



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Influencia de la adición de aceite quemado de vehículos en mezcla
asfáltica para el diseño del pavimento flexible, Chicama.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Angulo Angulo, Jhensin Keneddy (orcid.org/0000-0002-1061-8475)

Lucano Zelada, Cristian Obed (orcid.org/0000-0003-04477-887X)

ASESOR:

Mgr. Cabanillas Agreda, Carlos Alberto (orcid.org/0000-0003-4269-949X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado principalmente a Dios por haberme brindado salud para poder llegar hasta la cima de mi carrera profesional brindándome fortaleza y sabiduría en el transcurso de ella, a mi Madre que se encuentra en el cielo que fue el pilar fundamental en todo el transcurso de mi carrera, a toda mi familia, hermanos y amigos cercanos que siempre estuvieron ahí apoyándome de manera eficiente para no poder decaer en el transcurso, también agradezco a todos mis docentes que me brindaron sus conocimientos me formaron para poder llegar a ser una persona de bien y poder culminar la carrera y ser un gran ingeniero civil.

Lucano Zelada Cristian Obed

A Dios por darme la oportunidad de llegar hasta este punto de mi carrera y sobre todo por darme la sabiduría para lograr mis objetivos más anhelados, a mis padres, mis hermanas y mi compañera de vida, por el amor y el apoyo incondicional que no me faltó en ningún momento, por la motivación que me ha permitido ser una persona de bien, y por el gran ejemplo de perseverancia que me muestran cada día para salir adelante, y en todo momento me respaldaron con su gran apoyo en diferentes formas, y por los buenos deseos.

Angulo Angulo Jhensn Keneddy

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis Padre, mis hermanos y amigos por haberme brindado constantemente su apoyo durante la elaboración del desarrollo de mi tesis y así poder culminar con mis estudios superiores. También agradezco a la Universidad la cual fue mi segunda casa de formación, por brindarme educación y poder lograr mis metas para ser un gran profesional de bien.

Lucano Zelada Cristian Obed

Agradezco a Dios por acompañarme en cada paso que doy, por ser mi fortaleza y mi guía cuando más lo necesito, a mis padres, a mi familia, amigos y mi compañera de vida, por todo su amor y comprensión, por la paciencia que me han tenido. No hay palabras para agradecer todo el amor que me han brindado y el apoyo incondicional. A mis padres, gracias por darme la libertad de desenvolverme como ser humano, también a mis asesores, quien con sus conocimientos y su gran trayectoria logre concluir el desarrollo de esta investigación.

Angulo Angulo Jhensin Keneddy



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CABANILLAS AGREDA CARLOS ALBERTO, 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 LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE VEHICULOS EN MEZCLA ASFÁLTICA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CHICAMA.", cuyos autores son ANGULO ANGULO JHENSIN KENEDDY, LUCANO ZELADA CRISTIAN OBED, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, 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, 14 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CABANILLAS AGREDA CARLOS ALBERTO DNI: 80247224 ORCID: 0000-0003-4269-949X	Firmado electrónicamente por: CCABANILLASA el 28-12-2023 20:26:32

Código documento Trilce: TRI - 0654467





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, ANGULO ANGULO JHENSIN KENEDDY, LUCANO ZELADA CRISTIAN OBED estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE VEHICULOS EN MEZCLA ASFÁLTICA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CHICAMA.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
ANGULO ANGULO JHENSIN KENEDDY DNI: 74605798 ORCID: 0000-0002-1061-8475	Firmado electrónicamente por: JKANGULO el 01-01- 2024 23:42:00
LUCANO ZELADA CRISTIAN OBED DNI: 75098151 ORCID: 0000-0003-4477-887X	Firmado electrónicamente por: CLUCANO el 10-01- 2024 13:53:08

Código documento Trilce: INV - 1463777



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE AUTORES	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Variable y Operacionalización.....	14
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimientos	17
3.6. Método de análisis de datos.....	26
3.7. Aspectos éticos.....	26
IV. RESULTADOS.....	27
V. DISCUSIÓN.....	41
VI. CONCLUSIONES.....	44
VII. RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS.....	46
ANEXOS	52

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.	Diseño cuasi experimental.....	13
Tabla 2.	Índice Medio Diario Semanal (IMDs).....	19
Tabla 3.	Índice Medio Diario Anual.....	20
Tabla 4.	Densidad en ppm de aceite de motor desgastado.....	22
Tabla 5.	Intensidad de tránsito pesado.....	23
Tabla 6.	Grado de penetración de cemento asfálticos para MAC.	23
Tabla 7.	Contenido de humedad de los agregados gruesos y finos.	27
Tabla 8.	Resultados de prueba de Densidad Relativa y Absorción de Agregado grueso y fino.....	29
Tabla 9.	Resultados de pruebas de cemento asfáltico.	30
Tabla 10.	Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico en porcentajes de 4,5 %, 5,0 %, 5,5 % y 6,0 % ensayo RICE.....	31
Tabla 11.	Dosificación de cemento asfáltico PEN 85-100 En mezcla patrón. ...	31
Tabla 12.	Adición del aceite quemado al 1 % a la mezcla asfáltica.....	32
Tabla 13.	Adición del aceite quemado al 3 % a la mezcla asfáltica.....	32
Tabla 14.	Adición del aceite quemado al 5 % a la mezcla asfáltica.....	33
Tabla 15.	Peso específico de ensayo Marshall (g/cm ³)	33
Tabla 16.	Porcentaje de vacíos de ensayo Marshall (%).....	34
Tabla 17.	Porcentaje vacíos de ensayo Marshall de los agregados (%)	34
Tabla 18.	Porcentaje vacíos llenos con cemento asfáltico (%).....	34
Tabla 19.	Flujo de ensayo Marshall (mm).....	35
Tabla 20.	Estabilidad de ensayo Marshall (kg).....	35
Tabla 21.	Factor de estabilidad de rigidez de ensayo Marshall (kg/cm).....	36
Tabla 22.	Comparación de resultados de las adiciones de aceite quemado. ...	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Plano de Ubicación y Localización de la zona de estudio.	18
Figura 2.	Conteo de vehículos.	19
Figura 3.	Aceite nuevo de motor y aceite usado.	22
Figura 4.	Cemento Asfáltico PEN 85/100.	24
Figura 5.	Prensa para ensayos Marshall.	25
Figura 6.	Curva Granulométrica del Agregado Grueso Norma- ASTM (C33/C33M-18).....	27
Figura 7.	Curva Granulométrica del Agregado Confitillo.....	28
Figura 8.	Curva Granulométrica del Agregado Fino y Arena Fina.	28
Figura 9.	Curva Granulométrica del Agregado Fino y Arena Gruesa.....	29
Figura 10.	Curva Granulométrica de combinación de agregados para producción de mezcla asfáltica.	30
Figura 11.	Peso unitario de porcentajes aplicados.	37
Figura 12.	Porcentaje de vacíos conforme a porcentajes ensayados.	37
Figura 13.	Porcentaje de vacíos de agregados adicionando mineral.	38
Figura 14.	Porcentaje de vacíos llenados más cemento asfáltico adicionado.	38
Figura 15.	Curva de flujo de porcentajes utilizados, método Marshall.....	38
Figura 16.	Curva de estabilidad de porcentajes utilizados, método Marshall.	39
Figura 17.	Curva de rigidez de porcentajes utilizados, método Marshall.....	39

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal, evaluar la influencia de la adición de aceite quemado vehicular en el diseño de mezcla asfáltica para pavimento flexible. El estudio fue de tipo aplicado con diseño cuasi experimental de enfoque cuantitativo, donde la población estuvo determinada por 18 briquetas y la muestra por la cantidad total de briquetas de la población. Teniendo como variable independiente al aceite quemado de vehículos y la variable dependiente al diseño de mezcla asfáltica, para darnos como población y muestra el grupo de briquetas elaboradas. Los resultados del ensayo Marshall al adicionar aceite quemado de vehículos de 1 %, 3 % y 5 %, mostraron mejoras frente a la mezcla patrón en su estabilidad, durabilidad y rigidez; con un 4,6 % de cemento asfáltico y 3 % de aceite quemado de vehículos alcanzando mejores parámetros, un peso específico de 2,402 g/cm³, un 4,3 % de vacíos, un 65,0 % de vacíos llenos con cemento asfáltico, una estabilidad de 1 248 kg y una rigidez 3 020 kg/cm, cumpliendo con las especificaciones establecidas en la norma EG-2013. Se concluyó que la agregación de aceite quemado vehicular influye de manera favorable en las características mecánicas de la mezcla asfáltica.

Palabras clave: Mezcla asfáltica, aceite quemado, ensayo Marshall, estabilidad, durabilidad.

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the influence of the addition of vehicle burned oil on the design of asphalt mixture for flexible pavement. The study was applied with a quasi-experimental design with a quantitative approach, where the population was determined by 18 briquettes and the sample by the total amount of briquettes in the population. Taking as an independent variable the oil burned from vehicles and the dependent variable being the asphalt mixture design, to give us as a population and sample the group of manufactured briquettes. The results of the Marshall test when adding burnt vehicle oil of 1 %, 3 % and 5 % showed improvements compared to the standard mixture in its stability, durability and rigidity; with 4,6 % of asphalt cement and 3 % of burned oil from vehicles reaching better parameters, a specific weight of 2,402 g/cm³, 4,3 % of voids, 65,0 % of voids filled with asphalt cement, a stability of 1 248 kg and a rigidity of 3 020 kg/cm, complying with the specifications established in the EG-2013 standard. It was concluded that the aggregation of burned vehicle oil favorably influences the mechanical characteristics of the asphalt mixture.

Keywords: Asphalt mixture, burned oil, Marshall test, stability, durability.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, la parte automovilística es altamente elevada en comparación a años anteriores, donde se atribuye grandes beneficios económicos, así como también grandes perjuicios medioambientales, como consecuencia del aumento de desechos de aceite quemado originados por este ámbito, detentándose que lo más complicado es almacenar o tratar estos residuos peligrosos y contaminantes (Albuja et al., 2019, p.102). A pesar de que a las compañías o talleres mecánicos se les obliga a desecharlos en sitios prohibidos o muy poco accesibles, no es suficiente; es por eso que actualmente la tecnología ha desarrollado formas de almacenamiento y reutilización para aprovechar el aceite quemado, adicionándolo en un porcentaje establecido a la mezcla asfáltica.

Esta problemática no es ajena al país vecino, Chile, donde es preocupante los contaminantes industriales ya que perjudican al ambiente, como solución implementaron un modelo económico circular para la elaboración de mezcla asfáltica, de esta manera se pueda verificar si las compañías industriales llegan a cumplir con este modelo respecto a producir, distribuir, consumir, reutilizar y reciclar estos agentes contaminantes, centrándose fundamentalmente en un modelo ecológico de inteligencia (Troncoso, 2019).

Además, el lubricante de vehículos es un aditivo que cuando es nuevo está conformado por varias propiedades mecánicas y luego de un cierto tiempo de trabajo pierden o disminuyen los porcentajes de adherencia que conforman estos lubricantes para uso poco convencional (Gualán, 2019, p.23), estos aceites quemados de motores se usaron como estabilizantes de afirmados, es por ello que se realizaron diversas pruebas de CBR y Proctor modificado para la determinación de sus efectos en el estudio, alcanzando los niveles establecidos proporcionados por las normas legales, además en el tramo se tomó 5 m² aplicados la mezcla Asfáltica; se pudo verificar el acoplamiento y viabilidad al usar el aceite quemado de vehículos motorizados reutilizados para optimizar la estabilización del afirmado, dando como resultado una mayor densidad, mejorando las características mecánicas conforme indica o sugiere la norma ASTM. Respecto a la información indagada de los repositorios no se ha podido encontrar un estudio que pueda establecer al 100 % el uso y aplicación en esta adición de aceite usado de vehículos

motorizados para diseño de mezclas asfálticas, por lo tanto las cantidades presentadas no vienen a ser tan ideales para la adición en mezclas asfálticas (MAC), sin embargo, ayudará a proteger y cuidar el medio ambiente si se adiciona de forma constante a la mezcla, asimismo, se reduciría gastos en agregados que puede reemplazar el aceite quemado para elaborar la mezcla y de esta manera ejecutar obras más viales.

En la actualidad, Perú es el país más consumidor automotor, es por eso que se impulsó las obras viales, favoreciendo de esta manera el desarrollo de carreteras pavimentadas con asfalto en caliente, mayormente las carreteras son hechas con materiales convencionales, es por eso que siempre se llega al mismo resultado en tiempo de vida, afectando económica y socialmente al país, es por eso que se debería modernizar con nuevas propiedades al pavimento para lograr óptimos resultados así como un mayor tiempo de vida útil. Por lo tanto, la generación de aceite quemado viene dando un impacto negativo en el ambiente y es necesario manejarlo de forma óptima, reciclándolo y/o reutilizándolo en la elaboración de mezclas asfálticas, para disminuir gastos e incrementar el periodo de uso de los pavimentos (Laupa, 2021).

La Libertad, es una región de gran crecimiento económico, por este motivo las carreteras están expuestas a soportar diferentes cargas diariamente, a pesar de que se realiza un mantenimiento constante, no es suficiente, ya que presentan deterioros como grietas y deformaciones, y a través del tiempo tienden a envejecer, considerando estas fallas existentes en las diferentes provincias de la región, es de gran importancia utilizar un diseño de mezcla aplicando aceite quemado de vehículo para optimizar costos y el periodo de uso de los pavimentos.

Es necesario mencionar que las construcciones de obras viales en mal estado vienen dándose hace mucho tiempo, frente a esta situación se analizan alternativas para dar solución a esta problemática, es por eso que en esta investigación se plantea el uso del aceite quemado de vehículos ya que es un sólido que afecta el medio ambiente y puede ser de utilidad en el diseño de aleación en caliente.

Por lo mencionado anteriormente, se formuló el siguiente problema general: ¿Cómo influye la adición de aceite quemado de vehículos en el diseño de mezcla asfáltica para pavimento flexible?, Y como preguntas específicas: ¿Cómo determinar el porcentaje adecuado para obtener una mezcla asfáltica con más tiempo de vida

útil?, ¿Cómo analizar la vida útil del diseño de mezcla en aceite de motor?, ¿Cómo evaluar el aceite de motor con porcentajes aplicando el manual de mezclas asfálticas?

Asimismo, la justificación teórica se da mediante teorías relacionadas a la aplicación de componentes de los agregados de la cantera y del aceite quemado, que brinde una mezcla con mayor durabilidad en tiempo de vida útil.

A su vez, se justifica en el aspecto metodológico porque se centra en el diseño cuasi experimental, obteniéndose la muestra de la cantera elegida, para luego mezclar el aceite quemado de motor y obtener la aleación asfáltica en caliente, haciendo uso del ensayo Marshall, considerando porcentajes de aceite, para demostrar la consistencia y durabilidad del pavimento flexible y así tener nueva técnica de reutilizar los desechos sólidos.

Se justifica en el aspecto práctico porque se espera obtener una mezcla asfáltica con mejores propiedades que la convencional para usos futuros en las vías de transporte.

Este estudio se justifica de manera social y económica que nos da a conocer la realidad problemática ambiental existente a causa de los residuos sólidos generados por el ámbito automotriz, generando gran preocupación, es por eso que se plantean alternativas de solución para evitar que este problema continúe incrementando. La adición de aceite quemado en la mezcla asfáltica, es un factor de base económica, sostenible, ecológica y eficaz, ya que se contribuye al cuidado del medio ambiente y a los ajustes económicos en construcciones futuras.

Para dar solución al problema de investigación, se planteó como objetivo principal: Evaluar la influencia de la adición de aceite quemado vehicular en el diseño de mezcla asfáltica para pavimento flexible. Para lo cual, se tuvo los objetivos específicos siguientes: Caracterizar los agregados utilizados para el diseño de mezcla asfáltica, según las especificaciones técnicas EG.2013. Definir las características del diseño de la mezcla asfáltica convencional y de las aleaciones asfálticas modificadas con aceite quemado. Realizar el diseño de mezcla asfáltica con adiciones de 1 %, 3 % y 5 % de aceite quemado. Analizar el porcentaje de aceite quemado adecuado para la mezcla asfáltica.

En consecuencia, se formuló como hipótesis: la agregación de aceite quemado vehicular influye de manera favorable las características mecánicas de la mezcla asfáltica.

II. MARCO TEÓRICO

Respecto a antecedentes internacionales se tiene a González et. al (2019) cuyo estudio “Conducta de agregado asfálticas con pavimento reutilizado y aceite usado de motor como rejuvenecedor”, nos dice que se su indagación en los principales temas de enfoques básicos principalmente teóricos los cuales nos permitirá conocer puntos de vista ya estudiados de agregado de asfalto en cálido usando aceite de quemado de motor tanto a nivel nacional como el punto de vista internacional, nos da a conocer conceptos básicos de las diversas mezclas de asfalto usando el aceite desgastado de vehículos motorizados, ver las pautas, técnicas y finalmente concluye con los alcances sobre la normatividad proporcionada por (INVIAS) el cual nos proporciona bocetos, pruebas de asfalto y sus agregados en caliente el cual nos dará a conocer y familiarizar con el tema a resolver.

Martínez (2021) cuya tesis “Efectos de la adición de aceite usado de motor en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente”. En este estudio, se tuvo como finalidad la elaboración de mezclas asfálticas en caliente mediante la prueba Marshall y analizar los efectos de adicionar aceite quemado de motor (p.8); para la metodología experimental, se contó con la elaboración de 45 briquetas, adicionando aceite entre 0 % y 2 % bajo los procedimientos establecidos en las normativas AASHTO T 245, ASTM D 1559 y AASHTO T 225 (p.10). En los resultados se obtuvieron porcentajes de estabilidad y flujo, encontrando que el óptimo contenido de asfalto es 6,08 % cumpliendo requerimientos de la Norma Nevi-12; sin embargo, los porcentajes óptimos de las mezclas adicionando 1 % y 2 % de aceite usado de motor fueron 6,35 % y 6,42 %, respectivamente, satisfaciendo las propiedades de estabilidad, pero el flujo fue elevado, evidenciando el aumento del porcentaje de vacíos al aumentar el aceite usado de motor (pp. 138-148).

Del mismo modo, Castillo et al. (2021), en su investigación “Comportamiento de las propiedades mecánicas de material reciclado de mezcla asfáltica con aceite de motor”, la exploración nos dice que como objetivo principal pudieron determinar el comportamiento de las propiedades mecánicas de material reciclado de mezcla asfáltica con aceite de motor, empleando una investigación cuantitativa, deductiva y experimental (p.637); consideraron cuatro dosis de 0 %, 0,50 %, 1,00 % y el 1,50

% de aceite reutilizado de motor, concluyeron mediante la prueba Marshall que el contenido óptimo de aceite reciclado de motor fue de 0,42 %, 4,58 % de mezcla asfáltica resultante, el porcentaje de mezcla asfáltica reciclada fue 95 %, una estabilidad de 2 304 lbs y flujo 8,68; entonces, las características de la materia reciclada de la mezcla asfáltica adicionando aceite reciclado de motor están dentro de lo que establece la norma MOP-001-F-2002 para construir puentes y caminos (p. 645).

