :	CANTERA	CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO			
MATERIAL :	ARENA	PROFUNDIDAD :	---- m	COORDENADA UTM :	E: ---- N: ----
PROGRESIVA :	----				

CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.185

TARA	1	2	3
Peso tara (gr)	103.20	117.40	
Peso tara + Material húmedo (gr)	1014.10	1369.60	
Peso tara + Material seco (gr)	980.50	1317.70	
Peso del agua (gr)	33.60	51.90	
Peso de material seco (gr)	877.30	1200.30	
Humedad %	3.83%	4.32%	

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS (NORMA MTC E-205, NTP 400.022: AASHTO T-84)

Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.00	500.00
Peso Frasco + agua (gr)	1208.30	1208.20
Peso Frasco + agua + A (gr)	1708.30	1708.20
Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	1522.20	1522.10
Vol de masa + vol de vacio (gr)	186.10	186.10
Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	490.50	490.40
Vol de masa (gr)	176.60	176.50
Pe bulk (Base seca)	2.636	2.635
Pe bulk (Base saturada)	2.687	2.687
Pe aparente (Base Seca)	2.777	2.778
Porcentaje de absorción	1.94%	1.96%

RESUMEN DE CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

CONTENIDO DE HUMEDAD %	4.08%
Pe bulk (Base seca)	2.635
Pe bulk (Base saturada)	2.687
Pe aparente (Base Seca)	2.778
Porcentaje de absorción	1.95%



CONSULTORIA GEOTECNIA

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victoria de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO FINO

PROYECTO : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELI
UBICACIÓN : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
FECHA : OCTUBRE DEL 2022

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA :	CANTERA	CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO
MATERIAL :	ARENA	PROFUNDIDAD : ---- m COORDENADA UTM : E: ---- N: ----
PROGRESIVA :	----	

**PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO
(ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)**

			Peso Molde :	2568.60 gr
			Volumen Molde :	2849.990 cm ³
Muestra		1	2	3
Peso de molde + muestra (gr)		6292.00	6314.00	6305.00
Peso de molde (gr)		2568.60	2568.60	2568.60
Peso de la muestra (gr)		3723.40	3745.40	3736.40
Volumen (cm³)		2849.99	2849.99	2849.99
Peso unitario suelto (gr/cm³)		1.31	1.31	1.31

**PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO
(ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)**

			Peso Molde :	2568.60 gr
			Volumen Molde :	2849.990 cm ³
Muestra		1	2	3
Peso de molde + muestra (gr)		6940.00	6951.00	6947.00
Peso de molde (gr)		2568.60	2568.60	2568.60
Peso de la muestra (gr)		4371.40	4382.40	4378.40
Volumen (cm³)		2849.99	2849.99	2849.99
Peso unitario compactado (gr/cm³)		1.53	1.54	1.54

PESO UNITARIO AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO	1.31 gr/cm ³	1311 Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1.54 gr/cm ³	1536 Kg/m ³



CONSULTORIA GEOTECNIA

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victorio de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP: 140574

ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS
NTP 400.012 / MTC E 204

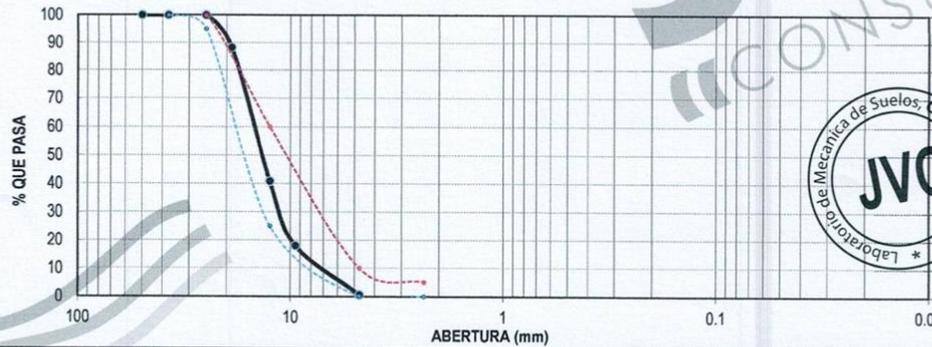
PROYECTO : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA,
COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELI
UBICACIÓN : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
FECHA : OCTUBRE DEL 2022

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA : CANTERA CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO
MATERIAL : PIEDRA PROFUNDIDAD : m COORDENADA UTM : E: N: PROGRESIVA :

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificación	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	Peso de inicial seco: : 1728.90 gr
1 1/2"	37.50	78.40	4.53	4.53	95.47	100 - 100	TAMAÑO MAXIMO : 2"
1"	25.00	593.20	34.31	38.85	61.15	95 - 100	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 1 1/2"
3/4"	19.00	577.90	33.43	72.27	27.73	-	HUSO 57 ASTM 33
1/2"	12.50	408.80	23.65	95.92	4.08	25 - 60	
3/8"	9.50	59.20	3.42	99.34	0.66	0 - 10	
Nº 4	4.75	7.20	0.42	99.76	0.24	0 - 0	
FONDO		4.20	0.24	100.00	0.00		
Total		1728.90	100.0				

CURVA GRANULOMÉTRICA



*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante.



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramírez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

ENSAYOS DE AGREGADOS: CONTENIDO DE HUMEDAD Y GRAVEDAD ESPECIFICA

PROYECTO : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELI
UBICACIÓN : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
FECHA : OCTUBRE DEL 2022

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA :	CANTERA	CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO
MATERIAL :	PROFUNDIDAD :	---- m COORDENADA UTM : E: N:
PROGRESIVA :	----	

CONTENIDO DE HUMEDAD
NTP 339.185

TARA	1	2	3
Peso tara (gr)	97.80	102.00	
Peso tara + Material húmedo (gr)	1864.70	1664.00	
Peso tara + Material seco (gr)	1852.00	1652.80	
Peso del agua (gr)	12.70	11.20	
Peso de material seco (gr)	1754.20	1550.80	
Humedad %	0.72%	0.72%	

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESO
(NORMA MTC E-206, NTP 400.021: AASHTO T-85)

Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)	1330.70	1330.80
Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)	814.00	814.20
Vol. de masa + vol de vacios (gr)	516.70	516.60
Peso material seco en estufa (105 °C) (gr)	1306.60	1306.70
Vol de masa (gr)	492.60	492.50
Pe bulk (Base seca)	2.529	2.529
Pe bulk (Base saturada)	2.575	2.576
Pe aparente (Base Seca)	2.652	2.653
Porcentaje de absorción	1.84%	1.84%