Además, Montealegre et. al (2019) en su averiguación “Impacto del aceite lubricado quemado de motor en las cualidades mecánicas y físicas en las adiciones asfálticas que envuelven pavimento asfáltico reciclado RAP”. Sostuvo como idea frecuente establecer las características físicas y mecánicas al aprovechar los lubricantes quemado de los automóviles en agregados asfálticos que proporcionan al suelo pavimentado asfáltico transformado (p.12) la metódica aprovechada es experimental donde las pruebas en los laboratorios son para establecer la particularidad mecánicas y físicas de los componentes presentados en las diversas regiones de nuestro país; también se debe que el diseño no lo hicieron correctamente para poder resistir a tránsitos que van en aumento cada día más. Otro importante y destacable factor por qué el deterioro a simple vista se aprecia es porque la temperatura de las mezclas asfálticas desde que salen de planta para su ejecución cambia y esto se debe a que ya pierden propiedades mecánicas, es por ello que para mejorar estas características y optimizar la viscosidad de la mezcla asfáltica se sugirió adicionar el aceite desgastado que se recopila de vehículos que han tenido un trabajo por cierto tiempo, esta adición permitirá a contrarrestar y no perder fácilmente las características mecánicas y físicas de la mezcla de asfalto dándole así una proporción de mejor rendimiento y mantener las características siempre en caliente ya que estos aditivos están diseñados especialmente para soportar altas temperaturas y llevarlas a un enfriamiento lento sin perder sus propiedades químicas (p.15).

Por otro lado, en investigaciones nacionales se tiene a Ortega (2021) en su estudio “Aceite quemado de vehículos motorizados para el mantenimiento de sus características mecánicas de mezclas asfálticas en caliente exhibido a tránsito prolongado a tránsito en climas con bajas temperaturas, Huancayo 2020”, sostuvo

y pudo resaltar como planteamiento de su problema que para poder identificar los esfuerzos y tener las mejores apreciaciones de los resultados de las características de los adherentes asfálticos se debe aplicar diversas evaluaciones, desarrollo y eficacia de diversas modificaciones de asfalto, es por ello que se debe mejorar la productividad del adhesivo ante las dificultades presentadas. Las dificultades más comunes son los asentamientos por el más uso de los materiales, grietas, fisuras, craqueos y esparcimientos todo esto se debe a los diversos cambios de temperaturas o el exceso de transporte pesado y que el diseño no haya sido completamente eficaz o diseñado para problemas futuros (p.17).

Del mismo modo, Laupa (2021), en su estudio “Aplicación de aceite usado de vehículos para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica en la Av. Naranjal, Lima 2021”, se encargó de la evaluación de la influencia al aplicar el aceite de motor usado en las características de mezcla de asfalto, para ello fue necesario el método cuantitativo, descriptivo con diseño experimental, empleando 60 briquetas como muestra (pp. 16-18); en los resultados que obtuvo con el ensayo Marshall detalló que la mezcla asfáltica con contenidos de 0 %, 2 %, 4 % y 6 % de aceite usado, evidencia mejoras, siendo más resistente a la fatiga, mayor trabajabilidad y más estable, optimizando las características de la mezcla de asfalto con 6,35 % de CA, alcanzando 14,28 % de vacíos, 3,45 % en trabajabilidad y 16,22 % de estabilidad al compararse con la mezcla convencional; concluyó que el contenido óptimo es 4 % de aceite usado debido a que al superar este porcentaje se pierde sus propiedades ligantes (pp. 22-34).

Además, Raffo (2023), en su investigación “Diseño de Mezclas Asfálticas con Aceites Reciclados”, el propósito es la elaboración de mezcla asfalto haciendo uso de aceite reciclado de motor para realizar un análisis de su comportamiento físico y mecánico; el enfoque fue experimental, tecnológico, consideró briquetas con 0,5 %, 1,5 %, 2,5 % y 3,5 % de aceite reciclado en el asfalto; concluyó que a una temperatura de 120 °C, el mejor contenido de asfalto es 5,75 % y el mejor contenido de aceite reciclado es 0,5 %, obteniendo una rigidez de 2 675 kg/cm, 3,30 mm de flujo y 884 kg de estabilidad, a 130 °C, 3409 kg/cm de rigidez, 3,47 mm de flujo y 1 174 kg de estabilidad; valores que aumentan mientras que los de la mezcla convencional son constantes.

Mientras que en el ámbito local se tiene a Plasencia y Rodríguez (2022), en su tesis “Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando aceite quemado de motor de vehículo, Trujillo”, el propósito fue el diseño de asfalto en caliente adicionando diversos porcentajes de aceite usado de motor, empleando la prueba Marshall para que se cumplan las especificaciones de la norma EG-2013 (p.17); al añadir porcentajes 1 %, 2,5 %, 4 % y 7 % de aceite quemado, concluyeron que las cantidades 1 % y 2,5 % no influyen en las características mecánicas y físicas del asfalto porque nos son muy estables y su flujo es muy bajo frente a la convencional, evidenciando que al incrementar la cantidad de aceite usado, se incrementa su estabilidad pero el flujo baja, quedando descartado el uso de 1 %, 2,5 % y 7 % de aceite usado, encontrando que la cantidad óptima es 4 % debido a que conserva su estabilidad y el flujo dentro de las especificaciones que establece la norma EG-2013 (pp. 32-38).

Por último, para poder tener más conocimiento del desarrollo de las variables y/o dimensiones que se presentaron en nuestro proyecto influencia de la adición de aceite quemado de vehículos en mezcla asfáltica para el diseño del pavimento flexible se detalló las funcionalidades y características conforme indica las normativas y al momento en el que se aplicó.

Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), el aceite quemado, es un aceite refinado del petróleo crudo o algún aceite sintético, que se usó y en consecuencia éste es contaminado con impurezas químicas o físicas; por lo que un galón de aceite quemado llega a contaminar a un millón de galones de agua, esta cantidad puede satisfacer las necesidades de cincuenta individuos al año (Padilla et al., 2019, p. 181).

El aceite usado contiene diferentes compuestos químicos, entre ellos el plomo, cromo, arsénico, cadmio, etc., así como benceno, hidrocarburos aromáticos polinucleares y en ocasiones solventes clorados, PCBs, entre otros (Fong et al., 2019, p. 136). Es necesario mencionar que estos compuestos químicos repercuten directamente en la salud humana y varios de estos productos son cancerígenos.

Según Massa et al. (2019), el aceite no puede disolverse en el agua, tampoco es biodegradable, no permiten el traslado del oxígeno al formarse películas impermeables, lo que no permite que exista vida ni en el agua ni la tierra, al

esparcirse residuos tóxicos que las personas pueden consumir directa e indirectamente. Asimismo, al ser vertido en el suelo, destruye el humus y contamina el agua superficial y subterránea, y mediante la combustión produce peligrosos contaminantes en el aire. (p.83)

La mezcla asfáltica es considerada como la mezcla de agregados minerales, aglomerados a través del ligante asfáltico y combinados de modo que cubra los agregados pétreos por una película de asfalto uniforme. Lo que determina las características físicas y la funcionalidad del asfalto son las proporciones relativas (Cepeda, 2020).

Por otro lado, Reyes et al. (2019), definen a la mezcla asfáltica como un aspecto relevante en los pavimentos flexibles, la que produce una óptima resistencia, sin embargo, los agregados minerales o denominados solamente agregados son compactos, elementos inactivos, entre ellos grava, arena, polvo de roca o escoria, triturado de piedra; son seleccionados de forma correcta, además los agregados graduados también son mezclados con el cemento introduciendo asfalto medio con la finalidad de obtener pavimentos. Los cimientos fundamentales de carga de los pavimentos de hormigón asfáltico son los agregados, éstos resultan importantes para optimizar la durabilidad; representan entre el 90 % y 95 % del peso de la mezcla, así como entre el 75 % y 85 % del volumen. (p.167)

Para Cepeda (2020), las mezclas asfálticas se clasifican de acuerdo al parámetro que se considera para el establecimiento de sus diferencias. Según las fracciones de agregado pétreo que se emplea para elaborar la mezcla, existen cuatro tipos; concreto asfáltico, mastic asfáltico, macadam asfáltico y mortero asfáltico. Pero al considerarse la temperatura, existen dos tipos; mezclas en frío y caliente. Al considerarse el contenido de vacíos de aire, se dividen en cerradas o densas (menor al 6 %), semidensas o semicerradas (Entre 6 % y 12 %), abiertas y porosas (Entre 12 % y 18 %). Se dividen también según cómo están estructurados los agregados pétreos; asfaltos con o sin esqueleto mineral. Por otro lado, al tomar en cuenta a la curva granulométrica, se divide en dos tipos de mezcla asfáltica, continuas o discontinuas.

De acuerdo con Sivilevičius et al. (2019), la mezcla asfáltica caliente es vertida a entre temperaturas de 300° F y 350 ° F; se define como una mezcla flexible de alta

resistencia a la intemperie y repele el agua. Se utiliza únicamente cuando la temperatura del ambiente está sobre 40° C para evitar su enfriamiento. Su fabricación se realiza de 200 a 250 grados, además se emplea menos recursos de combustibles fósiles en su producción. (p.629)

Además, Cepeda (2020), menciona que es denominada mezcla de asfalto en caliente ya que los agregados pétreos y el asfalto son calentados previamente para poder mezclarse, se compone con agregados pétreos que representan entre 93 % y 97 % de la masa total, y con asfalto que representa entre 3 % y 7 % de la mezcla total.

Según Marín y Thenoux (2019), los atributos volumétricos de la mezcla de asfalto más resaltantes son:

- Vacíos de aire o vacíos totales, cuando el porcentaje de vacíos es bajo, provoca imperfecciones por deformaciones permanentes; mientras que un alto porcentaje de vacíos provoca imperfecciones frágiles, permeabilidad elevada, deterioros por humedad y sobre envejecimiento (Marín y Thenoux, 2019, p.69).
- Vacíos en el agregado Mineral o porosidad, esta propiedad es la encargada de asegurar una película de espesor adecuado sobre las partículas de agregado, con la finalidad de que se obtenga mezclas duras (Marín y Thenoux, 2019, p.69).
- Vacíos llenos de asfalto o grado de saturación, se encarga de delimitar el contenido máximo de vacíos en el agregado Mineral y el porcentaje de asfalto. Además, respecto a la condición de vehículos pesados, ayuda a moderar mezclas susceptibles a la formación de roderas (Marín y Thenoux, 2019, p.69).

Por otro lado, Cepeda (2020), menciona que las propiedades que se toman en cuenta en el diseño de mezclas asfálticas radican en seleccionar los tipos, así como la granulometría de los agregados que se emplea, además en seleccionar la clase y cantidad de asfalto, con la finalidad de obtener las propiedades que se desean en la mezcla y cumplir con los requisitos especificados en el proyecto. Para seleccionar apropiadamente los materiales (de calidad) que formarán parte de la mezcla y sus proporciones adecuadas, es necesario conocer las características más relevantes de la mezcla, así como su efecto en el comportamiento del pavimento. Para una determinada aplicación, sin considerar el procedimiento del diseño a emplear, las

características principales de las mezclas asfálticas en caliente, se detallan a continuación:

- Estabilidad, consiste en la capacidad de resistencia a la deformación y el desplazamiento que presenta la mezcla asfáltica por las cargas resultantes del tránsito de vehículos. Si los pavimentos conservan su forma son considerados estables; mientras que, al desarrollar deformaciones de forma permanente, corrugaciones, entre otras señales de desplazamiento de la mezcla son considerados inestables (Cepeda, 2020).

Además, para que el tránsito esperado se acomode de forma adecuada, la estabilidad tiene que ser suficientemente alta, sin sobrepasar lo que exige las condiciones de transitabilidad (González y Luquillas, 2019, p.34).

- Durabilidad, consiste en la capacidad de resistencia de la mezcla asfáltica a efectos perjudiciales del agua, aire, tránsito y temperatura que provocan que el asfalto envejezca, se desintegre el agregado y se desprenda películas de asfalto de los agregados. Una mezcla de asfalto óptima no sufre un envejecimiento desmesurado a lo largo de su vida de servicio; esta característica tiene relación con el espesor de la película asfáltica, así como el vacío de aire (Cepeda, 2020).

Esto se refiere a la permanencia de las características del cemento de asfalto al exponerse a procedimientos naturales de envejecimiento y degradación (Alvarez y Carrera, 2019, p.44).

- Flexibilidad, se refiere a que la mezcla de asfalto tiene la facultad de amoldamiento sin que se forme grietas o fisuras, frente a movimientos y asentamientos progresivos de la subrasante y la base. Algunas veces dicha característica tiene problemas con el requerimiento de estabilidad (Cepeda, 2020).

Según Veropalumbo et al. (2021), el flujo se refiere a la capacidad de resistencia de la mezcla asfáltica frente al asentamiento gradual y deformación sin agrietamiento.

- Resistencia a la fatiga, se refiere a que la mezcla de asfalto tiene la facultad de resistencia frente a pesos recurrentes provocados durante el tránsito vehicular. La formación de grietas se asocia al contenido y rigidez del asfalto. Al ser la

cantidad de asfalto elevada provocará que la mezcla tenga más tendencia a la deformación elástica (o menos deformación) que a la formación de grietas bajo cargas repetidas. El hecho de que sea capaz de resistir la fatiga está sujeto mayormente a la asociación de la carga y del espesor de la estructura de la capa (Cepeda, 2020).

Además, lo que influye en esta resistencia es el espesor de las capas de pavimento, cuando éste no es suficiente sufrirá flexiones excesivas y grietas (Delbono y Gullino, 2020).

- Resistencia al fracturamiento por bajas temperaturas, se refiere a que la mezcla de asfalto tiene la facultad de no formar grietas al exponerse a una baja temperatura. Fundamentalmente está sujeto a la rigidez del asfalto cuando está expuesto a una baja temperatura (Cepeda, 2020).
- Resistencia al daño por humedad, se refiere a la facultad de la resistencia al traslado de agua y aire al interior o mediante la mezcla asfáltica. Esta resistencia está relacionada a las características químicas de los agregados minerales y al porcentaje de vacíos de la mezcla compacta, en consecuencia, también con el proceso de oxidación del cemento asfáltico, el drenaje y la adherencia de los pavimentos (Cepeda, 2020).

Es necesario señalar que existen dos tipos de agregados en las mezclas asfálticas, agregados finos y gruesos. Los agregados finos son elementos pétreos naturales elegidos, material sujeto a tratamientos de cribado disgregación, lavado o trituración, o material producido por fusión excipiente, calcinación o expansión (López y Sepúlveda, 2019, p.20). Los agregados gruesos podría ser gravas naturales seleccionadas u obtenidas a través de cribado y trituración, con partículas de máximo tamaño, por lo general oscila de 19 mm (8/4") a 75 mm (3"), por lo que contiene fragmentos de arena y roca (López y Sepúlveda, 2019, p.20).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El estudio fue de tipo aplicado porque la finalidad fue indagar y consolidar los conocimientos para aplicarlo en la resolución de un problema determinando (Hernández, 2018), para ello se recolectó informaciones referentes a temas o variables para el diseño y poder comprender cómo interactúan entre sí.

Por tal motivo, fue de tipo aplicada puesto que propone un procedimiento alternativo para el diseño y rendimiento de adiciones asfálticas con insumos reciclables de acuerdo a las especificaciones de la norma para su posterior utilización en pavimentos flexibles.

3.1.2. Diseño de Investigación

El diseño de investigación fue cuasi experimental, ya que manipula la variable independiente de estudio, con la finalidad de observar su influencia en la variable dependiente (Hernández, 2018). Es decir, se aplicó el aceite lubricado desgastado para observar si mejora la mezcla asfáltica para el diseño del pavimento flexible.

En la siguiente tabla se describe el diseño cuasi experimental.

Tabla 1. *Diseño cuasi experimental*

G1		O1
G2	X1	O2
G3	X2	O3
G4	X3	O4

Donde:

G1: Grupo control

G2: Grupo experimental con x1 (1 % de aceite quemado)

G3: Grupo experimental con x2 (3 % de aceite quemado)

G4: Grupo experimental con x3 (5 % de aceite quemado)

O1, O2, O3, O4: Observación de la variable dependiente.

3.2. Variable y Operacionalización

3.2.1. Aceite quemado vehicular (variable independiente)

El aceite reciclado proporcionado por los vehículos motorizados viene a ser aquel que ya ha tenido un uso proporcionado por los diversos trabajos realizados por los vehículos motorizados en distintas labores, manejos y tiempos en un rango de tiempo determinado que proporciona la viscosidad de estos líquidos que contienen químicos, sus propiedades físicas acorde al tiempo de uso y trabajo por estos vehículos motorizados se va desgastando, deteriorándose, lo cual genera sustancias peligrosas, es por ello que conlleva a su difícil almacenamiento ya que esto genera un alto índice de peligro para nuestro medioambiente, según estudios realizados contiene diversos compuestos químicos como el cromo, cadmio, arsénico, plomo, entre más metales pesados, entre ellos cancerígenos, benceno, hidrocarburos aromáticos, solventes clorados, PCBs, son compuestos que afectan y atacan directamente a la salud de la humanidad y generando un desgaste sumamente alto al medioambiente (García, 2022), (ver en anexo 1).

3.2.2. Diseño de mezcla asfáltica (variable dependiente)

Las aleaciones bituminosas o asfálticas, que mayormente se denominan aglomerados, éstos están compuestos por una aleación de áridos y una mezcla ligada de hidrocarbonado, de tal manera que quedan totalmente tapados o por una película constante de éstos. Se elaboran de manera mecánica en medianero ubicadas fijamente o inestables, para conducirse luego a la obra, donde se expanden y compactan completamente. (Kraemer, 2019), (ver en anexo 2).

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población

De acuerdo con Arias (2020), una población es un conjunto finito o infinito de elementos, los cuales presentan peculiaridades comunes de elementos y se delimita por el problema y objetivos de la investigación.

Para la actual en la investigación de tipo experimental se consideró los porcentajes de variación del aceite quemado vehicular de 1 %, 3 % y 5 %; por consiguiente, la población estuvo determinada por 18 briquetas.

3.3.2. Muestra

Para Arias (2020), una muestra es un subgrupo finito y representativo que se extrae de la población. En la investigación la muestra estuvo personalizada por los porcentajes de 1 %, 3 % y 5 % de aceite quemado vehicular; divididos en 4 grupos de los cuales 3 grupos son para los diseños con adición de aceite quemado y 1 grupo para el diseño de mezcla patrón. Considerando 5 briquetas por grupo.

3.3.3. Muestreo

Se empleó el muestreo no probabilístico por conveniencia; dado que la población la definió el investigador. En ese sentido, para la ejecución de los ensayos y empleo de las instalaciones del laboratorio del terreno, concreto y asfalto correspondió a la empresa Grupo B&F Ingenieros. Para Hernández (2018), la muestra no probabilística por conveniencia no se basa en la probabilidad sino a las peculiaridades del estudio, así como a la accesibilidad de los casos de acuerdo al interés del investigador.

3.3.4. Unidad de análisis

En el estudio la unidad de análisis fue cada briqueta de MAC adicionando 1 %, 3 % y 5 % de aceite quemado vehicular.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

El recojo de información brinda facilidades para verificar un problema establecido (Behar, 2018, p.14). Por consiguiente, en la indagación se hizo uso de la técnica de la observación, la cual permitió recolectar los datos para su posterior análisis de manera indirectamente mediante la aplicación del ensayo Marshall, ensayos de laboratorio, conforme a la norma (MTC) E 504 y los indicadores de la guía de procedimientos EG-2013, una vez obtenida la mezcla asfáltica será aplicada en 5 m².

Además, se utilizaron distintos procedimientos de recopilación de antecedentes, que contribuyeron en el diseño de mezcla asfáltica para pavimento flexible.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

En el estudio de acuerdo a la técnica empleada, los instrumentos de recojo de información fueron dos fichas de observación. La ficha de observación 01,

permitió el registro de las características de los agregados para elaborar la mezcla de asfalto para el diseño de pavimento flexible. La ficha de observación 02, permitió anotar los parámetros obtenidos de la mezcla de asfalto para el diseño de pavimento flexible mediante el ensayo Marshall.