RESUMEN DE CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.72%
Pe bulk (Base seca)	2.529
Pe bulk (Base saturada)	2.576
Pe aparente (Base Seca)	2.653
Porcentaje de absorción	1.84%



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Victor de los Angeles Agustin Diaz
Ing. Victor de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 149574

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO GRUESO

PROYECTO : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELI
UBICACIÓN : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
FECHA : OCTUBRE DEL 2022

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA :	CANTERA	CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO
MATERIAL :		PROFUNDIDAD : m COORDENADA UTM : E: N:
PROGRESIVA :		

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO
(ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)

		1	2	3
	Peso Molde :			5392.40 gr
	Volumen Molde :			9500.645 cm ³
Muestra		1	2	3
Peso de molde + muestra (gr)		19398.00	19413.00	19402.00
Peso de molde (gr)		5392.40	5392.40	5392.40
Peso de la muestra (gr)		14005.60	14020.60	14009.60
Volumen (cm³)		9500.65	9500.65	9500.65
Peso unitario suelto (gr/cm³)		1.47	1.48	1.47

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO
(ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)

		1	2	3
	Peso Molde :			5392.40 gr
	Volumen Molde :			9500.645 cm ³
Muestra		1	2	3
Peso de molde + muestra (gr)		20804.00	20817.00	20810.00
Peso de molde (gr)		5392.40	5392.40	5392.40
Peso de la muestra (gr)		15411.60	15424.60	15417.60
Volumen (cm³)		9500.65	9500.65	9500.65
Peso unitario compactado (gr/cm³)		1.62	1.62	1.62

PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO	1.47 gr/cm ³	1475 Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1.62 gr/cm ³	1623 Kg/m ³



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
 Ing. Victoria de los Angeles Agustin Diaz
 GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574

DISEÑO DE MEZCLAS METODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

PROYECTO : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA,
COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY
UBICACIÓN : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
FECHA : OCTUBRE DEL 2022

DATOS DE CANTERA

CANTERA AGREGADO FINO : SAN ANTONIO - CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO

CANTERA AGREGADO GRUESO : SAN ANTONIO - CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO

RESISTENCIA DESEADA $f_c = 210$ kg/cm²
RESISTENCIA DE CALCULO $f_{cr} = 297$ kg/cm² E060 TABLA 5.3

II.) INFORMACION DE MATERIALES

A. AGREGADO GRUESO

01.- Peso Unitario compactado seco	1623.00	Kg/m ³
02.- Peso Unitario suelto seco	1475.00	Kg/m ³
03.- Peso específico de masa	2529.00	Kg/m ³
04.- Contenido de humedad	0.72	%
05.- Contenido de absorción	1.84	%
06.- Tamaño máximo nominal	1 1/2	pulg.

B. AGREGADO FINO

07.- Peso Unitario compactado seco	1536.00	Kg/m ³
08.- Peso Unitario suelto seco	1311.00	Kg/m ³
09.- Peso específico de masa	2635.00	Kg/m ³
10.- Contenido de humedad	4.08	%
11.- Contenido de absorción	1.95	%
12.- modulo de fineza	3.24	

C. CEMENTO

13.- Portland Tipo	I	
14.- Peso específico	3.12	Kg/m ³
15.- Peso volumétrico	1500	Kg/m ³

D. AGUA

16.- Norma	Potable	
NTP 339.088		
17.- peso específico	1000	Kg/m ³

II.) DISEÑO

1.- SLUMP

Asentamiento 3 a 4 pulgadas

2.- CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Tamaño Máximo nominal	1 1/2	pulg.
Aire	1.0	%

3.- CONTENIDO DE AGUA

cantidad de agua	181	l/m ³
------------------	-----	------------------

6.- PESO DE AGREGADO GRUESO

Modulo de fineza agregado fino	3.24	
Volumen de agregado grueso	0.58	m ³
Peso de agregado grueso	934.85	kg

4.- RELACIÓN AGUA CEMENTO (Por Resistencia)

Resistencia de cálculo	297 kg/cm ²
Relacio A/C	5.5

5.- CONTENIDO DE CEMENTO

Cantidad cemento	988.83 kg
Factor cemento	7.68 bolsas

7.- VOLUMEN DE AGREGADO FINO

Cemento	0.105	m ³
Agua	0.181	m ³
Aire	0.010	m ³
Agregado grueso	0.370	m ³
Volumen de agregado fino	0.335	m ³
Peso de agregado fino	882.08	kg



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Victor de los Angeles Agustin Diaz
Ing. Victor de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

Página 1 de 2

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Jr. Los Diamantes 365 Dpto. 101 Urb. Santa Inés - Trujillo

Telf.: 044 - 615690 - Cel. 971492979 / 973994030

consultoriageotecniajvc@gmail.com

DISEÑO DE MEZCLAS
METODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

PROYECTO : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA,
COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY
UBICACIÓN : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
FECHA : OCTUBRE DEL 2022

8.- DISEÑO EN ESTADO SECO

Cemento 326.33 kg
Agregado fino 882.08 kg
Agregado grueso 934.85 kg
Agua 181 L

9.- CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Agregado fino 918.070 kg
Agregado grueso 941.579 kg

10.- APORTE DE AGUA A LA MEZCLA

Agregado fino 18.788 L
Agregado grueso -10.470 L

Agua en agregados 8.318 L

11.- AGUA EFECTIVA

Cantidad de agua 172.682 L

III.) DOSIFICACIÓN DE MEZCLA

12.- DOSIFICACIÓN EN PESO

Cemento 326.33 kg
Agregado fino 918.07 kg
Agregado grueso 941.58 kg
Agua 172.68 L

EN PESO

CEMENTO	ARENA	PIEDRA	AGUA
1	2.81	2.89	22.49

13.- DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

Cemento 7.68 bls
Agregado fino 0.700 m³
Agregado grueso 0.638 m³
Agua 0.173 m³

POR PIE³

CEMENTO	ARENA	PIEDRA	AGUA
1	3.23	2.94	

14.- RELACION A/C DE OBRA 0.53

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
Ing. Victoria Los Angeles Agustín Díaz
GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS NTP 400.012 / MTC E 204