Posteriormente, se elaboró una ficha de resumen 01, se registraron los estudios y teorías relacionadas al diseño de mezcla asfáltica para pavimento flexible.

Ficha de resumen 02, se registraron los manuales y guías para la elaboración de la mezcla de asfalto para pavimento flexible.

Las dos guías principales fueron validadas por dos expertos en ingeniería vial. La confiabilidad se verificó mediante el uso de equipos calibrados.

Se empleó como instrumentos de recopilación de información indirecta a través de:

✓ **Estudio de mecánica de suelos**

Se avanzó por medio de la recopilación de diversos ejemplares de terreno para averiguar las particularidades físicas del terreno a utilizar, ya que de ahí se podrá identificar los límites de consistencia, contenido de humedad existente para poder clasificar el modelo de terreno y su suficiencia portante del mismo por lo que se compone la zona de estudio para poder aplicar la mezcla asfáltica utilizando el manual de experimento de componentes MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), también se tendrá en cuenta el ASTM (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales).

✓ **Uso de software**

Para procesar los datos de la ubicación, se tuvo en cuenta el programa AutoCAD para procesar diversos datos, también se utilizó el software Google Earth para procesar los puntos de inicio en el lugar a ser estudiado, también se usó una hoja de cálculo Excel para el procedimiento e identificación del diseño y por último se usó la aplicación S10 que nos concedió la recolección de todos los presupuestos y costos para el diseño de la Influencia de la adición de aceite quemado de vehículos en mezcla asfáltica para el diseño del pavimento flexible, Chicama.

3.5. Procedimientos

Se inspeccionó minuciosamente la zona de estudio, teniendo en cuenta los desastres naturales y otros. Al recoger los datos y considerar la necesidad de la población, se tomó la iniciativa de la aplicación de aceite quemado a la aleación asfáltica en el pavimento flexible del centro poblado Luz del Sol, para ello se visitó la cantera “La Milagrosa”, donde se obtuvo los agregados para los estudios de mecánica de suelos respectivos. También se visitó a la municipalidad del centro poblado; posteriormente, se enviaron solicitudes a la Universidad Cesar Vallejo, con la finalidad de que proporcione las solicitudes de presentación formal para obtener el permiso de la municipalidad para aplicar el diseño de mezcla. Luego, se tomó el punto de ingreso que ayudó a realizar el conteo de vehículos para desarrollar el diseño de la mezcla, se extrajo material del tramo de la carretera del C.P Luz del Sol para los ensayos de CBR y proctor modificado para determinar el espesor del pavimento flexible.

Para el avance de esta investigación de la tesis titulada Influencia de la adición de aceite quemado de vehículos en mezcla asfáltica para el diseño del pavimento flexible, Chicama. Se inició con la recolección de materiales para determinar la caracterización de los mismos, entre ellos se tiene al agregado grueso, para el cual se realizó el ensayo de granulometría, se determinó las sales solubles, sus propiedades mínimas y máximas, la durabilidad del agregado, su absorción y peso específico, para el agregado fino se realizó el ensayo de granulometría, la cantidad de sales solubles, índice de durabilidad, el equivalente de arena, absorción y su peso específico; durante el proceso para el diseño de mezcla asfáltica, considerando el diseño MAC, el cual es convencional-modificado, se encargó de ver las propiedades del agregado grueso, agregado fino, cemento asfáltico y aceite quemado de vehículos, luego de ver el diseño MAC se procedió a realizar el ensayo Marshall que proporcionó los porcentajes de vacíos, densidad de los agregados, estabilidad del diseño de mezcla y el flujo que tendrá después de realizar el ensayo, para poder interpretar los resultados a través de la discusión del problema, dando a conocer las recomendaciones para mejorar, por último se tuvo las pautas y su culminación.

3.5.1. Trabajo de Campo

En los trabajos realizados en campo se llevaron a cabo los siguientes procesos.

✓ Localización

Mediante GOOGLE EARTH, se localizó la zona de estudio, que está ubicada en el tramo de la carretera Luz del Sol, como se muestra en la figura 2, con coordenadas iniciales y finales del proyecto a realizar los estudios y aplicarlo.

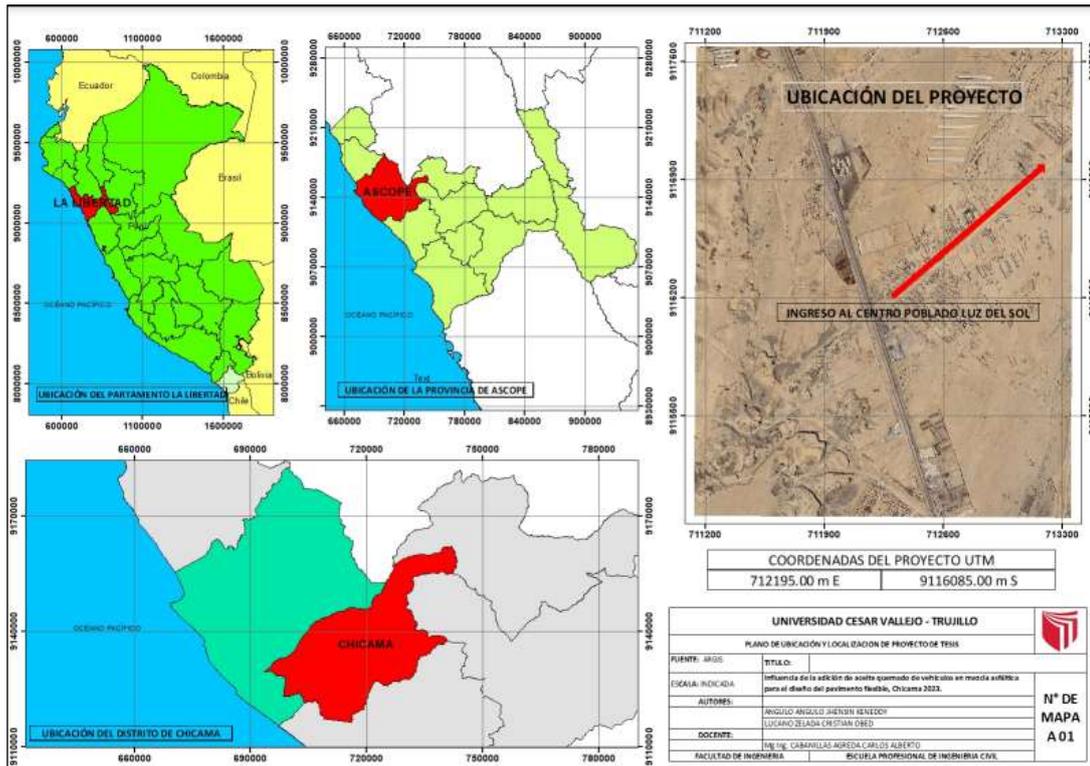


Figura 1. Plano de Ubicación y Localización de la zona de estudio.

✓ Recolección de Muestra de Agregados

Se ejecutó el muestreo respectivo de los agregados en la cantera, recolectando dos (02) muestras de grava chancada y dos (02) de arena zarandeada, las mismas que se identificaron como T-GCH01, GCH02 y T-AZ01, T-AZ02, respectivamente. Se recolectó un aproximado de 80 kg. por cada tipo de muestra.

✓ Conteo Vehicular

Se realizó el conteo vehicular en el punto inicial del tramo de la carretera del C.P. Luz del Sol durante una semana. Se tomó un solo punto de entrada y salida, por ser el único punto donde se puede acceder al centro poblado, para lo cual se registraron los datos tres veces por día.



Figura 2. Conteo de vehículos.

Luego, de procesar la información del conteo vehicular, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 2. Índice Medio Diario Semanal (IMDs).

DIA	AUTOMOVIL	COMBI	CAMIONETA	MICRO 2E	CAMION 2E	CAMION 3E	TOTAL
L	350	29	261	25	34	11	710
M	435	21	339	31	44	7	877
M	359	14	375	32	36	13	829
J	321	30	302	40	34	10	737
V	512	22	287	31	35	14	901
S	313	23	415	26	31	13	821
D	337	27	257	26	34	14	695
IMD/7	375,29	23,71	319,43	30,14	35,43	11,71	795,71
IMD	376,00	24,00	320,00	31,00	36,00	12,00	799,00

Tabla 3. Índice Medio Diario Anual.

IMDs		FC	IMDA
AUTOMOVIL	376,00	1,01656613	382
COMBI	24,00	1,01656613	24
CAMIONETA	320,00	1,01656613	325
MICROS	31,00	0,98142815	30
CAMION	36,00	0,98142815	35
	12,00	0,98142815	12
TOTAL			809,5

En la tabla 3, se puede apreciar un índice medio diario anual es 809,5.

✓ **Ensayo CBR y Proctor Modificado**

En los 5 m² donde se aplicó la mezcla asfáltica se realizó una sola calicata, donde se extrajo 80 kg de material para CBR y 80 kg para Proctor modificado. Además, se realizaron los ensayos de límite plástico y límite líquido, para determinar las propiedades de las muestras en una proporción de 6 kg, obteniéndose datos positivos para la presente investigación, cumpliendo con los estándares establecidos por la norma E.050 de Suelos y Cimentaciones.

3.5.2. Trabajo de Laboratorio

✓ **Caracterización de Agregados**

Cuarteo

El primer procedimiento que se aplicó en laboratorio es el cuarteo, el cual sirve para disminuir la incertidumbre y variabilidad de la muestra recalentada y/o extraída de campo (Elizondo y Jiménez, 2019), con el fin de establecer una mejor representatividad.

Granulometría

Se realizó el ensayo granulométrico con la finalidad de determinar la gradación del agregado grueso y fino, los mismos que se combinaron con el objetivo de acomodarse y encajar en el huso granulométrico MAC-02, especificado en la EG.2013.

Se procedió a definir la porción de espécimen para el experimento teniendo como referencia la ASTM C-136. Luego de ello, los agregados fueron llevados al horno con el fin de obtener masa constante o material seco sin humedad. Después de cinco (05) horas se sacó del horno y se llevó a temperatura ambiente, luego se registró la masa inicial del ensayo, la cual fue de 8 kg. y 500 g. en compuestos grueso y fino, respectivamente.

Posteriormente, se efectuó el lavado de todas las muestras mencionadas anteriormente, para luego colocarlas de nuevo al horno hasta el siguiente día.

Sacadas las muestras del horno, se esperó que adquieran temperatura ambiente, a la par y espera de ello se efectuó el armado de la serie de tamices tanto para agregado grueso y fino. Culminada la espera se procedió a verter las muestras en sus respectivas series de tamices, efectuando por 5 min. iniciales movimientos circulares y por cada tamiz 30 seg.; se registraron las masas por cada tamiz de las series y como finalidad del ensayo se procedió a realizar el cálculo de error permisible, el mismo que se encontró dentro del margen.

Para evaluar la influencia de la adición de aceite quemado vehicular en el diseño de mezcla asfáltica para pavimento flexible. Se realizó la caracterización de los agregados utilizados para el diseño de mezcla asfáltica, según las especificaciones técnicas EG.2013. Se determinó el óptimo rendimiento de asfalto para el diseño de mezcla asfáltica convencional. Por ello, se realizó el diseño de mezcla asfáltica con adiciones de 1 %, 3 % y 5 % de aceite quemado vehicular. Por lo tanto, se definirá las características del diseño de la mezcla asfáltica convencional y de las aleaciones asfálticas modificadas con aceite quemado. Para poder establecer el tanto por ciento de aceite quemado de automóviles motorizados adecuado para la mezcla asfáltica.

Composición de Aceites

El Aceite Quemado de Vehículos Motorizados y/o también conocido como WEO vienen a ser aquellos lubricantes que garantizan la vida útil de un vehículo motorizado por los diferentes componentes que poseen y viscosidad que presentan para lograr un acondicionamiento al vehículo, éstos están sometidos a diversos tiempos de trabajo que realiza un vehículo generando así el aceite quemado ya desgastado por la trabajabilidad a la que fueron sometidos, son pocas las empresas

que se dedican a reutilizar estos aceites desgastados para poder comercializarlos (Manzanarez, 2022, p.4).



Figura 3. Aceite nuevo de motor y aceite usado.

Los compuestos presentados en la siguiente tabla son químicos que tienen un efecto directo sobre la humanidad. También representa productos de oxidación en hidrocarburos en base de aceites, son compuestos de la degradación de los aditivos etc. (Vargas, 2022).

Tabla 4. Densidad en ppm de aceite de motor desgastado.

Mezcla del Aceite Quemado			
Contaminantes	Concentración en ppm		
	Aceites lubricantes		Aceite industrial
	Motor Diésel	Motor Gasolina	
Cadmio	1,1	1,7	6,1
Cromo	2,0	9,7	36,8
Plomo	29,0	2,2	217,7
PCB's	20,7	20,7	957,2
Cloro total	3600,0	3600,0	6100,0
Zinc	332,0	951,0	373,3

Tabla 5. *Intensidad de tránsito pesado.*

Tipo de carpeta	Intensidad del tránsito pesado en un solo sentido
Mezcla en planta de 7.5cm de espesor mínimo	> de 2000 vehículos/día
Mezcla en planta con un espesor mínimo de 5cm.	2000 a 1000.
Mezcla en el lugar o planta de 5cm como mínimo	1000 a 500
Tratamiento superficial simple o múltiple.	Menos de 500.

Tabla 6. *Grado de penetración de cemento asfálticos para MAC.*

Tipo de tránsito	Temperaturas Ambientales		
	Alta	Media	Baja
Liviano	70-85	70-85	70-85
Mediano	60-70	70-85	70-85
Pesado	50-60	60-70	60-70

Determinación del Contenido Optimo de Asfalto

Conforme indica el método Marshall, el cual es un ensayo que sirve para poder determinar el porcentaje adecuado del ligante cemento asfáltico, a través del ensayo RICE (Densidad Teórica Máxima), según norma ASTM D-2041 y el AASHTO T- 209 (Forero y Hernández, 2020), se tomaron para el diseño 4 muestras con diferentes porcentajes de cemento asfáltico que tiene como cifra de inicio de 4,5 %, 5,0 %, 5,5 % y 6,0 % cada uno con un incremento de 0,5 % de adición de cemento asfáltico para cada modelo que se realizó.

Propiedades del cemento asfáltico

Según la normatividad ASTM, el filler o también conocido como cemento asfáltico es un agregado que se puede extraer fácilmente del petróleo, además su color es negro, el cual es un elemento muy importante y principal para la elaboración de mezclas de asfalto (Ortiz et al., 2016). El petróleo pese a ser un líquido crudo contiene varias proporciones de betún, los cuales, en el ámbito de adición para elaborar mezclas de asfalto, tiene como características más rescatables del asfalto,

a la consistencia, seguridad y pureza, seguidamente, se describen las características mencionadas.

Consistencia. Viene a ser la viscosidad que presenta este material que contiene mucha fluidez y para poder determinarla se requieren de ciertas temperaturas, mediante una prueba se detecta su viscosidad y el mejor rendimiento de este material, así como ver el grado de penetración que alcanza a una temperatura adecuada (Bejarano y Salgado, 2018, p.21).

Seguridad. Las composiciones químicas que presenta el betún son muy contaminantes por lo que siempre se utiliza a una temperatura promedio de 175 °C para que éste no vaya a generar espuma y sea más peligroso, cuando la mezcla asfáltica alcanza temperaturas mayores o se sobrecalienta, emite humo y genera llamas o chispas abiertas, es por ello que cuando alcanza el punto de inflamación, no se utilizaría. En consecuencia, para poder determinar una seguridad apropiada de dicho material se debe controlar o evitar llegar al punto de inflamación (Pilares, 2018).

Pureza. Este aditivo como ya se mencionó tienen mayor porcentaje de betún que tiene propiedades como el carbono, el cual es un material soluble. Éste luego de ser procesado llega a alcanzar un punto de pureza gracias a la refinación que se realiza, alcanzando un porcentaje de 99,5 %, sumamente solubles en lo que se llama disulfuro de carbono (Cortez, 2022, p.41).



Figura 4. Cemento Asfáltico PEN 85/100.

Gravedad Específica

✓ Ensayo Marshall

Se procedió a distribuir los componentes para las 18 muestras de briquetas a confeccionar con un pesantez aproximado por briqueta de 1 200 g. de componente entre mezcla gruesa, agregado delgado, pegamento asfáltico que viene a ser el cemento y adicionando aceite quemado de motor desgastado de automóviles para luego realizar el modificado, se prosiguió al apiñado de todos los materiales recopilados puestos en una vasija, luego fueron compactados con 75 golpes tanto por un lado como por el otro puesto que un diseño del pavimento queda determinado para uso de transitabilidad persistente pesado; seguidamente, se dio enfriamiento a temperatura natural, luego se procedió a desacoplar y desmoldar las briquetas del ensayo realizado que se dejó enfriar y reposar durante las 24 horas del día conforme señala la norma, después se penetraron las briquetas convencionales y las briquetas modificadas con adición de aceite desgastado de vehículos en agua por un periodo límite de 30 minutos aproximadamente, se tomó nota del registro de masas por su desplazamiento estando al aire libre, luego se colocaron las muestras de las briquetas en el artefacto de baño maría durante un periodo estimado de 30 minutos en 60° C de temperatura; después se dejó descansar por aproximadamente otros 30 minutos más para que se proceda a concluir con la ruptura de las briquetas.



Figura 5. Prensa para ensayos Marshall.

3.6. Método de análisis de datos

El presente estudio de enfoque cuantitativo hizo uso de la estadística descriptiva mediante la tabulación de datos con la finalidad de representar de forma ordenada los resultados obtenidos a través del ensayo Marshall. Se eligió el procedimiento Marshall porque a través de la gráfica semilogarítmica se logró definir la granulometría permitida, y como ejes temáticos se tomó el aceite quemado de motor y su aplicación en sus aleaciones asfálticas; además, se hizo la consulta a la norma CE-010 de pavimentos urbanos, donde da los alcances teóricos de los ensayos de laboratorio; asimismo, se adquirió la información de la calidad de mezclas asfálticas por medio del libro de CTR construcciones.

Se llegó a determinar el óptimo rendimiento de asfalto para el diseño de mezcla asfáltica convencional, realizando el diseño de mezcla asfáltica con adiciones de 1 %, 3 % y 5 % de aceite quemado. Al finalizar fue aplicado en 5 m² en el tramo de la carretera C.P Luz Del Sol.

3.7. Aspectos éticos

Se trabajó bajo la guía y normatividad establecidas por la Universidad Cesar Vallejo (2019) Consejo Universitario N° 0470-2023/UCV, además se ha respetado los derechos de autor utilizando bibliografías de otras investigaciones para luego poder someter toda la información a un análisis turnitin que se encuentra debajo del 20 % de similitud. Asimismo, se ha respetado el cuidado del medio ambiente y biodiversidad porque se aseguró el cuidado de la naturaleza.

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización de agregados

4.1.1. Determinación del contenido de humedad de los agregados

Tabla 7. Contenido de humedad de los agregados gruesos y finos.

Agregados	Contenido de humedad (%)		
	M-1	M-2	Promedio
Agregado grueso / ag-01 / piedra	0,51	0,49	0,50
Agregado / af-01 / arena gruesa	0,66	0,68	0,70
Agregado grueso / ag-02 / confitillo	0,46	0,48	0,47
Agregado / af-02 / arena fina	0,38	0,40	0,40

En la tabla 6 se aprecia que el contenido de humedad de la muestra de agregado grueso, específicamente la piedra tuvo un porcentaje de 0,50 %; la arena gruesa presentó un porcentaje de 0,70 %; el confitillo tuvo un porcentaje de 0,47 % y la arena fina tuvo un porcentaje de 0,40 %.