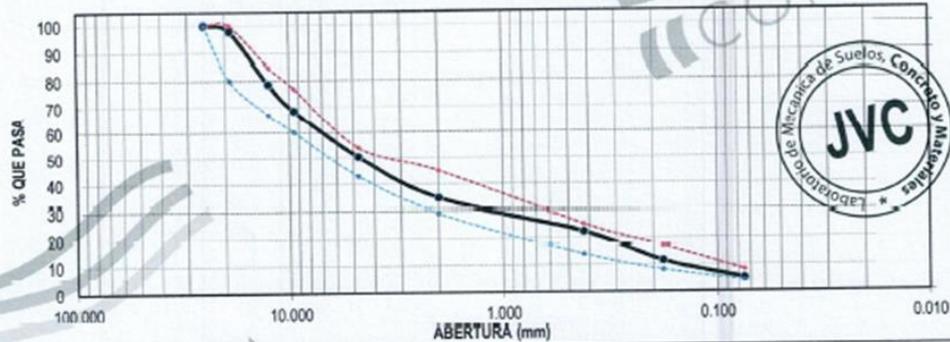
PROYECTO : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA,
 COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY
UBICACIÓN : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2022

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA : CANTERA SAN ANTONIO - CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO
MATERIAL : ARENA **PROFUNDIDAD :** ---- m **COORDENADA UTM :** E: ---- N: ----
PROGRESIVA : ----

Tamices	Abertura	Peso	%Retenido	%Retenido	% que	Especificación	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	en mm.	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa	Tabla 423-03 EG-2013	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	Peso de inicial seco: : 610.20 gr
3/4"	19.000	12.80	2.10	2.10	97.90	80 - 100	Peso lavado seco : gr
1/2"	12.500	117.40	19.24	21.34	78.66	67 - 85	Peso Material que pesa #200 : 30.10 gr
3/8"	9.500	62.50	10.24	31.58	68.42	60 - 77	TAMAÑO MÁXIMO : 1"
4	4.750	109.70	17.98	49.56	50.44	43 - 54	HUSO MAC-1
10	2.000	96.50	15.81	65.37	34.63	29 - 45	Observación :
40	0.425	75.10	12.31	77.68	22.32	14 - 25	
80	0.180	66.40	10.88	88.56	11.44	8 - 17	
200	0.075	39.70	6.51	95.07	4.93	4 - 8	
FONDO		30.10	4.93	100.00	0.00		
Total		610.20	100.0				

CURVA GRANULOMÉTRICA



*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante.

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Víctor de los Angeles Agustín Díaz
 GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramírez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574

CERTIFICADO DE COMPRESIÓN
NTP 339.034

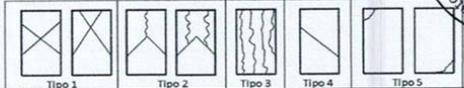
OBRA : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
 SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY
 UBICACIÓN : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
 EMISIÓN DE INFORME : NOVIEMBRE DEL 2022

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

PROBETA CILÍNDRICA	Resist. diseño Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Diámetro cm	Longitud cm	Relación L/D	Factor de corrección	Carga		Sección cm ²	Resistencia Fc Kg/cm ²	Tipo de falla
		Elaboración	Rotura						KN	Kgs.			
01 CONCRETO PATRON CP-1	210 Kg/cm ²	13/10/2022	20/10/2022	7	10.10	20.00	2	0.999	133.82	13645.63	80.12	170.15	5
02 CONCRETO PATRON CP-2	210 Kg/cm ²	13/10/2022	20/10/2022	7	10.10	20.00	2	0.999	138.67	14140.18	80.12	176.31	2
03 CONCRETO PATRON CP-3	210 Kg/cm ²	13/10/2022	20/10/2022	7	10.00	20.00	2	1.000	141.40	14418.56	78.54	183.58	2
04 CONCRETO PATRON CP-4	210 Kg/cm ²	13/10/2022	27/10/2022	14	10.10	20.00	2	0.999	150.59	15355.66	80.12	191.47	5
05 CONCRETO PATRON CP-5	210 Kg/cm ²	13/10/2022	27/10/2022	14	10.10	20.00	2	0.999	153.64	15666.67	80.12	195.35	2
06 CONCRETO PATRON CP-6	210 Kg/cm ²	13/10/2022	27/10/2022	14	10.10	20.00	2	0.999	151.79	15478.03	80.12	193.00	5
07 CONCRETO PATRON CP-7	210 Kg/cm ²	13/10/2022	10/11/2022	28	10.20	20.00	2	0.999	170.32	17367.53	81.71	212.33	2
08 CONCRETO PATRON CP-8	210 Kg/cm ²	13/10/2022	10/11/2022	28	10.20	20.00	2	0.999	169.18	17261.28	81.71	210.91	5
09 CONCRETO PATRON CP-9	210 Kg/cm ²	13/10/2022	10/11/2022	28	10.20	20.00	2	0.999	169.54	17287.99	81.71	211.50	5

Observaciones : Las pruebas se realizaron con almohadillas de neopreno (Dureza Shore A = 60) en la parte superior e inferior.
 Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la compresión.

DATOS DE MAQUINA DE ROTURA
 MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 2002021)
 CAPACIDAD: 500 000 Kgf.
 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LF-5463-2021 (23-11-2021)
 LABORATORIO METROLOGIA PYS EQUIPOS



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
 Ing. Victor... de los Angeles Agustin Diaz
 GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574

CERTIFICADO DE COMPRESIÓN
NTP 339.034

OBRA : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY
UBICACIÓN : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
EMISIÓN DE INFORME : NOVIEMBRE DEL 2022

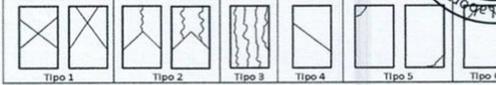
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

N°	PROBETA CILÍNDRICA Elemento	Resist. diseño Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Diámetro cm	Longitud cm	Relación L/D	Factor de corrección	Carga		Sección cm ²	Resistencia f _c Kg/cm ²	Tipo de falla
			Elaboración	Rotura						KN	Kgs.			
01	CONCRETO PATRÓN +6% CENIZA EUCALIPTO CP6CA-1	210 Kg/cm ²	18/10/2022	25/10/2022	7	10.10	20.00	2	0.999	149.02	15195.57	80.12	189.47	5
02	CONCRETO PATRÓN +6% CENIZA EUCALIPTO CP6CA-2	210 Kg/cm ²	18/10/2022	25/10/2022	7	10.10	20.00	2	0.999	137.80	14051.47	80.12	175.21	5
03	CONCRETO PATRÓN +6% CENIZA EUCALIPTO CP6CA-3	210 Kg/cm ²	18/10/2022	25/10/2022	7	10.10	20.00	2	0.999	137.50	14020.88	80.12	174.83	5
04	CONCRETO PATRÓN +6% CENIZA EUCALIPTO CP6CA-4	210 Kg/cm ²	18/10/2022	01/11/2022	14	10.10	20.00	2	0.999	156.58	15966.46	80.12	199.09	5
05	CONCRETO PATRÓN +6% CENIZA EUCALIPTO CP6CA-5	210 Kg/cm ²	18/10/2022	01/11/2022	14	10.20	20.00	2	0.999	154.75	15779.86	81.71	192.92	5
06	CONCRETO PATRÓN +6% CENIZA EUCALIPTO CP6CA-6	210 Kg/cm ²	18/10/2022	01/11/2022	14	10.10	20.00	2	0.999	156.50	15958.31	80.12	198.98	2
07	CONCRETO PATRÓN +6% CENIZA EUCALIPTO CP6CA-7	210 Kg/cm ²	18/10/2022	15/11/2022	28	10.20	20.00	2	0.999	172.77	17617.36	81.71	215.39	2
08	CONCRETO PATRÓN +6% CENIZA EUCALIPTO CP6CA-8	210 Kg/cm ²	18/10/2022	15/11/2022	28	10.20	20.00	2	0.999	168.78	17210.50	81.71	210.41	2
09	CONCRETO PATRÓN +6% CENIZA EUCALIPTO CP6CA-9	210 Kg/cm ²	18/10/2022	15/11/2022	28	10.20	20.00	2	0.999	175.93	17939.58	81.71	218.32	5

Observaciones : Las pruebas se realizaron con almohadillas de neopreno (Dureza Shore A = 60) en la parte superior e inferior.
 Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la compresión.

DATOS DE MAQUINA DE ROTURA

MARCA: PVS EQUIPOS. (N° SERIE: 20002021)
 CAPACIDAD: 100 000 Kg.
 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LF-5463-2021 (23-11-2021)
 LABORATORIO METROLOGIA PVS EQUIPOS



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
 Ing. Victor de los Angeles Agustin Diaz
 GERENTE GENERAL

[Firma]
 Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 145574

CERTIFICADO DE COMPRESION
NTP 339.034

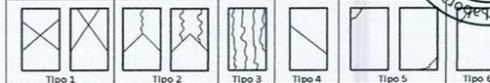
OBRA : INFLUENCIA DE CENZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RIGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCCO, LA LIBERTAD
 SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY
 UBICACION : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCCO - LA LIBERTAD
 EMISION DE INFORME : NOVIEMBRE DEL 2022

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO

N°	ELEMENTO	Resist. diseño Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Diámetro cm	Longitud cm	Relación L/D	Factor de corrección	Carga		Sección cm ²	Resistencia f _c Kg/cm ²	Tipo de falla
			Elaboración	Rotura						KN	Kgs.			
01	CONCRETO PATRÓN +8% CENIZA EUCALIPTO CP8CA-1	210 Kg/cm ²	18/10/2022	25/10/2022	7	10.10	20.00	2	0.999	133.80	13643.59	80.12	170.12	5
02	CONCRETO PATRÓN +8% CENIZA EUCALIPTO CP8CA-2	210 Kg/cm ²	18/10/2022	25/10/2022	7	10.00	20.00	2	1.000	133.38	13600.76	78.54	173.17	5
03	CONCRETO PATRÓN +8% CENIZA EUCALIPTO CP8CA-3	210 Kg/cm ²	18/10/2022	25/10/2022	7	10.00	20.00	2	1.000	132.47	13507.97	78.54	171.99	5
04	CONCRETO PATRÓN +8% CENIZA EUCALIPTO CP8CA-4	210 Kg/cm ²	18/10/2022	01/11/2022	14	10.10	20.00	2	0.999	152.56	15556.54	80.12	193.98	2
05	CONCRETO PATRÓN +8% CENIZA EUCALIPTO CP8CA-5	210 Kg/cm ²	18/10/2022	01/11/2022	14	10.10	20.00	2	0.999	145.96	14883.54	80.12	185.58	2
06	CONCRETO PATRÓN +8% CENIZA EUCALIPTO CP8CA-6	210 Kg/cm ²	18/10/2022	01/11/2022	14	10.10	20.00	2	0.999	153.61	15663.61	80.12	195.31	2
07	CONCRETO PATRÓN +8% CENIZA EUCALIPTO CP8CA-7	210 Kg/cm ²	18/10/2022	15/11/2022	28	10.20	20.00	2	0.999	169.60	17294.11	81.71	211.43	2
08	CONCRETO PATRÓN +8% CENIZA EUCALIPTO CP8CA-8	210 Kg/cm ²	18/10/2022	15/11/2022	28	10.20	20.00	2	0.999	164.35	16758.77	81.71	204.89	2
09	CONCRETO PATRÓN +8% CENIZA EUCALIPTO CP8CA-9	210 Kg/cm ²	18/10/2022	15/11/2022	28	10.20	20.00	2	0.999	166.92	17020.83	81.71	208.09	5

Observaciones : Las pruebas se realizaron con almohadillas de neopreno (Dureza Shore A = 60) en la parte superior e inferior.
 Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la compresión.