4.1.2. Análisis granulométrico de los agregados

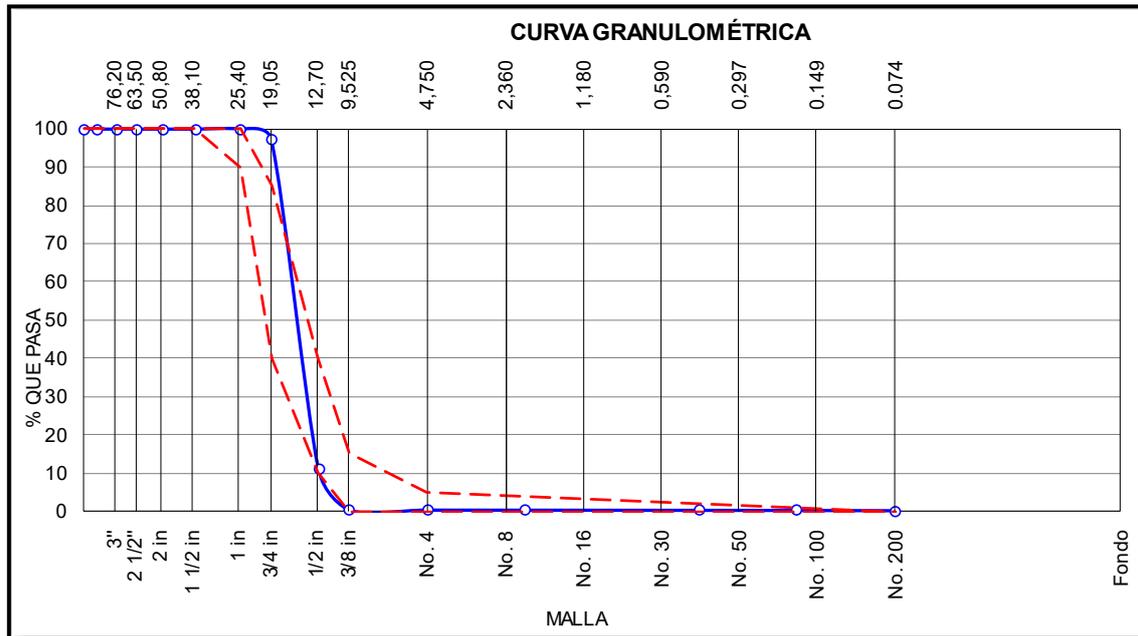


Figura 6. Curva Granulométrica del Agregado Grueso Norma- ASTM (C33/C33M-18).

La figura 6 se aprecia que la curva granulométría de acuerdo al número de tamices, encontrándose dentro del límite máximo y mínimo para agregados gruesos estipulados en la norma ASTM.

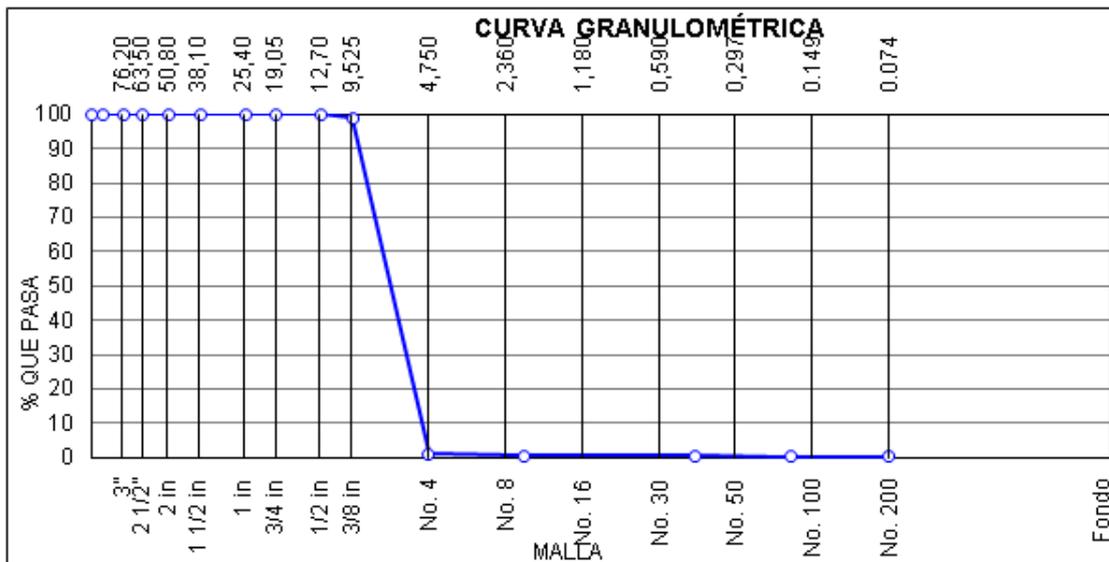


Figura 7. Curva Granulométrica del Agregado Confitillo

En la figura 7 se puede apreciar que el porcentaje que pasa de agregado confitillo se mantiene constante. Desde el tamiz n°4, hasta el tamiz n° 200.

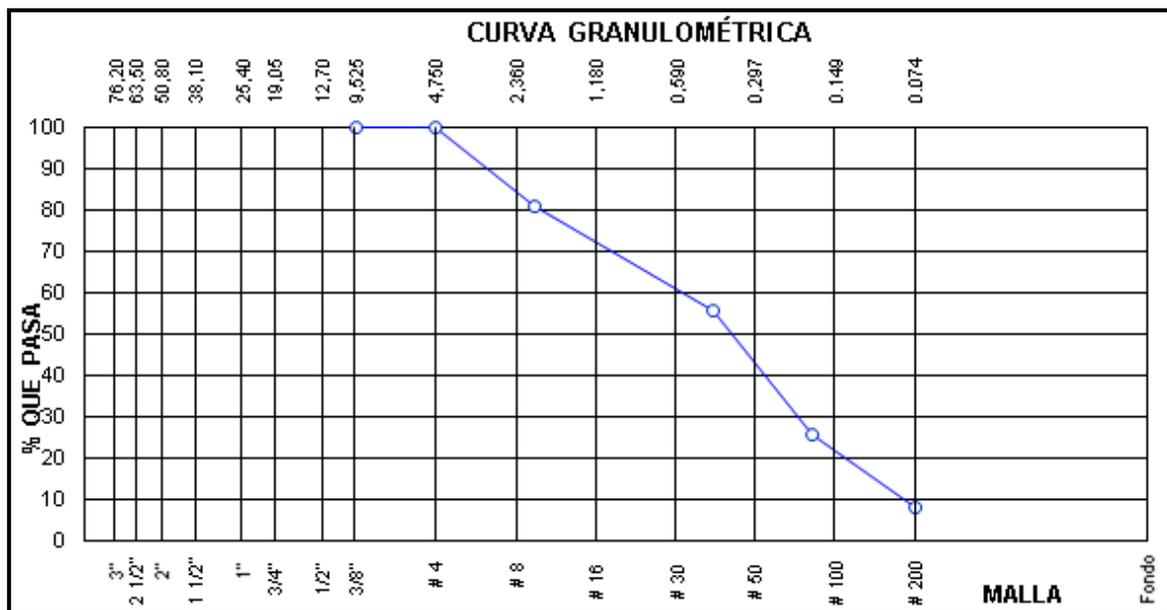


Figura 8. Curva Granulométrica del Agregado Fino y Arena Fina.

En la figura 8 se muestra la curva granulométrica de arena fina, donde tiene un comportamiento del 100 %, hasta el 10 % que pasa a través de los tamices. De forma similar se comporta la curva granulométrica del agregado fino y arena gruesa, tal como se muestra en la figura 9.

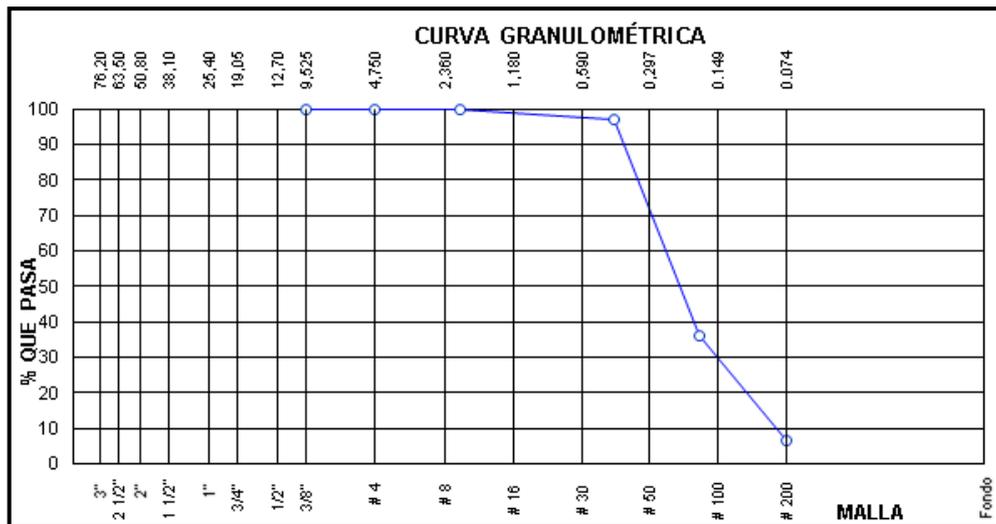


Figura 9. Curva Granulométrica del Agregado Fino y Arena Gruesa.

4.1.3. Método de Prueba Estándar

Tabla 8. Resultados de prueba de Densidad Relativa y Absorción de Agregado grueso y fino

Agregado		Gravedad Específica OD	Gravedad Específica SSD	Gravedad Específica Aparente	Absorción (%)
Grueso	M-1	2,762	2,778	2,806	0,56
	M-2	2,761	2,775	2,802	0,53
Promedio Grueso		2.761	2,777	2,804	0,55
Fino	M-1	2,752	2,773	2,811	0,77
	M-2	2,750	2,770	2,805	0,70
Promedio Fino		2,751	2,771	2,808	0,74
Global		2,756	2,774	2,806	0,65

En la tabla 8, se puede apreciar que la gravedad específica del agregado grueso obtenida partiendo de dos ensayos fue 2,804 y su porcentaje de absorción fue 0,55 %, mientras que la gravedad específica del agregado fino fue 2,808 y su porcentaje de absorción fue 0,74 %. Además, se puede observar los valores globales de los agregados, donde se aprecia que el agregado grueso alcanza un porcentaje de absorción de 0,55 %, el cual cumple con lo establecido por la norma; sin embargo, el agregado fino alcanza un porcentaje de absorción de 0,74 %, sobrepasando el

máximo especificado en la norma (0,5 %). También, se muestra el porcentaje de absorción para cada uno de los ensayos, alcanzando un promedio global de 0,65 %.

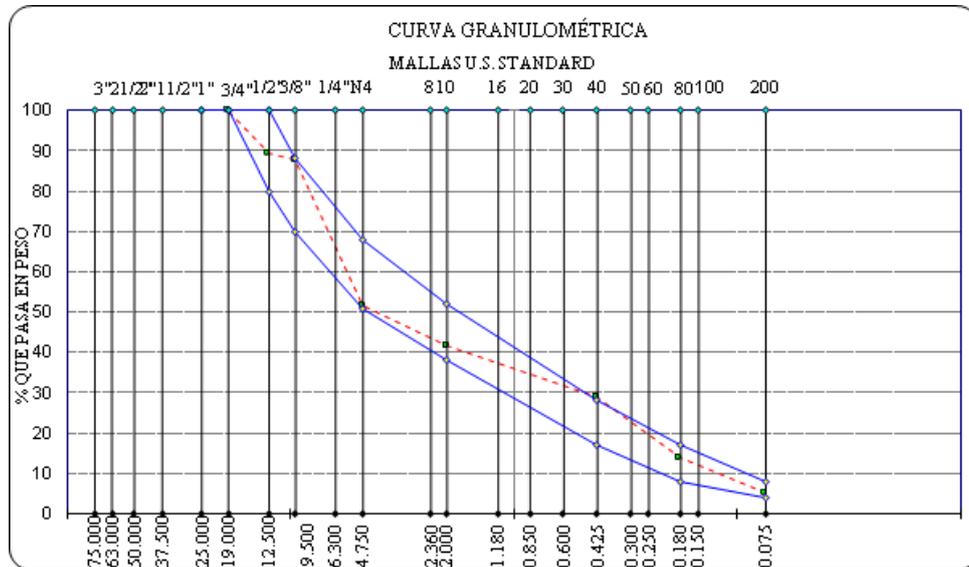


Figura 10. Curva Granulométrica de combinación de agregados para producción de mezcla asfáltica.

En la figura 10 se observa que la curva granulométría de la combinación de agregados está dentro de los límites máximos y mínimos establecidos en la norma ASTM.

4.1.4. Cemento Asfáltico

Tabla 9. Resultados de pruebas de cemento asfáltico.

Características	Resultado de estudio	Evaluación
Ensayos		
Introducción a 25° c, 100 gr, 5 seg, 0.1.	92	Si Cumple
Punto de Inflamación	270	Si Cumple
Ductilidad 25° c, 5 cm/min, cm.	>150	Si Cumple
Susceptibilidad térmica	-0,6	Si Cumple
Solubilidad en Tricloroetileno, % en masa	99,7	Si Cumple

Se puede observar en la tabla 9, se muestra las especificaciones del cemento asfáltico, tomando en cuenta la temperatura de acuerdo a la zona de estudio, los ensayos realizados resultaron satisfactorios de acuerdo a lo que establece la norma ASTM.

4.2. Determinación de las dosificaciones de la mezcla homogénea

Para la determinación del porcentaje óptimo de cemento asfáltico a través del ensayo Marshall, se diseñaron cuatro muestras con porcentajes de 4,5 %, 5,0 %, 5,5 % y 6,0 %, tal como se detalla en la tabla 10.

Tabla 10. *Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico en porcentajes de 4,5 %, 5,0 %, 5,5 % y 6,0 % ensayo RICE.*

Identificación de la Muestra		Und	Cantidad			
			4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %
1.-	Peso del material	g	1772,9	1782,2	1802,9	1929,4
2.-	Peso agua + frasco	g	11343,0	11348,0	11348,0	11348,0
3.-	Peso agua + frasco + material	g	13115,9	13130,2	13150,9	13277,4
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	g	12417,1	12418,0	12412,3	12490,0
5.-	Volumen	g	698,8	712,2	738,6	787,4
Peso Específico Máximo MAC, g/cm ³		g/cm ³	2,537	2,502	2,441	2,450

Tabla 11. *Dosificación de cemento asfáltico PEN 85-100 En mezcla patrón.*

Descripción	Und	Cantidad			
		4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %
Asfalto PEN 85/100	%	4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %
P. Asfalto	g	54	60	66	72
P. Grava	g	144	144	144	144
P. Arena	g	600	600	600	600
P. Confitillo	g	444	444	444	444
Filler	g	12	12	12	12
P.P de Briqueta	g	1200	1200	1200	1200

En la tabla 11, se puede apreciar la dosificación que se utilizó para la mezcla patrón, tanto en agregados como en cemento asfáltico.

Tabla 12. *Adición del aceite quemado al 1 % a la mezcla asfáltica.*

Descripción	Und	Cantidad			
Aceite quemado (1%)	g	12	12	12	12
P. Asfalto	g	54	60	66	72
P. Grava	g	144	144	144	144
P. Arena	g	600	600	600	600
P. Confitillo	g	444	444	444	444
Filler	g	12	12	12	12
Asfalto PEN 85-100	%	4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %
P.P de Briqueta	g	1200	1200	1200	1200

Se observa en la tabla 12, la dosificación que se utilizó para la mezcla asfáltica más la adición de aceite quemado al 1 %, tanto en agregados como en cemento asfáltico.

Tabla 13. *Adición del aceite quemado al 3 % a la mezcla asfáltica.*

Descripción	Und	Cantidad			
Aceite quemado (3 %)	g	36	36	36	36
P. Asfalto	g	54	60	66	72
P. Grava	g	144	144	144	144
P. Arena	g	600	600	600	600
P. Confitillo	g	444	444	444	444
Filler	g	12	12	12	12
Asfalto PEN 85-100	%	4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %
P.P de Briqueta	g	1200	1200	1200	1200

En la tabla 13, se observa la dosificación que se utilizó para la mezcla asfáltica adicionando 3 % de aceite quemado, tanto en agregados como en cemento asfáltico.

Tabla 14. Adición del aceite quemado al 5 % a la mezcla asfáltica.

Descripción	Und	Cantidad			
Aceite quemado (5 %)	g	60	60	60	60
P. Asfalto	g	54	60	66	72
P. Grava	g	144	144	144	144
P. Arena	g	600	600	600	600
P. Confitillo	g	444	444	444	444
Filler	g	12	12	12	12
Asfalto PEN 85-100	%	4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %
P.P de Briqueta	g	1200	1200	1200	1200

En la tabla 14, se detalla la dosificación que se utilizó para la mezcla asfáltica adicionando 5 % de aceite quemado, tanto en agregados como en cemento asfáltico.

4.3. Ensayo Marshall

Tabla 15. Peso específico de ensayo Marshall (g/cm³)

Mezcla Asfáltica	Cantidad			
	4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %
Mezcla patrón	2,314	2,336	2,340	2,347
Aceite quemado al 1 %	2,383	2,390	2,397	2,401
Aceite quemado al 3 %	2,410	2,376	2,344	2,320
Aceite quemado al 5 %	2,361	2,350	2,343	2,328

En la tabla 15, se detallan los valores obtenidos en el ensayo para la mezcla patrón y para cada porcentaje de aceite quemado, donde se observa que en la mezcla patrón conforme incrementa el porcentaje de asfalto, su peso específico aumenta; sucede lo mismo adicionando el 1 % de aceite quemado de vehículos motorizados, conforme aumenta el porcentaje de asfalto, aumenta el peso específico; sin embargo, al adicionar el 3 % de aceite quemado, los pesos específicos más altos pertenecen a los contenidos de cemento asfáltico de 4,5 % y 5,0 %; lo mismo sucede al adicionar el 5 % de aceite quemado, se obtiene un mayor peso específico con menor porcentaje de asfalto.

Tabla 16. Porcentaje de vacíos de ensayo Marshall (%)

Mezcla Asfáltica	Cantidad			
	4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %
Mezcla patrón	8,5	6,3	4,3	4,0
Aceite quemado al 1 %	6,3	4,9	3,1	1,7
Aceite quemado al 3 %	4,4	3,9	3,2	2,7
Aceite quemado al 5 %	4,3	3,1	1,5	0,4

En la tabla 16, se observa que, al incrementar el porcentaje de cemento asfáltico, el porcentaje de vacíos disminuye; al adicionar el 1 %, 3 % y 5 % de aceite quemado, tiene el mismo comportamiento; sin embargo, al 3 % y 5 % de aceite, se obtiene porcentajes de vacíos dentro de los límites establecidos por la norma ASTM, que especifica límites entre 3 % y 5 %, así como los mayores pesos específicos considerando porcentajes de cemento asfáltico entre 4,5 % y 5,0 %.