DATOS DE MAQUINA DE ROTURA
 MARCA: PVS EQUIPOS (N° SERIE: 2002021)
 CAPACIDAD: 100.000 Kg.
 CERTIFICADO DE CALIBRACION: 17-1483-2021 (23-11-2022)
 LABORATORIO METROLOGIA PVS EQUIPOS



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
 Ing. Victor... Los Angeles Agustin Diaz
 GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 149574

CERTIFICADO DE COMPRESIÓN
NTP 339.034

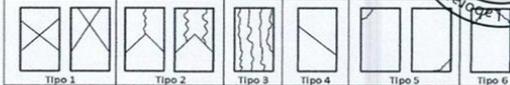
OBRA : INFLUENCIA DE CENZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY
UBICACIÓN : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
EMISIÓN DE INFORME : NOVIEMBRE DEL 2022

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

N°	PROBETA CILÍNDRICA Elemento	Resist. diseño Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Diámetro cm	Longitud cm	Relación L/D	Factor de corrección	Carga		Sección cm ²	Resistencia F _c Kg/cm ²	Tipo de falla
			Elaboración	Rotura						KN	Kgs.			
01	CONCRETO PATRÓN +10% CENIZA EUCALIPTO CP10CA-1	210 Kg/cm ²	19/10/2022	26/10/2022	7	10.10	20.00	2	0.999	121.36	12375.08	80.12	154.31	2
02	CONCRETO PATRÓN +10% CENIZA EUCALIPTO CP10CA-2	210 Kg/cm ²	19/10/2022	26/10/2022	7	10.10	20.00	2	0.999	130.52	13309.12	80.12	165.95	5
03	CONCRETO PATRÓN +10% CENIZA EUCALIPTO CP10CA-3	210 Kg/cm ²	19/10/2022	26/10/2022	7	10.10	20.00	2	0.999	125.14	12760.53	80.12	159.11	5
04	CONCRETO PATRÓN +10% CENIZA EUCALIPTO CP10CA-4	210 Kg/cm ²	19/10/2022	02/11/2022	14	10.20	20.00	2	0.999	146.93	14982.45	81.71	183.17	5
05	CONCRETO PATRÓN +10% CENIZA EUCALIPTO CP10CA-5	210 Kg/cm ²	19/10/2022	02/11/2022	14	10.10	20.00	2	0.999	138.65	14138.14	80.12	176.29	5
06	CONCRETO PATRÓN +10% CENIZA EUCALIPTO CP10CA-6	210 Kg/cm ²	19/10/2022	02/11/2022	14	10.00	20.00	2	1.000	141.87	14466.48	78.54	184.19	5
07	CONCRETO PATRÓN +10% CENIZA EUCALIPTO CP10CA-7	210 Kg/cm ²	19/10/2022	16/11/2022	28	10.20	20.00	2	0.999	159.84	16298.88	81.71	199.27	2
08	CONCRETO PATRÓN +10% CENIZA EUCALIPTO CP10CA-8	210 Kg/cm ²	19/10/2022	16/11/2022	28	10.20	20.00	2	0.999	161.35	16452.86	81.71	201.15	2
09	CONCRETO PATRÓN +10% CENIZA EUCALIPTO CP10CA-9	210 Kg/cm ²	19/10/2022	16/11/2022	28	10.20	20.00	2	0.999	159.18	16231.58	81.71	198.44	2

Observaciones : Las pruebas se realizaron con almohadillas de neopreno (Dureza Shore A = 60) en la parte superior e inferior.
 Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la compresión.

DATOS DE MÁQUINA DE ROTURA
 MARCA: PVS EQUIPOS. (N° SERIE: 2002021)
 CAPACIDAD: 100 000 Kgf.
 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LP-1463-2021 (23-11-2021)
 LABORATORIO METROLOGIA PVS EQUIPOS



IA GEOTECNIA

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
 Ing. Victor... y Angeles Agustin Diaz
 GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 148574

CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078 / MTC E 709

OBRA : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RIGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
 SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY
 UBICACION : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
 EMISION DE INFORME : NOVIEMBRE DEL 2022

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DE PROBETAS PRISMATICAS DE CONCRETO

N°	PROBETA PRISMÁTICA Elemento	Diseño R. Compresión Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Longitud cm	Ancho cm	Altura cm	Luz libre entre apoyos cm	Carga			Resistencia Mr Kg/cm ²
			Elaboración	Rotura						KN	Kgs.	Lbs.	
01	CONCRETO PATRÓN CP-1	210 Kg/cm ²	14/10/2022	11/11/2022	28	50.84	15.24	15.24	45.00	27.75	2829.67	6238.35	35.97
02	CONCRETO PATRÓN CP-2	210 Kg/cm ²	14/10/2022	11/11/2022	28	50.84	15.24	15.24	45.00	27.40	2793.98	6159.67	35.52
03	CONCRETO PATRÓN CP-3	210 Kg/cm ²	14/10/2022	11/11/2022	28	50.84	15.24	15.24	45.00	27.45	2799.08	6170.91	35.59
04	CONCRETO PATRÓN+8% CENIZA EUCALIPTO CA-1	210 Kg/cm ²	14/10/2022	11/11/2022	28	50.84	15.24	15.24	45.00	28.80	2936.74	6474.39	37.34
05	CONCRETO PATRÓN+6% CENIZA EUCALIPTO CA-2	210 Kg/cm ²	14/10/2022	11/11/2022	28	50.84	15.24	15.24	45.00	29.45	3003.02	6620.52	38.18
06	CONCRETO PATRÓN+8% CENIZA EUCALIPTO CA-3	210 Kg/cm ²	14/10/2022	11/11/2022	28	50.84	15.24	15.24	45.00	28.65	2921.44	6440.67	37.14
07	CONCRETO PATRÓN+8% CENIZA EUCALIPTO CA-4	210 Kg/cm ²	14/10/2022	11/11/2022	28	50.84	15.24	15.24	45.00	29.60	3018.31	6654.24	38.37
08	CONCRETO PATRÓN+8% CENIZA EUCALIPTO CA-5	210 Kg/cm ²	14/10/2022	11/11/2022	28	50.84	15.24	15.24	45.00	29.30	2987.72	6586.80	37.98
09	CONCRETO PATRÓN+8% CENIZA EUCALIPTO CA-6	210 Kg/cm ²	14/10/2022	11/11/2022	28	50.84	15.24	15.24	45.00	29.45	3003.02	6620.52	38.18
010	CONCRETO PATRÓN+10% CENIZA EUCAL CA-7	210 Kg/cm ²	14/10/2022	11/11/2022	28	50.84	15.24	15.24	45.00	29.00	2957.13	6519.36	37.59
011	CONCRETO PATRÓN+10% CENIZA EUCAL CA-8	210 Kg/cm ²	14/10/2022	11/11/2022	28	50.84	15.24	15.24	45.00	29.65	3023.41	6665.48	38.44
012	CONCRETO PATRÓN+10% CENIZA EUCAL CA-9	210 Kg/cm ²	14/10/2022	11/11/2022	28	50.84	15.24	15.24	45.00	29.30	2987.72	6586.80	37.98

Observaciones : Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión.
 El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

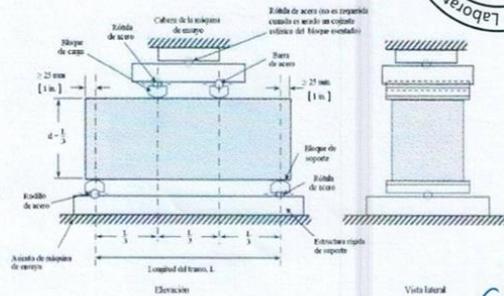
Cálculo del módulo de rotura:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

En donde:

- Mr : es el módulo de rotura, en Kg/cm².
 - P : Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg
 - L : Es la luz libre entre apoyos, en mm
 - b : Es el ancho promedio de la viga, en cm
 - h : Es la altura promedio de la viga, en cm
- NOTA 2: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

DATOS DE MÁQUINA DE ROTURA
 MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 2002021)
 CAPACIDAD: 100 000 Kgf.
 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LF-1463-2021 (23-11-2021)
 LABORATORIO METROLOGIA PYS EQUIPOS



Ing. Víctor Los Angeles Agustín Díaz
 GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CUP 149574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES

ENSAYO DE DESGASTE POR ABRASION
ASTM C 131

PROYECTO : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD

SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY

UBICACIÓN : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2022

Material : Agregado grueso

Procedencia : SAN ANTONIO - CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO

TAMIZ PASA - RETIENE	GRADACIÓN				
	"A"		"B"	"C"	"D"
1 1/2" - 1"	1250 ± 25	1,254.0	-	-	-
1" - 3/4"	1250 ± 25	1,251.0	-	-	-
3/4" - 1/2"	1250 ± 10	1,248.0	2500 ± 10	-	-
1/2" - 3/8"	1250 ± 10	1,254.0	2500 ± 10	-	-
3/8" - 1/4"	-	-	-	2500 ± 10	-
1/4" - Nº4	-	-	-	2500 ± 10	-
Nº4 - Nº8	-	-	-	-	5000 ± 10
ESFERAS	12		11	8	6
PESO DE LA MUESTRA	5,007.0				
Peso Retenido Tamiz Nº 12	3,619.8				
Peso Pasante Tamiz Nº 12	1,387.2				
% DESGASTE	27.71				
PROMEDIO			27.7%		

OBSERVACIONES:

* Muestras provistas e identificadas por el solicitante

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victor de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL



Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES	
METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO	
ASTM D 5821	
PROYECTO :	INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO. EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE ROADURAS FLEXIBLE Y RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE :	RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY
UBICACIÓN :	COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
FECHA :	NOVIEMBRE DEL 2022

Material : AGREGADO GRUESO

Procedencia : SAN ANTONIO - CACHICACADÁN

CON UNA CARA DE FRACTURA :						
TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO EN GRAMOS		PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS (C=(B/A)*100)	PORCENTAJE RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL (D)	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS (E = C*D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	MUESTRA TOTAL (A)	MAT. CON UNA CARA FRACTURADA (B)			
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"	2314	2137	92.35	35.84	3402.32
1"	3/4"	1806	1661	91.97	28.75	2644.48
3/4"	1/2"	1328	1172	88.25	21.14	1856.94
1/2"	3/8"	833	723	86.79	13.26	1151.09
TOTAL					100.000	9053.84
PORCENTAJE CON UNA CARA DE FRACTURA (S.H.S.D) =				90.54		

CON DOS O MAS CARAS DE FRACTURA :						
TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO EN GRAMOS		PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS (C=(B/A)*100)	PORCENTAJE RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL (D)	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS (E = C*D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	MUESTRA TOTAL (A)	MAT. CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS (B)			
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"	2357	1784	75.69	35.46	2684.25
1"	3/4"	1932	1350	69.88	29.07	2032.50
3/4"	1/2"	1426	948	66.48	21.46	1426.42
1/2"	3/8"	931	714	76.59	14.01	1074.33
TOTAL					100.00	
PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS DE FRACTURA (S.H.S.D) =				72.16		

OBSERVACIONES:

* Muestras provistas e identificadas por el solicitante

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díez
GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Jr. Los Diamantes 365 Dpto. 101 Urb. Santa Inés - Trujillo

Tel : 044 - 615690 - Cel. 971492979 / 973994030

consultoriageotecniajvc@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES	
EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D 2419	
PROYECTO :	INFLUENCIA DE CINIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE :	RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY
UBICACIÓN :	COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
FECHA :	NOVIEMBRE DEL 2022

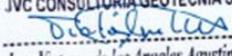
Material : Arena Gruesa (agregado fino)

Procedencia SAN ANTONIO - CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO

ITEM	DESCRIPCIÓN	ENSAYOS		
		1	2	3
1	Tamaño Máximo (mm)	4.75	4.75	4.75
2	Muestra N°	1	2	3
3	Hora de Entrada	10:35	10:43	10:52
4	Hora de Salida	10:46	10:53	11:02
5	Hora de Entrada	10:47	10:55	11:04
6	Hora de Salida	11:07	11:15	11:24
7	Altura Máxima de la Arena (Pulgadas)	4.23	4.25	4.17
8	Altura Máxima de Material Fino (Pulgadas)	6.91	6.71	6.89
9	Equivalente de Arena (%)	61.2	63.3	60.5
10	Equivalente de Arena Promedio (%)		62	

OBSERVACIONES:

* Muestras provistas e identificadas por el solicitante

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

 Ing. Víctor de los Angeles Agustín Díaz
 GERENTE GENERAL


 Carlos Javier Ramírez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS
REF. MTC 219 - 2000

PROYECTO	: INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE	: RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY
UBICACIÓN	: COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2022

Material : Agregados Fino / Grueso

Procedencia: SAN ANTONIO - CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO

AGREGADO FINO

ITEM	DESCRIPCIÓN		ENSAYOS		
			01	02	03
1	Recipiente	gr.			
2	Masa (Biker 250 ml.)	gr.	111.04	107.57	107.34
3	Masa + Sal + Biker 250 ml.	gr.	111.11	107.63	107.49
4	Masa Sal	gr.	0.07	0.06	0.15
5	Masa de Agregado	gr.	100.0	100.0	100.0
6	Aforo de Agua Total	gr.	300.0	300.0	300.0
7	Volumen de Agua Utilizada	%	100.0	100.0	100.0
8	Sales Solubles	%	0.210	0.180	0.450
9	Promedio Sales Solubles	%		0.28	