Tabla 17. Porcentaje vacíos de ensayo Marshall de los agregados (%)

Mezcla Asfáltica	Cantidad			
	4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %
Mezcla patrón	16,7	16,3	17,0	16,9
Aceite quemado al 1 %	12,62	13,26	13,55	13,14
Aceite quemado al 3 %	11,85	13,34	15,21	15,87
Aceite quemado al 5 %	13,39	14,40	15,08	16,07

En la tabla 17, se observa que al adicionar aceite quemado de vehículos motorizados al 3 %, siendo el óptimo 4,5 % y está entre los porcentajes de vacíos del agregado mineral 11,85 % y 13,34 %, lo que no alcanza el mínimo especificado en la norma.

Tabla 18. Porcentaje vacíos llenos con cemento asfáltico (%)

Mezcla Asfáltica	Cantidad			
	4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %
Mezcla patrón	49,1	61,5	75,1	76,3
Aceite quemado al 1 %	49,78	62,74	76,63	88,9
Aceite quemado al 3 %	62,44	71,01	78,54	84,1
Aceite quemado al 5 %	68,37	78,20	90,21	96,4

En la tabla 18, se observa que al adicionar aceite quemado de vehículos motorizados al 3 % resulta porcentajes de vacíos llenos con cemento asfáltico

dentro del rango establecido por la norma 65 % y 75 % que pertenecen a los porcentajes de cemento asfáltico de 4,5 % y 5,0 %, por lo que la cantidad óptima es 4,60 %.

Tabla 19. Flujo de ensayo Marshall (mm).

Mezcla Asfáltica	Cantidad			
	4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %
Mezcla patrón	1,81	2,67	3,48	5,99
Aceite quemado al 1 %	3,25	4,36	5,26	7,2
Aceite quemado al 3 %	3,92	5,01	7,40	8,8
Aceite quemado al 5 %	4,69	6,24	10,17	12,0

En la tabla 19, se puede apreciar que los flujos que se obtienen tanto en la mezcla patrón como al adicionar porcentajes de aceite quemado, se incrementa conforme aumenta el porcentaje de cemento asfáltico, pese a que la mayoría de flujos no cumplen con el rango que especifica la norma ASTM, cuyo rango aceptable es entre 2 mm y 3,5 mm, su comportamiento es adecuado ya que se incrementa conforme aumenta el porcentaje de aceite quemado.

Tabla 20. Estabilidad de ensayo Marshall (kg).

Mezcla Asfáltica	Cantidad			
	4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %
Mezcla patrón	559	854	1037	1092
Aceite quemado al 1 %	801	1123	1229	789
Aceite quemado al 3 %	1304	1029	818	635
Aceite quemado al 5 %	908	748	629	434

En la tabla 20, se observa que en la mezcla patrón la estabilidad se incrementa conforme aumenta el porcentaje de cemento asfáltico, un comportamiento similar se presenta al adicionar el 1 % de aceite quemado, hasta el 5,5 % de cemento asfáltico y al 6,6 % de CA disminuye; sin embargo, al adicionar el 3 % y 5 % de aceite quemado, sucede que a medida que el porcentaje de cemento asfáltico aumenta, disminuye la estabilidad. Por lo que, se alcanza una mayor estabilidad con 4,5 % de CA y 3 % de aceite quemado.

Tabla 21. Factor de estabilidad de rigidez de ensayo Marshall (kg/cm).

Mezcla Asfáltica	Cantidad			
	4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %
Mezcla patrón	3086	3204	2979	1822
Aceite quemado al 1 %	2464	2575	2337	1095
Aceite quemado al 3 %	3327	2054	1105	718
Aceite quemado al 5 %	1935	1199	619	361

En la tabla 21, se observa que entre la mezcla patrón y al adicionar 1 %, 3 % y 5 % de aceite quemado al 4,5 %, 5,0 %, 5,5 % y 6,0 % de aceite asfáltico, la mayor rigidez se obtiene al adicionar 3 % de aceite quemado de vehículos motorizados, con un 4,5 % de cemento asfáltico.

Por lo tanto, se obtuvo que el porcentaje óptimo de cemento asfáltico para la mezcla patrón fue de 5,4 %, para la mezcla con 1 % de aceite quemado fue de 5,25 %, para la mezcla con 3 % y 5 % de aceite quemado fue en un 4,5 %.

Tabla 22. Comparación de resultados de las adiciones de aceite quemado.

Mezcla Asfáltica	% óptimo	Peso unitario (g/cm ³)	% de vacíos	% Vacíos del agregado mineral	% Vacíos llenos con C.A.	Flujo (mm)	Estabilidad (kg)	Rigidez (kg/cm)
Mezcla patrón	5,4 %	2,342	4,6	16,70	71,8	3,35	1000	3030
Aceite quemado al 1 %	5,25 %	2,393	4,0	13,5	69,4	4,8	1220	2550
Aceite quemado al 3 %	4,6 %	2,402	4,3	12,2	65,0	4,1	1248	3020
Aceite quemado al 5 %	4,6 %	2,360	4,0	13,6	70,0	4,9	870	1760

En la tabla 22, se puede apreciar que los mejores resultados se obtienen al adicionar 3 % de aceite quemado, con un porcentaje óptimo de cemento asfáltico de 4,6 %, con un peso unitario de 2,402 g/cm³, tal como se muestra en la figura 13; con 4,3 % de vacíos que está dentro del rango aceptable establecido por la norma, tal como se muestra en la figura 14; con un 12,2 % de vacíos del agregado mineral

que no cumple con el mínimo establecido por la norma, tal como se muestra en la figura 15; con un 65,0 % de vacíos llenos con cemento asfáltico que se encuentra dentro del rango aceptable establecido por la norma, tal como se muestra en la figura 16; con un flujo de 4,1 mm que no está dentro del rango aceptable establecido por la norma, tal como se muestra en la figura 17; una estabilidad de 1 248 kg que cumple con el mínimo establecido por la norma, tal como se muestra en la figura 18; y una rigidez 3 020 kg/cm que se encuentra dentro del rango establecido por la norma.

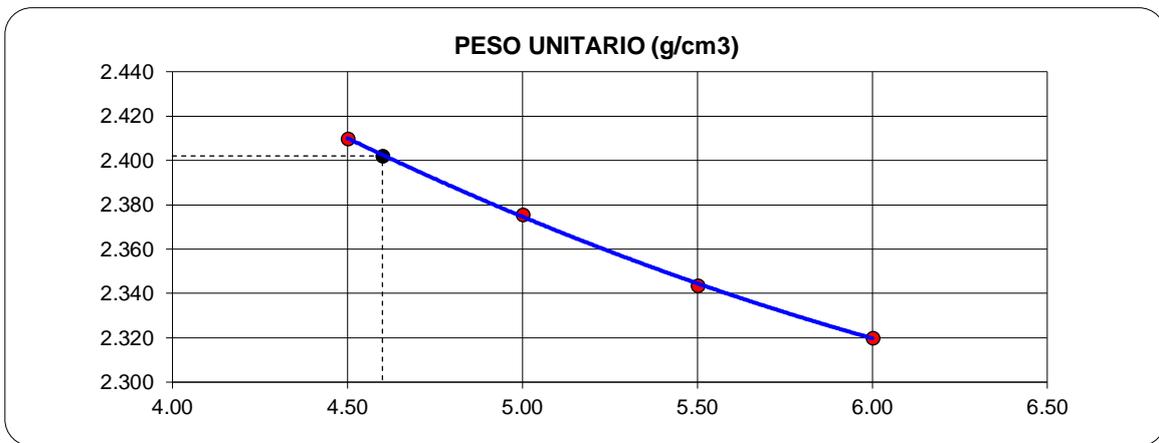


Figura 11. Peso unitario de porcentajes aplicados.

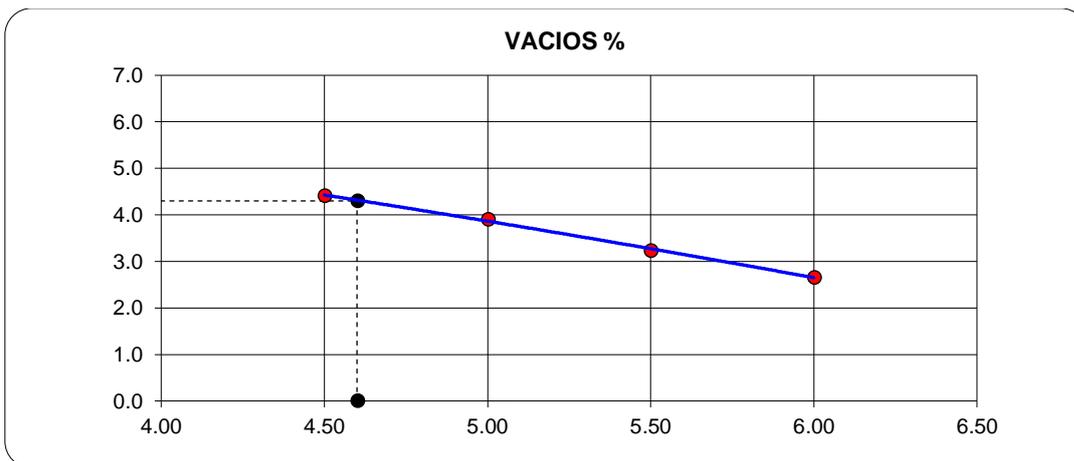


Figura 12. Porcentaje de vacíos conforme a porcentajes ensayados.

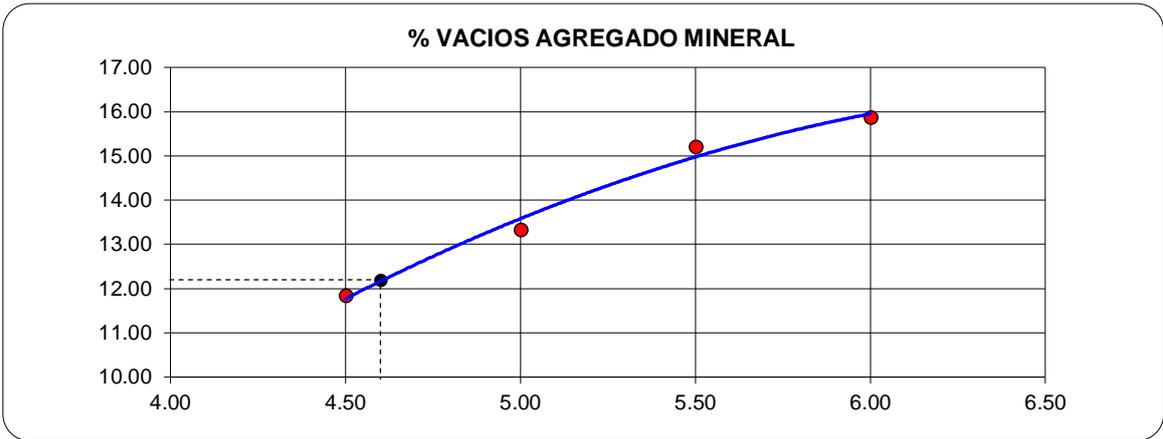


Figura 13. Porcentaje de vacíos de agregados adicionando mineral.

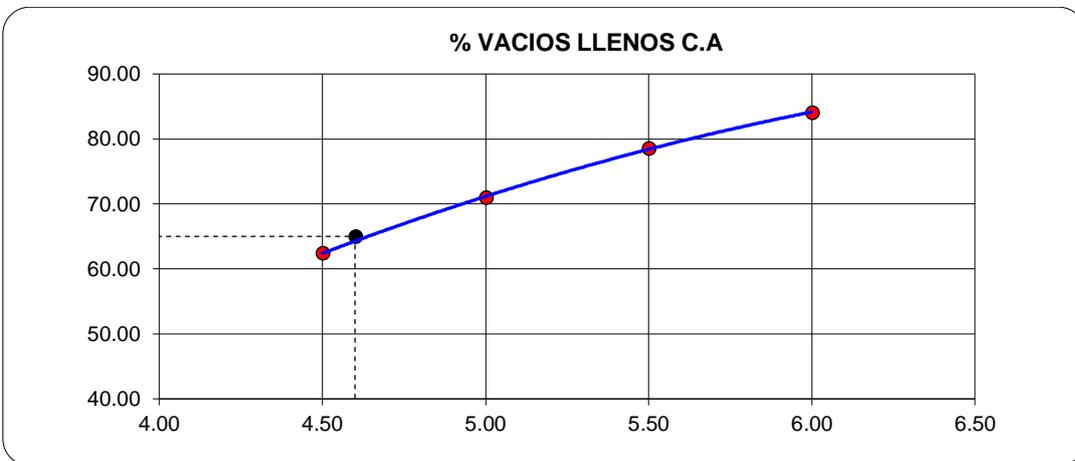


Figura 14. Porcentaje de vacíos llenados más cemento asfáltico adicionado.

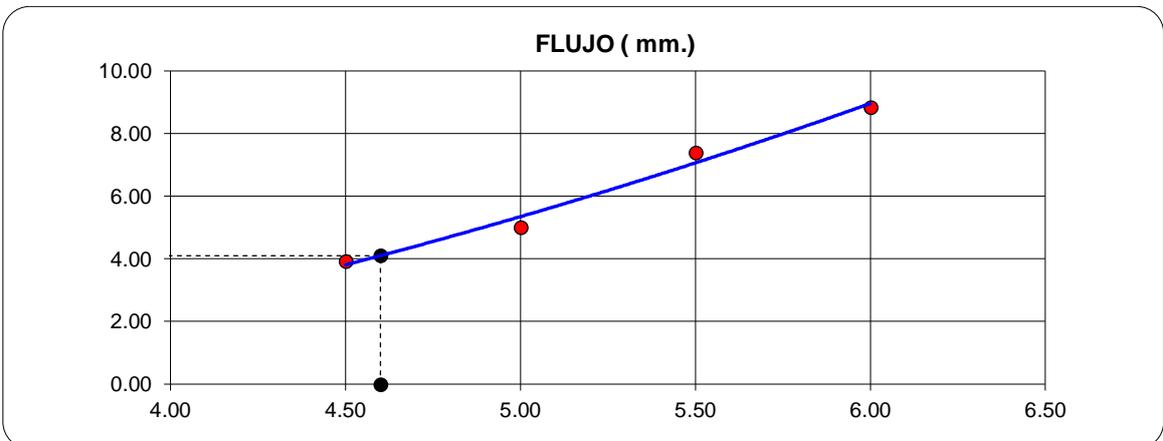


Figura 15. Curva de flujo de porcentajes utilizados, método Marshall.

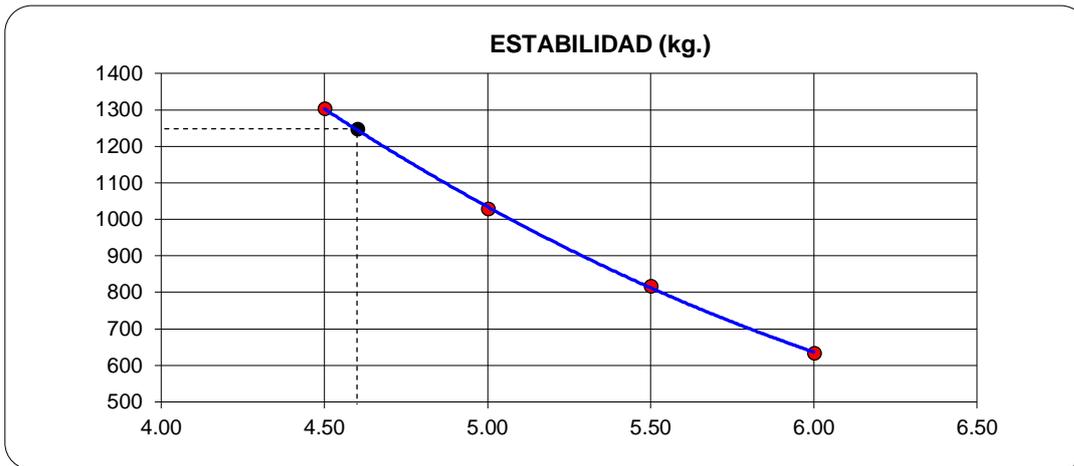


Figura 16. Curva de estabilidad de porcentajes utilizados, método Marshall.

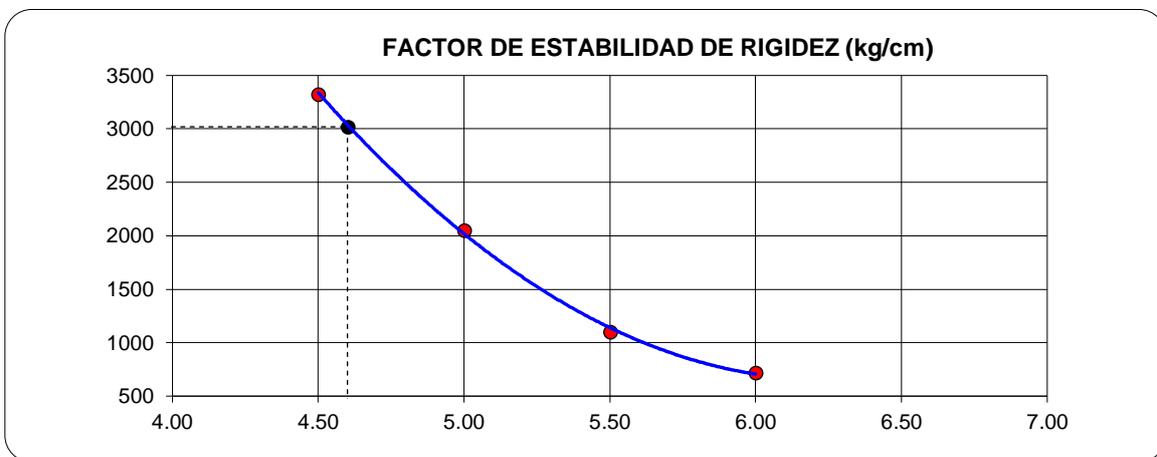


Figura 17. Curva de rigidez de porcentajes utilizados, método Marshall.

4.4. Contrastación de hipótesis

De los resultados obtenidos se puede observar las características de los ensayos de la mezcla patrón y adicionando porcentajes de aceite quemado. En la mezcla patrón el porcentaje óptimo de cemento asfáltico resultó de 5,4 %, al adicionar 1 % de aceite resultó de 5,25 %, al adicionar 3 % y 5 % resultó de 4,6 % de CA, lo que evidencia una disminución del porcentaje de cemento asfáltico, al incrementar el porcentaje de aceite quemado.

Respecto al peso unitario, el peso más alto se obtuvo al adicionar 3 % de aceite quemado con un óptimo de 4,6 % de CA, siendo 2,402 g/cm³; así como un 4,3 % de vacíos, encontrándose dentro del rango aceptable según la norma, lo que implica que no es susceptible a fallas por deformación permanente ni a fallas frágiles; un 12,2 % de vacíos del agregado mineral, encontrándose por debajo del

mínimo aceptable según la norma (14 %), lo que implica que no cuenta con el espesor adecuado a diferencia de la mezcla patrón que si cumple con este parámetro; un 65,0 % de vacíos llenos con cemento asfáltico, encontrándose dentro del rango aceptable, lo que implica que no es susceptible a la formación de roderas. Por lo tanto, al adicionar 3 % de aceite quemado, la mezcla asfáltica presenta mayor durabilidad, pero no cuenta con el espesor adecuado.

Respecto a flujo, la norma establece valores de flujo entre 2 mm y 3,5 mm, obteniéndose al adicionar 3 % de aceite quemado con un óptimo de 4,6 % CA, un valor de 4,1 mm, por lo que no se encuentra dentro del rango aceptable; sin embargo, la mezcla patrón si cumple con lo establecido. Por lo tanto, la mezcla asfáltica con 3 % de aceite es susceptible a deformaciones frente a asentamientos graduales.