AGREGADO GRUESO

ITEM	DESCRIPCIÓN		ENSAYOS		
			01	02	03
1	Recipiente	gr.			
2	Masa (Biker 250 ml.)	gr.	105.82	103.58	104.72
3	Masa + Sal + Biker 250 ml.	gr.	105.92	103.69	104.88
4	Masa Sal	gr.	0.10	0.11	0.16
5	Masa de Agregado	gr.	500.0	500.0	500.0
6	Aforo de Agua Total	gr.	500.0	500.0	500.0
7	Volumen de Agua Utilizada	%	100.0	100.0	100.0
8	Sales Solubles	%	0.100	0.107	0.11
9	Promedio Sales Solubles	%		0.12	

OBSERVACIONES:

* Muestras provistas e identificadas por el solicitante

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramírez Murloz
Ingeniero Civil
CIP 140574

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Jr. Los Diamantes 365 Dpto. 101 Urb. Santa Inés - Trujillo
Telf.: 044 - 615690 - Cel. 971492979 / 973994030
consultoriageotecniajvc@gmail.com



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES

INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS AL SULFATO DE SODIO O MAGNESIO
ASTM C 88

PROYECTO : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
 SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY
 UBICACIÓN : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2022

Material : Agregados Fino / Grueso

Procedencia : SAN ANTONIO - CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO

AGREGADO FINO								
TAMAÑO DE MALLA		ESCALON ORIGINAL	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PERDIDA DE PESO DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA CORREGIDAS	
PASANTE	RETENIDO							%
3/8"	N° 4	3.2				3.35	0.11	
N° 4	N° 8	23.6	100.0	91.8	9.00	9.00	2.12	
N° 8	N° 16	25.5	100.0	92.4	7.60	7.60	1.94	
N° 16	N° 30	19.9	100.0	90.7	9.30	9.30	1.85	
N° 30	N° 50	20.8	100.0	89.3	10.70	10.70	2.23	
N° 50	N° 100	12.2	100.0	88.4	11.60	11.60	1.42	
< N° 100		0.8						
TOTALES								9.66

AGREGADO GRUESO								
TAMAÑO DE MALLA		ESCALON ORIGINAL	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PERDIDA DE PESO DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA CORREGIDAS	
PASANTE	RETENIDO							%
2 1/2"	1 1/2"	5.6				5.20		
1 1/2"	3/4"	26.3	1509.7	1385.6	124.10	8.22	2.10	
3/4"	3/8"	45.8	1014.2	867.9	146.30	14.42	6.01	
3/8"	N°4	24.5	305.6	299.7	45.90	15.02	6.01	
< N° 4		1.3						
TOTALES								27.73

OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Solución utilizada : Sulfato de Magnesio

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victoria de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
Jr. Los Diamantes 365 Dpto. 101 Urb. Santa Inés - Trujillo
Telf : 044 - 615690 - Cel. 971492979 / 973994030
consultoriageotecniajvc@gmail.com



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINACIÓN DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO
ASTM D 4791

PROYECTO : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RÍGIDA, COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
 SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY
 UBICACION : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2022

Material : Agregados Grueso

Procedencia : SAN ANTONIO - CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		Masa de partículas Chatas	Masa de partículas Alargadas	Masa de partículas Chatas y Alargadas	CHATAS y ALARGADAS (5-1)		
		Masa Retenido Grad. Original	% Retenido				Σ	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800		0.0			0.00	-		
1 1/2"	38.100		0.0			0.00	-		
1"	25.400		0.0			0.00	-		
3/4"	19.000		0.0			0.00	-		
1/2"	12.700	358.94	13.5		32.40	19.70	52.10	14.5	
3/8"	9.500	917.86	34.4		25.70	25.70	25.70	2.8	
N° 4	4.750	1390.46	52.1	12.50		16.80	29.30	2.1	
MASA TOTAL DE LA MUESTRA:		2987.3							

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN MASA (%) 4.0

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		N° de partículas Chatas	N° de partículas Alargadas	N° de partículas Chatas y Alargadas	CHATAS y ALARGADAS (5-1)		
		Cantidad de partículas G. Or	% Retenido				Σ	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800		0.0			0	-		
1 1/2"	38.100		0.0			0	-		
1"	25.400		0.0			0	-		
3/4"	19.000		0.0			0	-		
1/2"	12.700	349	13.1	8	15	23	6.6	0.9	
3/8"	9.500	768	28.8	11		19	3.9	1.1	
N° 4	4.750	467	17.5	16		16	3.4	0.6	
MASA TOTAL DE LA MUESTRA:		1584							

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS POR CONTEO (%) 2.6

OBSERVACIONES:

* Muestras provistas e identificadas por el solicitante

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victor de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140674

ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS NTP 400.012 / MTC E 204

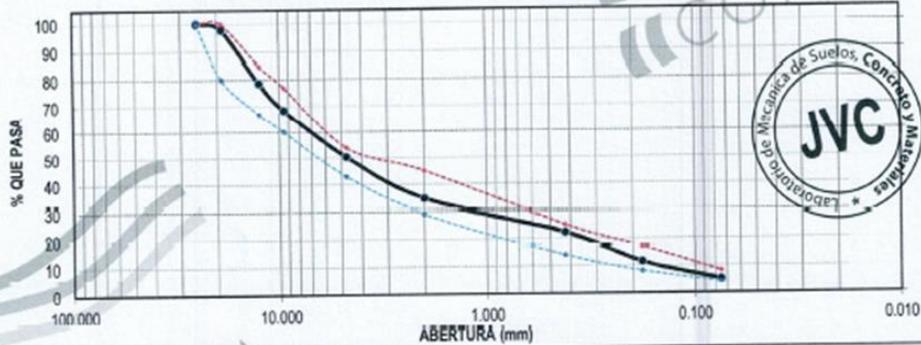
PROYECTO : INFLUENCIA DE CENIZAS DE EUCALIPTO, EN RESISTENCIA DE CARPETAS DE RODADURA FLEXIBLE Y RIGIDA,
 COCHAPAMPA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR - SARE MENDEZ CATERY YACELY
UBICACION : COCHAPAMPA - SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2022

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA : CANTERA SAN ANTONIO - CACHICADAN - SANTIAGO DE CHUCO
MATERIAL : ARENA **PROFUNDIDAD :** ---- m **COORDENADA UTM: E: ---- N: ----**
PROGRESIVA : ----

Tamices	Abertura	Peso	%Retenido	%Retenido	% que	Especificación	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	en mm.	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa	Tabla 423-03 EG-2013	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	Peso de inicial seco: : 610.20 gr Peso lavado seco : gr Peso Material que pasa #200 : 30.10 gr TAMAÑO MAXIMO : 1" HUSO MAC-1 Observación :
3/4"	19.000	12.80	2.10	2.10	97.90	80 - 100	
1/2"	12.500	117.40	19.24	21.34	78.66	67 - 85	
3/8"	9.500	62.50	10.24	31.58	68.42	60 - 77	
4	4.750	109.70	17.98	49.56	50.44	43 - 54	
10	2.000	96.50	15.81	65.37	34.63	29 - 45	
40	0.425	75.10	12.31	77.68	22.32	14 - 25	
80	0.180	66.40	10.88	88.56	11.44	8 - 17	
200	0.075	39.70	6.51	95.07	4.93	4 - 8	
FONDO		30.10	4.93	100.00	0.00		
Total		610.20	100.0				

CURVA GRANULOMÉTRICA



*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante.

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Víctor de los Angeles Agustín Díaz
 GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramírez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES

DISENO DE MEZCLA ASFALTICA MARSHALL

PROYECTO : INFLUENCIA DE CONOS DE EUCALIPTO, ENERESTIBIDAD DE GAPPETAS DE BORDURA FLEXIBLE YRIDA, COCHAPIMPA, SINTIADO DE CHICO, LA LIBERTAD
 SOLICITANTE : RODRIGUEZ NUÑEZ DIANA YAMIR- DATE MENDEZ CATEY YACELY
 UBICACION : COCHAPIMPA, SINTIADO DE CHICO- LA LIBERTAD
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2022

DISENO DE MEZCLA CON ADICION DE PORCENTAJES DE CENIZA DE EUCALIPTO

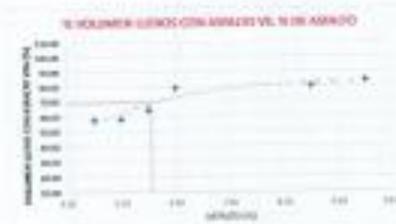
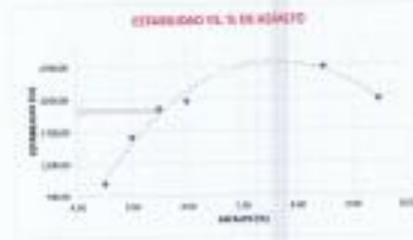
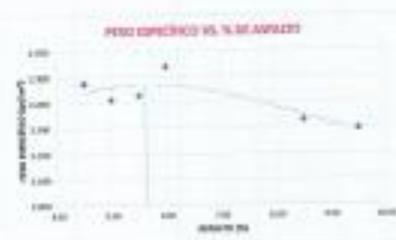
Nº	Nº de Espectrom	Arbitrio FCN 00793										Gravidad específica										Límite	Nº Golpes	75
		1º Muestra		146 °C		1º Compactación		138 °C		Límite		Límite		Límite		Límite								
		A		B		C		D		E		F		G		H								
		40%		50%		60%		70%		80%		90%		100%		110%								
1	% Contenido Anulítico en peso de la mezcla (P _a)	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50							
2	% Agregado grueso en peso de la mezcla (P _g)	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1							
3	% Agregado fino en peso de la mezcla (P _f)	52.4	52.4	52.4	52.4	52.4	52.4	52.4	52.4	52.4	52.4	52.4	52.4	52.4	52.4	52.4	52.4							
4	% Fines en peso de la mezcla (P _{fines})	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50							
5	Gravidad Específica Agregado (G _a)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
6	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
7	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
8	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
9	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
10	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
11	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
12	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
13	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
14	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
15	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
16	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
17	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
18	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
19	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
20	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
21	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
22	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
23	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
24	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
25	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
26	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
27	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
28	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
29	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
30	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
31	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
32	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
33	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
34	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
35	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
36	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
37	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
38	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
39	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
40	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
41	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
42	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
43	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
44	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
45	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
46	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
47	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
48	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
49	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							
50	Gravidad Específica Saca (G _s)	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650							



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
 Ing. Víctor de los Angeles Agustín Díaz
 GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574





RESULTADOS						
Nº MUESTRA	DETERMINACIÓN	ESTABILIDAD (%)	FLUJO (cm³/s)	VACIOS (%)	PS (%)	VS (%)
101	101	100,00	0,00	0,00	10,00	10,00

RESULTADOS PORCENTAJE ARIETE						
Nº MUESTRA	DETERMINACIÓN	ESTABILIDAD (%)	FLUJO (cm³/s)	VACIOS (%)	PS (%)	VS (%)
101	101	100,00	0,00	0,00	10,00	10,00

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

 Angélica María de los Angeles Aguado Díaz
 GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramírez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 143574

ADICIÓN DE CENIZA



ESTUDIO DE TRAFICO



GRANULOMETRÍA



GRAVEDAD ESPECÍFICA



CONTENIDO DE HUMEDAD



PESO UNITARIO



ENSAYO DE ABRACION (LOS ANGELES)



INDICE PLASTICO



SALES SOLUBLES



CARAS FRACTURADAS



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS



OPTIMO DE ASFALTO



MARSHALL CON ADICION DE CE.



ENSAYO DE PROBETA CON ADICION de CE.



ENSAYO DE PROBETAS PATRÓN



PROBETAS PRISMATICAS





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PANDURO ALVARADO ELKA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Influencia de cenizas de eucalipto, en resistencia de carpetas de rodadura flexible y rígida, Cochapampa, Santiago de Chuco, La Libertad.", cuyos autores son SARE MENDEZ CATERY YACELY, RODRIGUEZ NAVEZ DIANA YASMIR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, 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.

TRUJILLO, 26 de Octubre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PANDURO ALVARADO ELKA DNI: 18081570 ORCID: 0000-0003-4866-87070	Firmado electrónicamente por: EPANDUROAL el 30- 11-2022 22:57:36

Código documento Trilce: TRI - 0436041