Respecto a la estabilidad, la más alta se obtuvo al adicionar el 3 % de aceite quemado con un óptimo de 4,6 % CA, alcanzando una estabilidad de 1 248 kg, cumpliendo con el rango establecido en la norma. Por lo tanto, al añadir 3 % de aceite, la mezcla asfáltica presenta mayor estabilidad, es decir, no es susceptible a deformaciones y desplazamientos.

En cuanto a la rigidez, la más alta se obtuvo al adicionar el 3 % de aceite quemado con un óptimo de 4,6 % CA, alcanzando una rigidez de 3 020 kg/cm, por lo que cumple con los parámetros establecidos en la norma. Por lo tanto, al añadir 3 % de aceite la mezcla asfáltica presenta mayor rigidez o mayor resistencia a la fatiga, es decir, tiene tendencia a la deformación elástica.

En consecuencia, la agregación de aceite quemado vehicular influye de manera favorable en las características mecánicas de la mezcla asfáltica. Debido a que presenta mejoras en su durabilidad, estabilidad y rigidez. Sin embargo, se debe considerar que no cuenta con el espesor adecuado y es susceptible a deformaciones frente a asentamientos graduales.

V. DISCUSIÓN

Respecto al objetivo general, evaluar la influencia de la adición de aceite quemado vehicular en el diseño de mezcla asfáltico para el pavimento flexible. Los resultados obtenidos evidencian que la agregación de aceite quemado vehicular influye de manera favorable en las características mecánicas de la mezcla asfáltica. Los hallazgos son respaldados por Castillo et al. (2021), quien señala que las características de la materia reciclada de la mezcla asfáltica adicionando aceite reciclado de motor están dentro de lo que establece la norma. De igual manera, coincide con Laupa (2021), quien afirma que al añadir aceite usado se obtiene mejoras, siendo más resistente a la fatiga, mayor trabajabilidad y más estable, optimizando las características de la mezcla de asfalto.

Respecto al objetivo específico 1, caracterizar los agregados utilizados para el diseño de mezcla asfáltica, según las especificaciones técnicas EG.2013. Los resultados obtenidos de los ensayos correspondientes evidenciaron que los agregados gruesos utilizados en el diseño de la mezcla cumplen con lo que establece la norma EG.2013 porque la curva granulométrica está dentro de los límites especificados. Resultados que son respaldado por la teoría de Cepeda (2022), quien afirma que para seleccionar apropiadamente los materiales que formarán parte de la mezcla y sus proporciones adecuadas, es necesario conocer las características más relevantes de la mezcla.

Respecto al objetivo específico 2, realizar el diseño de mezcla asfáltica con adiciones de 1 %, 3 % y 5 % de aceite quemado. Se realizó el diseño con los distintos porcentajes de aceite quemado, considerando cuatro muestras con porcentajes de 4,5 %, 5,0 %, 5,5 % y 6,0 % de cemento asfáltico, de los cuales mediante el ensayo Marshall se obtuvo un porcentaje óptimo de 4,6 %. Hallazgos similares obtuvo Raffo (2023), quien encontró un contenido óptimo de asfalto de 5,75 %. Difiere con los resultados obtenidos por Laupa (2021), quien encontró un porcentaje óptimo de asfalto de 6,35 %.

Respecto al objetivo específico 3, definir las características del diseño de la mezcla asfáltica convencional y de las aleaciones asfálticas modificadas con aceite quemado. Los resultados obtenidos evidenciaron que en la muestra patrón y al adicionar el 1 % de aceite quemado de vehículos motorizados, conforme aumenta

el porcentaje de asfalto, aumenta el peso específico; sin embargo, al adicionar el 3 % y 5 % de aceite quemado, conforme aumenta el porcentaje de asfalto, disminuye el peso específico. Además, en la mezcla patrón y al adicionar diferentes porcentajes de aceite quemado, conforme aumenta el porcentaje de cemento asfáltico, disminuye el porcentaje de vacíos. También, en la mezcla patrón y al adicionar diferentes porcentajes de aceite quemado, conforme aumenta el porcentaje cemento asfáltico, aumenta el flujo. Asimismo, se evidenció que alcanza una mayor estabilidad y rigidez con 4,6 % de cemento asfáltico y 3 % de aceite quemado. Hallazgos que son corroborados por Laupa (2021), quien afirma que para la mezcla asfáltica con contenidos de 0 %, 2 %, 4 % y 6 % de aceite usado, se obtiene mejoras frente a mezcla convencional. Resultados similares obtuvo Plasencia y Rodríguez (2022), quienes señalaron que las cantidades 1 % y 2,5 % de aceite quemado no influyen en las características mecánicas y físicas del asfalto porque son muy estables y su flujo es muy bajo frente a la convencional. Esto refuerza a los resultados encontrados, debido a que al añadir por debajo del 3 % de aceite quemado se obtiene estabilidad muy baja.

Respecto al objetivo específico 4, establecer el tanto por ciento de aceite quemado adecuado para la mezcla asfáltica. Los resultados evidenciaron que el porcentaje adecuado de aceite quemado es el 3 %, con un porcentaje óptimo de cemento asfáltico de 4,6 %, obteniéndose un peso unitario de $2,402 \text{ g/cm}^3$, un 4,3 % de vacíos que indica que no es susceptible a fallas por deformación permanente ni a fallas frágiles; un 12,2 % de vacíos del agregado mineral que indica que no cuenta con el espesor adecuado; un 65,0 % de vacíos llenos con cemento asfáltico que indica no es susceptible a la formación de roderas; un flujo de 4,1 mm que indica que es susceptible a deformaciones frente a asentamientos graduales; una estabilidad de 1 248 kg que indica que no es susceptible a deformaciones y desplazamientos; y una rigidez 3 020 kg/cm que indica que es más resistente a la fatiga. Hallazgos que son respaldados por Laupa (2021), quien señala que el contenido óptimo es 4 % de aceite usado debido a que al superar este porcentaje se pierde sus propiedades ligantes. Resultados similares obtuvo Martínez (2021), quien manifiesta que los porcentajes óptimos de las mezclas adicionando 1 % y 2 % de aceite quemado fueron 6,35 % y 6,42 %, respectivamente, satisfaciendo las propiedades de estabilidad, pero el flujo fue elevado. Si bien es cierto que al

adicionar aceite quemado se obtiene mejoras en la estabilidad, el flujo excede ligeramente el límite superior del rango establecido por la norma, por lo que no sería recomendable para vehículos pesados.

VI. CONCLUSIONES

- Se evaluó la influencia de la adición de aceite quemado vehicular en el diseño de mezcla asfáltica para pavimento flexible, obteniéndose que la agregación de aceite quemado vehicular influye de manera favorable en las características mecánicas de la mezcla asfáltica.
- Se caracterizó los agregados gruesos y finos utilizados para el diseño de mezcla asfáltica, así como su dosificación, los ensayos demostraron que solamente los agregados gruesos cumplieron con las especificaciones técnicas establecidas en la norma EG.2013.
- Se realizó el diseño de mezcla asfáltica con adiciones de 1 %, 3 % y 5 % de aceite quemado, considerando cuatro muestras con porcentajes de 4,5 %, 5,0 %, 5,5 % y 6,0 % de cemento asfáltico, de los cuales se obtuvo un porcentaje óptimo de 4,6 %.
- Se definió que en la muestra patrón y al adicionar el 1 % de aceite quemado de vehículos motorizados, conforme aumenta el porcentaje de asfalto, aumenta el peso específico; sin embargo, al adicionar el 3 % y 5 % de aceite quemado, conforme aumenta el porcentaje de asfalto, disminuye el peso específico. Además, en la mezcla patrón y al adicionar diferentes porcentajes de aceite quemado, conforme aumenta el porcentaje de cemento asfáltico, disminuye el porcentaje de vacíos. También, en la mezcla patrón y al adicionar diferentes porcentajes de aceite quemado, conforme aumenta el porcentaje cemento asfáltico, aumenta el flujo. Asimismo, se evidenció que alcanza una mayor estabilidad y rigidez con 4,6 % de cemento asfáltico y 3 % de aceite quemado.
- Se estableció que el porcentaje adecuado de aceite quemado es el 3 %, con un porcentaje óptimo de cemento asfáltico de 4,6 %, obteniéndose mejoras en su durabilidad, estabilidad y rigidez. Sin embargo, se debe considerar que no cuenta con el espesor adecuado y es susceptible a deformaciones frente a asentamientos graduales.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para realizar un diseño de mezcla asfáltica en caliente con adición de aceite quemado se debe ejecutar previamente ensayos de los materiales provenientes de la cantera, para que puedan ser procesados en el laboratorio y verificar si cumplen con los estándares de calidad proporcionados por las normas y guías AASHTO, ASTM y EG-2013, también se debe verificar si los agregados de la cantera están en óptimas condiciones para la elaboración del diseño de mezcla asfáltica.
- Se recomienda elaborar mezcla asfáltica en caliente adicionando el 3 % de aceite quemado de vehículos, ya que se obtiene mejoras en el porcentaje de vacíos, porcentajes de vacíos llenos con cemento asfáltico, estabilidad y rigidez; además contribuye a la reutilización del aceite quemado que es considerado un residuo muy perjudicial para nuestro medio ambiente.
- Se sugiere aplicar la mezcla asfáltica modificada en más de 5 m² y llevar un registro de los cambios que sufren las características de la misma a través del tiempo.

REFERENCIAS

ALVAREZ, Luis y CARRERA, Ever. Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica [En línea]. Tesis de Grado. Universidad Privada Antenor Orrego, Perú, 2017 [Consultado 20 noviembre 2022]. Disponible en:

<https://hdl.handle.net/20.500.12759/3595>

ALBUJA, Rafael, LÓPEZ, Julio, GUILCAPI, Jaime y GUAMÁN, Carlos. Valor energético del aceite usado en sistemas de combustión térmicos de la industria cementera del país. Ciencia digital [En línea]. 2019, vol.3, n.4.2, pp. 100-115. Disponible en:

<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i4.2.1012>

BARRERA, Olga. Análisis situacional del tratamiento de aceites automotrices residuales. Polo del Conocimiento [En línea]. 2019, vol.3, n.7, pp. 172-187. Disponible en:

<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/536/html>

BEHAR, Daniel. Introducción a la Metodología de la Investigación. Colombia: Editorial Shalom, 2018 [Consultado 20 noviembre 2022]. Disponible en:

<http://repositorio.unibague.edu.co:80/jspui/handle/20.500.12313/738>

BEJARANO, Juan y SALGADO, Mario. Análisis de las características físicas de un cemento asfáltico CA 60-70 modificado con policloruro de vinilo (PVC) pulverizado [En línea]. Tesis de Grado. Universidad de Ibagué, Colombia, 2019.

CASTILLO, Stalin, YAMASQUI, Renato y ARECHE, Javier. Comportamiento de las propiedades mecánicas de material reciclado de mezcla asfáltica con aceite de motor. Polo del Conocimiento [En línea]. 2021, vol.6, n.10, pp. 627-648. Disponible en:

<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3228>

CEPEDA, Jorge. Análisis del comportamiento de mezclas asfálticas a fisuración por fatiga mediante la aplicación de un nuevo ensayo dinámico a tracción directa [En

línea]. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya, España, 2002 [Consultado 19 noviembre 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=237522>

CORTEZ, Fiorella. Reología del Betun Asfáltico con Incorporación de Polvo de Neumático en las Propiedades Físico- Químicas de un Ligante Modificado [En línea]. Tesis de Grado. Universidad Peruana Los Andes, Perú, 2022 [Consultado 19 febrero 2023]. Disponible en:

<https://hdl.handle.net/20.500.12848/4505>

DELBONO, Héctor y GULLINO, Nicolás. Ensayo a fatiga, implementando la Semi probeta (SCB), sobre mezclas asfálticas con diferentes modificadores del cemento asfáltico. Ingenio Tecnológico [En línea]. 2020, vol.2, pp. 1-19. Disponible en: <https://ingenio.frlp.utn.edu.ar/index.php/ingenio/article/view/30>

ELIZONDO, Fabián y JIMÉNEZ, Mónica. Método de reducción de muestra para ensayos de laboratorio en mezcla asfáltica en caliente. Métodos y Materiales [En línea]. 2019, vol.4, n.1, pp. 11-16. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/mym.v4i1.21096>

FONG, Waldyr, QUIÑONEZ, Edgar, TEJADA, Candelaria. Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje. Prospectiva [En línea]. 2019 vol.15, n.2, pp. 135-144. Disponible en:

<https://doi.org/10.15665/rp.v15i2.782>

FORERO, Mayra y HERNÁNDEZ, Johan. Diseño Marshall y verificación de adherencia de una mezcla asfáltica MDC-25 con reemplazo parcial de material granular por ceniza de cascarilla de arroz [En línea]. Tesis de Grado. Universidad Católica de Colombia, Colombia, 2020 [Consultado 20 febrero 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10983/24768>

GARCÍA, Alejandro. Influencia de la manipulación del aceite automotriz residual en la contaminación ambiental de la ciudad de Huancayo [En línea]. Tesis Doctoral.

Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú, 2022 [Consultado 10 octubre 2023]. Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12894/8803>

GONZÁLES, María y LUQUILLAS, Karla. Evaluación del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente mejorada con fibra acrílica respecto a la mezcla asfáltica convencional [En línea]. Tesis de Grado. Universidad Ricardo Palma, Perú, 2019 [Consultado 19 noviembre 2023]. Disponible en:

<https://hdl.handle.net/20.500.14138/2818>

GONZALEZ, Duhamel, MELO, Oscar, RODRIGUEZ, Jhon. Comportamiento de mezclas asfálticas con pavimento reciclado y aceite usado de motor como rejuvenecedor [En línea]. Tesis de Grado. Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia, 2019 [Consultado 20 febrero 2023]. Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12494/8329>

GUALÁN, Edgar. Análisis de la generación de aceites vehiculares residuales a través del estudio estadístico en la zona urbana del cantón Riobamba [En línea]. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2019 [Consultado 15 febrero 2023]. Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13583>

HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw Hill, 2018.

ARIAS, José. Técnicas e instrumentos de investigación científica. Perú: Enfoques Consulting EIRL, 2020.

LAUPA, Alexander. Aplicación de aceite usado de vehículos para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica en la Av. Naranjal, Lima 2021 [En línea]. Tesis de Grado. Universidad César Vallejo, Perú, 2021 [Consultado 20 febrero 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/81645>

MANZANAREZ, Lucía. Alternativas de recuperación para los aceites lubricantes usados. EPISTEMUS [En línea]. 2022, vol.16, n.32, pp.79–85. Disponible en: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i32.222>

MARTÍNEZ, Carlos. Efectos de la adición de aceite usado de motor en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente [En línea]. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2021 [Consultado 20 noviembre 2023]. Disponible en:

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33093>

MARÍN, Carlos y THENOUX, Guillermo. Validation of the Polygon-Of-Voids Tool for Asphalt Mixtures with RAP. Revista de la Construcción [En línea]. 2019, vol.13, n.1, pp. 56-63. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2014000100007>

MASSA, Luis, CUSI, Rosalio, CUNEO, Sofía, ALVARO, Mirna, ESCATE, Elizabeth y FLORES, Allan. Revista Ñawparisun [En línea]. 2019, vol.1, n.4, pp. 81-85. Disponible en:

<http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/handle/UNAJ/65>

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013. Tomo-I. R.D. N° 22-2013 – MTC, 2013.

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

MONTEALEGRE, Faver, VARON, Gabriel, RAMOS, Leidy. Impacto del aceite quemado de motor en las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas que contienen pavimento asfáltico recuperado rap [En línea]. Tesis de Grado. Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia, 2018 [Consultado 15 noviembre 2023]. Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12494/6189>

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. AASHTO T 209: Effect of Agitation Equipment Type on Theoretical Maximum Specific Gravity Values. Washington: The National Academies Press, 2022. Disponible en:

<https://doi.org/10.17226/14640>

ORTEGA, Wernher. Aceite de palma para la conservación de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente expuestos a transportes prolongados en climas fríos, Huancayo 2020 [En línea]. Tesis de Grado. Universidad Continental, Perú, 2021 [Consultado 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/9211>

ORTIZ, José, VICTORIA, Carolina, ÁVALOS, Felipe y CASTAÑEDA, Adalí. Modificación de asfalto con elastómeros para su uso en pavimentos. Afinidad [En línea]. 2019, vol.73 n.574, pp. 119-124. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5774159>

PADILLA, Celin, MORENO, Ligia, BUENAÑO, Luis, CUAICAL, Bolívar y BARRERA, Olga. Análisis situacional del tratamiento de aceites automotrices residuales. Polo del Conocimiento [En línea]. 2020, vol.3, n.7, pp. 172-187. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/rt/printerFriendly/536/html>

PILARES, Carlos. Análisis del comportamiento de mezclas asfálticas en caliente con fibras de polipropileno incorporada para condiciones de zonas de altura [En línea]. Tesis de Grado. Universidad San Ignacio de Loyola, Perú, 2018 [Consultado 19 febrero 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14005/8514>

PLASENCIA, Percy y RODRÍGUEZ, Miler. Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando aceite quemado de motor de vehículo, Trujillo [En línea]. Tesis de Grado. Universidad César Vallejo, Perú, 2022 [Consultado 19 noviembre 2023]. Disponible en:

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/97917>

RAFFO, Carlos. Diseño de Mezclas Asfálticas con Aceites Reciclados [En línea]. Tesis de Grado. Universidad Señor de Sipán, Perú, 2023 [Consultado 18 noviembre 2023]. Disponible en:

<https://hdl.handle.net/20.500.12802/11052>

REYES, Fredy, GUÁQUETA, Catalina, PORRAS, Laura, RONDÓN, Hugo. Comportamiento de un cemento asfáltico modificado con un desecho de PVC. Revista Ingenierías Universidad de Medellín [En línea]. 2019, vol.12, n.22, pp. 75-84. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75029150007>

SIVILEVIČIUS, Henrikas, VISLAVIČIUS, Kęstutis y BRAŽIŪNAS, Justas. Technological and economic design of asphalt mixture composition based on optimization methods. Technological and Economic Development of Economy [En línea]. 2019, vol.23, n.4, pp. 627-648. Disponible en:

<https://doi.org/10.3846/20294913.2017.1312631>

TRONCOSO, Pablo. Gestión de la Economía Circular en la producción de mezcla asfáltica en Chile [En línea]. Tesis de Maestría. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Chile, 2018. [Consultado 20 febrero 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/106485>

VARGAS, JOHNCARLOS. *Elaboración Del Plan De Gestión Integral De Aceites Usados (Ne-03), Generados En El Sector Automotriz, Parroquia Ximena, Cantón Guayaquil, Provincia Guayas*. 2022. Tesis Doctoral. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR. Disponible en:

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VARGAS%20GONZ%C3%81LEZ%20JOHNCARLOS.pdf>

VEROPALUMBO, Rosa, VISCIONE, Nunzio y FORMISANO, Anna. Hot mix asphalt with fly ashes for dense-graded surface layers of rural roads. Environmental Impact IV [En línea]. 2019, vol.215, pp. 93-105. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.2495/EID180091>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Anexo 1. 1. Matriz de operacionalización de variables.

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
VARIABLE INDEPENDIENTE Adición de aceite quemado	El aceite reciclado proporcionado por los vehículos motorizados viene a ser aquellos que ya han tenido un uso proporcionado por los diversos trabajos realizado por los vehículos motorizados en distintas labores (García, 2022).	El WEO o aceite quemado de vehículos motorizados son aditivos que abarcan con su reutilización de estos residuos para poder aplicarlos y utilizarlos previa evaluación de sus características.	Porcentajes	1 % de aceite quemado de vehículos motorizados	Intervalo
				3 % de aceite quemado de vehículos motorizados	Intervalo
				5 % de aceite quemado de vehículos motorizados	Intervalo
VARIABLE DEPENDIENTE Mezcla asfáltica	Las aleaciones de mezcla asfáltica, que mayormente están compuestos por una aleación de áridos y una mezcla ligada de hidrocarbonado. Se ubican fijamente o son inestables, se llegan a conducir luego a la obra y allí se expanden y llegan a compactarse completamente. (Kraemer, 2004)	Las propiedades mecánicas y físicas tienen un comportamiento conforme los ensayos de los agregados que se toman para el diseño de mezcla asfáltica.	Caracterización de las muestras	Propiedades y caracterización de los agregados	Razón
			Determinación de las dosificaciones de la mezcla homogénea	Estimación de porcentajes de agregados de cantera (Fino, Grueso y Confitillo) cemento asfáltico y aceite quemado	Razón
			Evaluación del diseño de mezcla requerido	Ensayo Marshall	Razón

Anexo 2. Matriz de consistencia

Anexo 2.1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES			TIPO DE INVESTIGACIÓN	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
		Obj. General	Variables	Dimensiones	Indicadores		
¿Cómo influye la adición de aceite quemado de vehículos en el diseño de mezcla asfáltica para pavimento flexible?	La agregación de aceite quemado vehicular modifica de manera favorable las características mecánicas de la mezcla asfáltica	<p>Obj. General</p> <p>Evaluar la influencia de la adición de aceite quemado vehicular en el diseño de mezcla asfáltica para el pavimento flexible</p>	Adición de aceite quemado (Independiente)	Porcentaje de aceite quemado	<p>1 % de aceite quemado.</p> <p>3 % de aceite quemado.</p> <p>5 % de aceite quemado</p>	Aplicada	Cuasi experimental
		Obj. Específicos	Mezcla asfáltica (V. Dependiente)	Caracterización de las muestras	Propiedades y caracterización de los agregados		
		<p>1. Caracterizar los agregados utilizados para el diseño de mezcla asfáltica según las especificaciones técnicas EG-2013.</p> <p>2. Realizar el diseño de mezcla asfáltica con adiciones de 1 %, 3 % y 5 % de aceite quemado.</p> <p>3. Definir las características del diseño de mezcla asfáltica convencional y de las aleaciones asfálticas modificadas con aceite quemado.</p> <p>4. Establecer el tanto por ciento de aceite quemado de mezcla asfáltica.</p>		<p>Determinación de las dosificaciones de la mezcla homogénea</p> <p>Estimación de porcentajes de agregados de cantera (Fino, Grueso y Confitillo) cemento asfáltico y aceite quemado</p>			
	Evaluación del diseño de mezcla requerido	Ensayo Marshall					

Anexo 3. Validez y confiabilidad de Instrumento de recolección de datos.

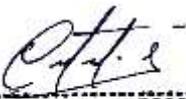
Anexo 3.1. Matriz de evaluación por expertos de: Ficha de observación 1.

Título de la Investigación		Influencia de la Adición de Aceite Quemado de Vehículos en Mezcla Asfáltica para el Diseño del Pavimento Flexible, Chicama.		
Línea de investigación		Diseño de Infraestructura Vial		
Apellidos y nombres del experto		Rubio Calvay Jeremias Marcos		
El instrumento de medición pertenece a la variable		Aceite Quemado Vehicular		
Por medio de la matriz de evaluación de expertos. El experto está en la facultad de evaluar, revisar cada una de las interrogantes presentadas, señalando con una "X" dando así conformidad de SI o NO en cada columna presentada. También está en todo el derecho de corregir algún ítem, dando respuesta en la columna de observaciones o sugerencias pertinentes, para así poder mejorar o corregir la medición de la variable de estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		Si	No	
1	¿Cada uno de los ítems de los instrumentos de medidas se relaciona con los indicadores?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos interactúa con las variables de estudio?	X		
3	¿El instrumento de recolección de datos facilita los alcances de los objetivos dentro de la investigación?	X		
4	¿En el instrumento de recolección de datos menciona la variable a investigar?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con el título de la investigación?	X		
6	¿El instrumento de medida presenta el diseño favorable?	X		
7	¿El instrumento de medición facilita el análisis y procesos de datos en su diseño?	X		
8	¿El instrumento de medida es preciso, claro y sencillo de tal manera que presenten los datos favorables?	X		


 JEREMIAS MARCOS
 RUBIO CALVAY
 Ingeniero Civil
 CIP N° 269533

Anexo 3.2. Matriz de evaluación por expertos de: Ficha de observación 2.

Título de la Investigación		Influencia de la Adición de Aceite Quemado de Vehículos en Mezcla Asfáltica para el Diseño del Pavimento Flexible, Chicama.		
Línea de investigación		Diseño de Infraestructura Vial		
Apellidos y nombres del experto		Rubio Calvay Jeremias Marcos		
El instrumento de medición pertenece a la variable		Mezcla Asfáltica		
Por medio de la matriz de evaluación de expertos. El experto está en la facultad de evaluar, revisar cada una de las interrogantes presentadas, señalando con una "X" dando así conformidad de SI o NO en cada columna presentada. También está en todo el derecho de corregir algún ítem, dando respuesta en la columna de observaciones o sugerencias pertinentes, para así poder mejorar o corregir la medición de la variable de estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		Si	No	
1	¿Cada uno de los ítems de los instrumentos de medidas se relaciona con los indicadores?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos interactúa con las variables de estudio?	X		
3	¿El instrumento de recolección de datos facilita los alcances de los objetivos dentro de la investigación?	X		
4	¿En el instrumento de recolección de datos menciona la variable a investigar?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con el título de la investigación?	X		
6	¿El instrumento de medida presenta el diseño favorable?	X		
7	¿El instrumento de medición facilita el análisis y procesos de datos en su diseño?	X		
8	¿El instrumento de medida es preciso, claro y sencillo de tal manera que presenten los datos favorables?	X		



JEREMIAS MARCOS
RUBIO CALVAY
 Ingeniero Civil
 CIP N° 249533

Anexo 3.3. Matriz de evaluación por expertos de: Ficha de observación 1.

Título de la Investigación		Influencia de la Adición de Aceite Quemado de Vehículos en Mezcla Asfáltica para el Diseño del Pavimento Flexible, Chicama.		
Línea de investigación		Diseño de Infraestructura Vial		
Apellidos y nombres del experto		Carlos Javier Ramírez Muñoz		
El instrumento de medición pertenece a la variable		Aceite Quemado Vehicular		
Por medio de la matriz de evaluación de expertos. El experto está en la facultad de evaluar, revisar cada una de las interrogantes presentadas, señalando con una "X" dando así conformidad de SI o NO en cada columna presentada. También está en todo el derecho de corregir algún ítem, dando respuesta en la columna de observaciones o sugerencias pertinentes, para así poder mejorar o corregir la medición de la variable de estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		Si	No	
1	¿Cada uno de los ítems de los instrumentos de medidas se relaciona con los indicadores?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos interactúa con las variables de estudio?	X		
3	¿El instrumento de recolección de datos facilita los alcances de los objetivos dentro de la investigación?	X		
4	¿En el instrumento de recolección de datos menciona la variable a investigar?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con el título de la investigación?	X		
6	¿El instrumento de medida presenta el diseño favorable?	X		
7	¿El instrumento de medición facilita el análisis y procesos de datos en su diseño?	X		
8	¿El instrumento de medida es preciso, claro y sencillo de tal manera que presenten los datos favorables?	X		


 Carlos Javier Ramírez Muñoz
 INGENIERO CIVIL
 CIP 140574

Anexo 3.4. Matriz de evaluación por expertos de: Ficha de observación 2.

Título de la Investigación		Influencia de la Adición de Aceite Quemado de Vehículos en Mezcla Asfáltica para el Diseño del Pavimento Flexible, Chicama.		
Línea de investigación		Diseño de Infraestructura Vial		
Apellidos y nombres del experto		Carlos Javier Ramírez Muñoz		
El instrumento de medición pertenece a la variable		Mezcla Asfáltica		
<p>Por medio de la matriz de evaluación de expertos. El experto está en la facultad de evaluar, revisar cada una de las interrogantes presentadas, señalando con una "X" dando así conformidad de SI o NO en cada columna presentada. También está en todo el derecho de corregir algún ítem, dando respuesta en la columna de observaciones o sugerencias pertinentes, para así poder mejorar o corregir la medición de la variable de estudio.</p>				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		Si	No	
1	¿Cada uno de los ítems de los instrumentos de medidas se relaciona con los indicadores?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos interactúa con las variables de estudio?	X		
3	¿El instrumento de recolección de datos facilita los alcances de los objetivos dentro de la investigación?	X		
4	¿En el instrumento de recolección de datos menciona la variable a investigar?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con el título de la investigación?	X		
6	¿El instrumento de medida presenta el diseño favorable?	X		
7	¿El instrumento de medición facilita el análisis y procesos de datos en su diseño?	X		
8	¿El instrumento de medida es preciso, claro y sencillo de tal manera que presenten los datos favorables?	X		


 Carlos Javier Ramírez Muñoz
 INGENIERO CIVIL
 CIP 140574

Anexo 4. Caracterización de agregados para diseño de mezcla en caliente

RUC: 20606784334

GRUPO "B&F"
Ingenieros Contratistas E.I.R.L.

**CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS PARA
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
(MÉTODO MARSHALL)**

PROYECTO:
**"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO
VEHICULAR EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA
PAVIMENTO FLEXIBLE, CHICAMA 2023"**

SOLICITANTE:
**ANGULO ANGULO, JHENSIN KENEDDY
LUCANO ZELADA, CRISTIAN OBED**

PROCEDENCIA:
CANTERA LA MILAGROSA

MATERIAL ENSAYADO:
**Grava Chancada de 1/2 in
Grava Chancada de 4.75 mm.
Arena Gruesa y Fina**

UBICACIÓN:
Distrito de Chicama – Provincia Ascope – Departamento de La Libertad

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN
CIENCIA DE MATERIALES**

OCTUBRE DE 2023


GRUPO B&F INGENIEROS
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES
ING. CESAR HERCULEO OLIVARES DIAZ
REG. C.P. N° 193239

📍 Calle Tumbes N° 54 - Laredo - Trujillo
☎ 918 497 046 📞 967 198 515
📘 GRUPO B&F Ingenieros Contratistas
📧 grupobyfingenieros
📧 grupobfingenieros@gmail.com

Anexo 5. Contenido de Humedad de Agregado Grueso

RUC: 20606784334



GRUPO B&F
INGENIERIA - CONSTRUCCION
CIENCIA DE MATERIALES

Codigo	GBF-DCM-C18T	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES
Version	01	CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DE AGREGADOS
Fecha	16 / 10 / 2023	ASTM C566 - 19
Fecha	1 de 10	

PROYECTO	INFLUENCIA DE LA ADICION DE ACEITE QUEMADO VEHICULAR EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE CHICAMA 2007.	
SOLICITANTE	ANGULO ANGLUO, JHENSIN KENEDY - LUCIANO ZELADA, CRISTIAN OBED	
UBICACION	DISTRITO DE CHICAMA, PROVINCIA DE ASOOPE - LA LIBERTAD	
FECHA	OCTUBRE DE 2023	

TIPO DE MATERIAL	AGREGADOS PARA MARSHALL	MATERIAL	Agregado Grueso (Grava Chancada de 10 a 19)	(AG)
		ENSAYADO:	Agregado Fino (Arena Gruesa)	(AF)

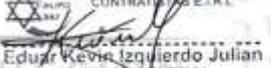
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO / AG-01 / PIEDRA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	M-1	M-2
1	Masa del Recipiente	g	134.7	136.9
2	Masa del Recipiente + muestra humeda	g	3,833.3	3,846.3
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	3,817.2	3,524.7
4	Contenido de Humedad	%	0.51	0.49
5	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%	0.50	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO / AF-01 / ARENA GRUESA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	M-1	M-2
1	Masa del Recipiente	g	45.4	47.1
2	Masa del Recipiente + muestra humeda	g	545.6	524.3
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	542.3	520.9
4	Contenido de Humedad	%	0.60	0.60
5	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%	0.7	

OBSERVACIONES:
- Muestra almacenada e identificada por el analista.
- Permitida la reposición total o parcial de todo documento de la subevaluación hecha del DCM de GRUPO B&F INGENIEROS CONTRATISTAS E.I.R.L.

GRUPO B&F INGENIEROS		
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 ING. SEGUNDO ALBERTO PAZ ZAVALA <small>RUC: CUI. N° 377099</small> <small>Asistente DCM</small>	 ING. CESAR MARCEÑO OLIVARES DIAZ <small>REG. INP. N° 190033</small> <small>Jefe de DCM</small>	 Eduar Kevin Izquierdo Julian <small>INGENIERO GENERAL</small> <small>Gerencia</small>

 Calle Tumbes N° 54 - Laredo - Trujillo
 918 497 046  967 198 515
 GRUPO B&F Ingenieros Contratistas
 grupobyfingenieros
 grupobfingenieros@gmail.com

Anexo 6. Contenido de Humedad de Agregado Fino

RUC: 20606784334



Codigo		DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES
Versión	01	CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DE AGREGADOS ASTM C566 - 10
Fecha	18/10/2023	
Página	2 de 11	

PROYECTO	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO VEHICULAR EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE, CHICAMA 2027"	
SOlicitante	ANGULO ANGULO, JHENSIN KENNEDY - LUCIANO ZELADA, CRISTIAN OROZ	
UBICACIÓN	DISTRITO DE CHICAMA, PROVINCIA DE AZUAYO - LA LIBERTAD	
FECHA	OCTUBRE DEL 2023	

TIPO DE MATERIAL	AGREGADOS PARA MARSHALL	MATERIAL ENSAYADO	Agregado Grueso (Confito No 4)	(AF)
			Agregado Fino (Arena Fina)	(AF)

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO / AG-02 / CONFITILLO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	M-1	M-2
1	Masa del Recipiente	g	130.3	132.4
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	3,843.0	3,537.4
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	3,638.9	3,527.3
4	Contenido de Humedad	%	0.46	0.46
5	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%	0.47	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO / AF-02 / ARENA FINA

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	M-1	M-2
1	Masa del Recipiente	g	45.3	40.2
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	545.9	512.3
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	543.7	510.4
4	Contenido de Humedad	%	0.39	0.40
5	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%	0.39	

OBSERVACIONES:
 * Muestras marcadas e identificadas por el solicitante.
 ** Prohíbe la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización expresa del DCM de GRUPO B&F INGENIEROS CONTRATISTAS S.R.L.

GRUPO B&F INGENIEROS		
Elaborado por:  ING. SEGUNDO ALBERTO PAZ ZAVALETA RUC: C. D. N.° 277010	Revisado por:  ING. CESAR MARCELLO OLIVARES DIAZ RUC: C. D. N.° 189233	Aprobado por:  Eduar Kevin Izquierdo Julian GERENTE GENERAL
Asistente DCM	Jefe de DCM	Gerencia

**INGENIERIA - CONSTRUCCION
CIENCIA DE MATERIALES**

📍 Calle Tumbes N° 54 - Laredo - Trujillo
 ☎ 918 497 046 📞 967 198 515
 📌 GRUPO B&F Ingenieros Contratistas
 📧 grupobyfingenieros
 ✉ grupobfingenieros@gmail.com

Anexo 7. Análisis Granulométrico de Agregado Grueso

RUC: 20606784334



GRUPO B&F
INGENIERIA - CONSTRUCCION
CIENCIA DE MATERIALES

Codigo	GBF-DCM-0107	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES
Version	01	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS ASTM C136
Fecha	16/10/2023	
Página	3 de 10	

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE GUSMADO VEHICULAR EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE, CHICAMA 2022.

SOLICITANTE: ANGULO ANGULO, BRENNER KENNEDY - LUCIANO ZELAZO, CRISTIAN OROCO

UBICACION: DISTRITO DE CHICAMA, PROVINCIA DE AICOPE - LA LIBERTAD

FECHA: OCTUBRE DE 2023

TIPO DE MATERIAL: Agregado Grueso (Grano Chomoso No. 10) (AG) **CÓDIGO DE MATERIAL:** AG01 (PEORA)

Masa Seca Inicial: 3462.57 g
Masa Seca Lavada: 3470.50 g

AGREGADO GRUESO ASTM C136/C131M - 10 - HUSO # 30

ABERTURA DE TÁMIZES Módulo de 4" de diámetro		Σ Masa Retenida	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	ESPECIFICACION	
Número	mm					Mínimo	Máximo
80	190.00 mm				100.00	100.00	100.00
10	4.75 mm				100.00	100.00	100.00
20	7.50 mm				100.00	100.00	100.00
30	25.00 mm				100.00	100.00	100.00
40	37.50 mm				100.00	100.00	100.00
60	75.00 mm				100.00	100.00	100.00
80	100.00 mm				100.00	100.00	100.00
100	150.00 mm				100.00	100.00	100.00
150	250.00 mm				100.00	100.00	100.00
200	300.00 mm				100.00	100.00	100.00
250	375.00 mm				100.00	100.00	100.00
300	425.00 mm				100.00	100.00	100.00
350	475.00 mm				100.00	100.00	100.00
400	500.00 mm				100.00	100.00	100.00
450	525.00 mm				100.00	100.00	100.00
500	550.00 mm				100.00	100.00	100.00
550	575.00 mm				100.00	100.00	100.00
600	600.00 mm				100.00	100.00	100.00
650	625.00 mm				100.00	100.00	100.00
700	650.00 mm				100.00	100.00	100.00
750	675.00 mm				100.00	100.00	100.00
800	700.00 mm				100.00	100.00	100.00
850	725.00 mm				100.00	100.00	100.00
900	750.00 mm				100.00	100.00	100.00
950	775.00 mm				100.00	100.00	100.00
1000	800.00 mm				100.00	100.00	100.00
1050	825.00 mm				100.00	100.00	100.00
1100	850.00 mm				100.00	100.00	100.00
1150	875.00 mm				100.00	100.00	100.00
1200	900.00 mm				100.00	100.00	100.00
1250	925.00 mm				100.00	100.00	100.00
1300	950.00 mm				100.00	100.00	100.00
1350	975.00 mm				100.00	100.00	100.00
1400	1000.00 mm				100.00	100.00	100.00
1450	1025.00 mm				100.00	100.00	100.00
1500	1050.00 mm				100.00	100.00	100.00
1550	1075.00 mm				100.00	100.00	100.00
1600	1100.00 mm				100.00	100.00	100.00
1650	1125.00 mm				100.00	100.00	100.00
1700	1150.00 mm				100.00	100.00	100.00
1750	1175.00 mm				100.00	100.00	100.00
1800	1200.00 mm				100.00	100.00	100.00
1850	1225.00 mm				100.00	100.00	100.00
1900	1250.00 mm				100.00	100.00	100.00
1950	1275.00 mm				100.00	100.00	100.00
2000	1300.00 mm				100.00	100.00	100.00
2050	1325.00 mm				100.00	100.00	100.00
2100	1350.00 mm				100.00	100.00	100.00
2150	1375.00 mm				100.00	100.00	100.00
2200	1400.00 mm				100.00	100.00	100.00
2250	1425.00 mm				100.00	100.00	100.00
2300	1450.00 mm				100.00	100.00	100.00
2350	1475.00 mm				100.00	100.00	100.00
2400	1500.00 mm				100.00	100.00	100.00
2450	1525.00 mm				100.00	100.00	100.00
2500	1550.00 mm				100.00	100.00	100.00
2550	1575.00 mm				100.00	100.00	100.00
2600	1600.00 mm				100.00	100.00	100.00
2650	1625.00 mm				100.00	100.00	100.00
2700	1650.00 mm				100.00	100.00	100.00
2750	1675.00 mm				100.00	100.00	100.00
2800	1700.00 mm				100.00	100.00	100.00
2850	1725.00 mm				100.00	100.00	100.00
2900	1750.00 mm				100.00	100.00	100.00
2950	1775.00 mm				100.00	100.00	100.00
3000	1800.00 mm				100.00	100.00	100.00
3050	1825.00 mm				100.00	100.00	100.00
3100	1850.00 mm				100.00	100.00	100.00
3150	1875.00 mm				100.00	100.00	100.00
3200	1900.00 mm				100.00	100.00	100.00
3250	1925.00 mm				100.00	100.00	100.00
3300	1950.00 mm				100.00	100.00	100.00
3350	1975.00 mm				100.00	100.00	100.00
3400	2000.00 mm				100.00	100.00	100.00
3450	2025.00 mm				100.00	100.00	100.00
3500	2050.00 mm				100.00	100.00	100.00
3550	2075.00 mm				100.00	100.00	100.00
3600	2100.00 mm				100.00	100.00	100.00
3650	2125.00 mm				100.00	100.00	100.00
3700	2150.00 mm				100.00	100.00	100.00
3750	2175.00 mm				100.00	100.00	100.00
3800	2200.00 mm				100.00	100.00	100.00
3850	2225.00 mm				100.00	100.00	100.00
3900	2250.00 mm				100.00	100.00	100.00
3950	2275.00 mm				100.00	100.00	100.00
4000	2300.00 mm				100.00	100.00	100.00
4050	2325.00 mm				100.00	100.00	100.00
4100	2350.00 mm				100.00	100.00	100.00
4150	2375.00 mm				100.00	100.00	100.00
4200	2400.00 mm				100.00	100.00	100.00
4250	2425.00 mm				100.00	100.00	100.00
4300	2450.00 mm				100.00	100.00	100.00
4350	2475.00 mm				100.00	100.00	100.00
4400	2500.00 mm				100.00	100.00	100.00
4450	2525.00 mm				100.00	100.00	100.00
4500	2550.00 mm				100.00	100.00	100.00
4550	2575.00 mm				100.00	100.00	100.00
4600	2600.00 mm				100.00	100.00	100.00
4650	2625.00 mm				100.00	100.00	100.00
4700	2650.00 mm				100.00	100.00	100.00
4750	2675.00 mm				100.00	100.00	100.00
4800	2700.00 mm				100.00	100.00	100.00
4850	2725.00 mm				100.00	100.00	100.00
4900	2750.00 mm				100.00	100.00	100.00
4950	2775.00 mm				100.00	100.00	100.00
5000	2800.00 mm				100.00	100.00	100.00
5050	2825.00 mm				100.00	100.00	100.00
5100	2850.00 mm				100.00	100.00	100.00
5150	2875.00 mm				100.00	100.00	100.00
5200	2900.00 mm				100.00	100.00	100.00
5250	2925.00 mm				100.00	100.00	100.00
5300	2950.00 mm				100.00	100.00	100.00
5350	2975.00 mm				100.00	100.00	100.00
5400	3000.00 mm				100.00	100.00	100.00
5450	3025.00 mm				100.00	100.00	100.00
5500	3050.00 mm				100.00	100.00	100.00
5550	3075.00 mm				100.00	100.00	100.00
5600	3100.00 mm				100.00	100.00	100.00
5650	3125.00 mm				100.00	100.00	100.00
5700	3150.00 mm				100.00	100.00	100.00
5750	3175.00 mm				100.00	100.00	100.00
5800	3200.00 mm				100.00	100.00	100.00
5850	3225.00 mm				100.00	100.00	100.00
5900	3250.00 mm				100.00	100.00	100.00
5950	3275.00 mm				100.00	100.00	100.00
6000	3300.00 mm				100.00	100.00	100.00
6050	3325.00 mm				100.00	100.00	100.00
6100	3350.00 mm				100.00	100.00	100.00
6150	3375.00 mm				100.00	100.00	100.00
6200	3400.00 mm				100.00	100.00	100.00
6250	3425.00 mm				100.00	100.00	100.00
6300	3450.00 mm				100.00	100.00	100.00
6350	3475.00 mm				100.00	100.00	100.00
6400	3500.00 mm				100.00	100.00	100.00
6450	3525.00 mm				100.00	100.00	100.00
6500	3550.00 mm				100.00	100.00	100.00
6550	3575.00 mm				100.00	100.00	100.00
6600	3600.00 mm				100.00	100.00	100.00
6650	3625.00 mm				100.00	100.00	100.00
6700	3650.00 mm				100.00	100.00	100.00
6750	3675.00 mm				100.00	100.00	100.00
6800	3700.00 mm				100.00	100.00	100.00
6850	3725.00 mm				100.00	100.00	100.00
6900	3750.00 mm				100.00	100.00	100.00
6950	3775.00 mm				100.00	100.00	100.00
7000	3800.00 mm				100.00	100.00	100.00
7050	3825.00 mm				100.00	100.00	100.00
7100	3850.00 mm				100.00	100.00	100.00
7150	3875.00 mm				100.00	100.00	100.00
7200	3900.00 mm				100.00	100.00	100.00
7250	3925.00 mm				100.00	100.00	100.00
7300	3950.00 mm				100.00	100.00	100.00
7350	3975.00 mm				100.00	100.00	100.00
7400	4000.00 mm				100.00	100.00	100.00
7450	4025.00 mm				100.00	100.00	100.00
7500	4050.00 mm				100.00	100.00	100.00
7550	4075.00 mm				100.00	100.00	100.00
7600	4100.00 mm				100.00	100.00	100.00
7650	4125.00 mm				100.00	100.00	100

Anexo 8. Análisis Granulométrico de Agregado Confitillo

RUC: 20606784334



Código	B&F - DCB - DMF	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES
Versión	01	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS ASTM C136
Fecha	16/10/2023	
Página	4 de 10	

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE AZETE QUEMADO VEHICULAR EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE, CHICAMA 2027

SOLICITANTE: ANGELO ANGLIO, INGENIERO - LUDIANO ZEUNDA, CRISTIAN OBED

UBICACIÓN: DISTRITO DE CHICAMA, PROVINCIA DE AScope - LA LIBERTAD

FECHA: OCTUBRE DE 2023

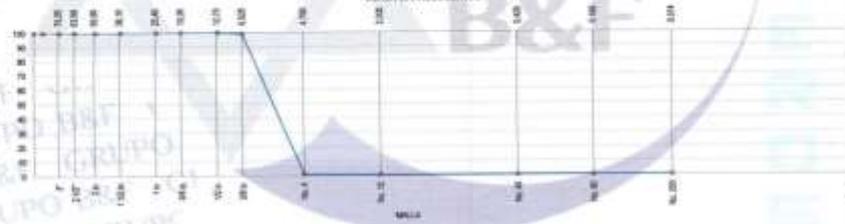
TIPO DE MATERIAL: Agregado Chetivi (Carilla No.4) (AG) **CÓDIGO DE MATERIAL:** AG-02 (CONFITILLO)

Masa Seca Inicial: 3452 g

Masa Seca Lavada: 3473 g

ABERTURA DE TAMESES		Masa Retenida	% Ponderal Retenido	% Acumulado Pasado	% Acumulado que Pasa	ESPECIFICACION	
Medida	mm					Mínimo	Máximo
4 in	100.00 mm				100.00		
3 1/2 in	90.00 mm				100.00		
3 in	75.00 mm				100.00		
2 1/2 in	63.00 mm				100.00		
2 in	50.00 mm				100.00		
1 1/2 in	37.50 mm				100.00		
1 in	25.00 mm				100.00		
3/4 in	19.00 mm				100.00		
15/16 in	12.50 mm				100.00		
3/8 in	9.50 mm	31.00	0.90	6.90	93.10	30.00	
No. 4	4.75 mm	34.50	9.85	30.34	69.66	5.00	
No. 10	2.00 mm	17.00	4.93	26.43	73.57	2.50	
No. 40	425 µm	4.00	1.15	25.28	74.72	0.60	
No. 60	250 µm	3.00	0.87	24.31	75.69	0.40	
No. 200	75 µm	2.70	0.78	23.63	76.37	0.30	
< No. 200	< No. 200	0.30	0.08	0.00	99.00	0.30	

CURVA GRANULOMÉTRICA



RECOMENDACIONES:
 Muestra almacenada e identificada por el estándar.
 Prohibido la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización escrita del DCM de GRUPO B&F INGENIEROS CONTRATISTAS E.I.R.L.

<p>GRUPO B&F INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES</p> <p>Elaborado por: ING. SEGUNDO ALBERTO PAZ ZAVALA REG. CIP. N° 277039</p> <p>Aliquisita DCM</p>	<p>GRUPO B&F INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES</p> <p>Revisado por: ING. CESAR MARCELO OLIVARES DIAZ REG. CIP. N° 133233</p> <p>Jefe de DCM</p>	<p>GRUPO B&F INGENIEROS CONTRATISTAS E.I.R.L.</p> <p>Aprobado por: Eduar Kevin Tacuero Julian</p> <p>Gerente</p>
---	--	--

📍 Calle Tumbes N° 54 - Laredo - Trujillo
 ☎ 918 497 046 📞 967 198 515
 🏢 GRUPO B&F Ingenieros Contratistas
 📧 grupobyingenieros
 ✉ grupobfingenieros@gmail.com

Anexo 9. Análisis de Granulometría de Agregado Fino

RUC: 20606784334

DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

ASTM C136

Código	GGF-DCM-0107	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES	
Versión	01	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS	
Fecha	18/10/2023	ASTM C136	
Página	0 de 01		

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO VEHICULAR EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE. CHICAMA 2022.

DOCENTE: ANGELO AMOLA (I. JERÓNIMO KENNEDY) - LUCIANO ZELADA, CRISTIAN ORELI

UBICACIÓN: DISTRITO DE CHICAMA, PROVINCIA DE AScope - LA Libertad

FECHA: OCTUBRE DE 2023

TIPO DE MATERIAL: Agregado Fino (Arena Gruesa) (AF)

Masa Seca Inicial: 887 g

Masa Seca Lavada: 450 g

CODIGO DE MATERIAL: AF-01 (ARENA GRUESA)

Malla	AGREGADO FINO ASTM C333333 - 18		ARENA GRUESA		ASTM "LM 10P"	ASTM "LM 50P"
	Peso Retenido g	% Ponderal Retenido	Peso Retenido g	% Acumulado Retenido		
4"	300.00 mm					
3 1/2"	90.00 mm					
3"	75.00 mm					
2 1/2"	63.00 mm					
2"	50.00 mm					
1 1/2"	37.50 mm					
1"	25.00 mm					
3/4"	18.00 mm					
1/2"	12.50 mm					
3/8"	9.50 mm				100.00	
# 4	4.75 mm		0.00	0.00	100.00	
# 10	2.00 mm	81.20	19.17	19.17	80.83	
# 40	825 µm	136.50	30.47	49.64	50.37	
# 60	250 µm	148.00	33.97	83.61	26.37	
# 80	180 µm	46.20	17.36	90.96	9.01	
# 200	75 µm	1.10	0.01	100.00	0.99	
Fondo						

CURVA GRANULOMÉTRICA

CONSIDERACIONES:

- Muestra representativa e identificada por el laboratorio.

- Procedió la representación del peso de cada fracción de acuerdo con la especificación establecida por el DCM de GRUPO B&F INGENIEROS CONTRATISTAS S.R.L.

GRUPO B&F INGENIEROS		
<p>Elaborado por:</p> <p>GRUPO B&F INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES</p> <p><i>[Signature]</i></p> <p>ING. SEGUNDO ALBERTO PAZ ZAVALA REG. CIP. N° 277079</p> <p>Asesoría DCM</p>	<p>Revisado por:</p> <p>GRUPO B&F INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES</p> <p><i>[Signature]</i></p> <p>ING. CESAR MARCELO OLIVARES DIAZ REG. CIP. N° 193320</p> <p>Revisión DCM</p>	<p>Aprobado por:</p> <p>GRUPO B&F INGENIEROS CONTRATISTAS S.R.L.</p> <p><i>[Signature]</i></p> <p>Eduar Kevin Izquierdo Julian</p> <p>Gerencia</p>

📍 Calle Tumbes N° 54 - Laredo - Trujillo

☎ 918 497 046 📞 967 198 515

🏢 GRUPO B&F Ingenieros Contratistas

✉ grupobyingenieros

✉ grupobingenieros@gmail.com

Anexo 10. Análisis Granulométrico de Agregado Arena Fina

RUC: 20606784334



GRUPO B&F
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
CIENCIA DE MATERIALES

Codigo	BBF-DCM-0107	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES
Version	01	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS ASTM C136
Fecha	16/10/2023	
Page	6 de 16	

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE AGOTE QUEMADO VEHICULAR EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE, CHOMA 2022.

SOLICITANTE: ANGEL D. ANGLLO, ANDRÉS KENNEDY, LUDWIG ZELADA, CRISTIAN ORTIZ

UBICACIÓN: DISTRITO DE CHICAMA, PROVINCIA DE ACOCHO - LA LIBERTAD

FECHA: OCTUBRE DE 2023

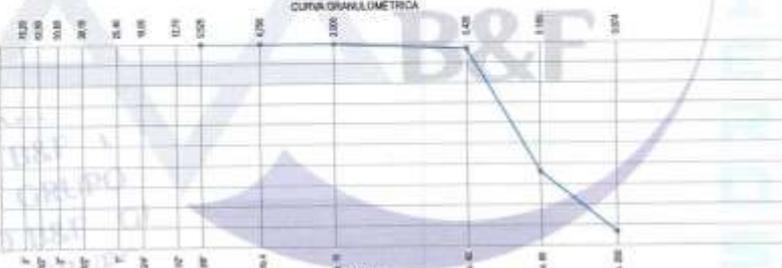
TIPO DE MATERIAL: Agregado Fino (Arena Fina) (AF) **CÓDIGO DE MATERIAL:** AF-10 (ARENA FINA)

Masa Seca Usada: 438.7 g

Masa Seca Lavada: 438.3 g

Malla	AGREGADO FINO ASTM C336 - 18		ARENA GRISEA		ASTM "UM INF"	ASTM "UM SUP"
	Peso Retenido g	% Ponderal Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa		
4"	930.00 mm					
3 1/2"	90.00 mm					
3"	75.00 mm					
2 1/2"	63.00 mm					
2"	50.00 mm					
1 1/2"	37.50 mm					
1"	25.00 mm					
3/4"	19.00 mm					
1/2"	12.50 mm					
3/8"	9.50 mm					100.00
#4	4.75 mm	1.15	0.00	0.00	100.00	99.78
#10	2.00 mm	13.36	0.22	0.22	100.00	99.71
#40	425 µm	303.80	7.07	2.36	100.00	98.39
#60	250 µm	147.32	26.53	35.57	100.00	98.83
#200	75 µm	1.26	0.03	100.00	100.00	0.00
Fondo						

CURVA GRANULOMÉTRICA



CONCLUSIONES:

Muestra clasificada a continuación por su contenido:

Presenta la composición del agregado de arena fina de acuerdo con la especificación establecida por el DCM de GRUPO B&F INGENIEROS CONTRATISTAS S.R.L.

Elaborado por:

GRUPO B&F INGENIEROS
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES

ING. SEBASTIÁN ALBERTO PAZ ZAVALA
REG. CIP. N° 277029

Asistente PCM

Revisado por:

GRUPO B&F INGENIEROS
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES

ING. CESAR WALTER DOLIVARES DIAZ
Jefe de DCM REG. CIP. N° 193239

Aprobado por:

GRUPO B&F INGENIEROS
CONTRATISTA S.R.L.

Eduar Kevin Izquierdo Julian
GERENTE GENERAL

Gerente

📍 Calle Tumbes N° 54 - Laredo - Trujillo

☎ 918 497 046 📞 967 198 515

🏢 GRUPO B&F Ingenieros Contratistas

🌐 grupobyingenieros

✉ grupobfingenieros@gmail.com

Anexo 11. Método de Prueba Estándar – Densidad Relativa y Absorción- Agregado Fino

RUC: 20606784334



GRUPO B&F
INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN
CIENCIA DE MATERIALES

Codigo	GBF-DCM-E107	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES
Version	01	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO ASTM C128 - 13
Fecha	18/10/2023	
Página	9 de 10	

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMACO VEHICULAR EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE, CHICAMA 2023".

SOLICITANTE: ANGULO ANGULO, JHENSIN KENNEDY - LUCIANO ZELADA, CRISTIAN ORED

UBICACIÓN: DISTRITO DE CHICAMA, PROVINCIA DE ASCOPE - LA LIBERTAD

PSOMA: OCTUBRE DE 2023

TIPO DE MATERIAL: Agregado Fino (Arena Fina) (AF) **COGIGO DE MATERIAL:** AF-02 (ARENA FINA)

ITEM	DATOS DE ENSAYO / N° DE PRUEBA		1	2
A	Masa sacada al horno (G)	(g)	406.0	407.8
B	Maso de picnómetro con agua hasta la marca	(g)	959.2	959.3
C	Masa de picnómetro con agua + muestra (g)	(g)	980.5	982.3
D	Masa saturada con superficie seca (SS)	(g)	500.0	500.0

RESULTADOS		1	2
Densidad Relativa (Gravedad específica) (GD)		2.83	2.83
Densidad Relativa (Gravedad específica) (SD)		2.854	2.856
Densidad Relativa aparente (Gravedad específica)		2.69	2.69
% Absorción		0.81	0.84

MÉTODO DE PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Secado al horno

Desde su Humedad Natural

OBSERVACIONES:
Muestras etiquetadas e identificadas por el evaluador.
Fidelidad de reproducción total o parcial de este documento por la administración científica DCM de GRUPO B&F INGENIEROS CONTRATISTAS E.I.R.L.

GRUPO B&F INGENIEROS		
Elaborado por: GRUPO B&F INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES ING. SEGUNDO ALBERTO PAZ ZAVALA REG. CIP: N° 277039 Asistente DCM	Revisado por: GRUPO B&F INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES ING. CESAR MARCELO SOLVARES DIAZ Jefe de DCM REG. CIP N° 192239	Aprobado por: GRUPO B&F INGENIEROS CONTRATISTAS E.I.R.L. Eduar Avin Izquierdo Julian GERENTE GENERAL Gerente

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN

CIENCIA DE MATERIALES

📍 Calle Tumbes N° 54 - Laredo - Trujillo

☎ 918 497 046 📠 967 198 515

👤 GRUPO B&F Ingenieros Contratistas

🌐 grupobyingenieros

✉ grupobfingenieros@gmail.com

Anexo 12. Método de Prueba Estándar – Densidad Relativa y Absorción- Agregado Grueso (Piedra chancada)

RUC: 20606784334



GRUPO B&F
INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN
CIENCIA DE MATERIALES

Codigo	B&F - DCM - E187	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES
Versión	01	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO
Fecha	18 / 10 / 2023	ASTM C127 - 15
Página	8 de 10	

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO VEHICULAR EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASPÁLTICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE, CHICAMA 2023".

SOLICITANTE: ANICULO ANGULO, JHENSIN KENNEDY - LUCIANO ZELADA, CRISTIAN OBED

UBICACIÓN: DISTRITO DE CHICAMA, PROVINCIA DE ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA: OCTUBRE DE 2023

TIPO DE MATERIAL: Agregado Grueso (Grano Chancado de 1/2") (AG) **MATERIAL ENSAYADO:** AG-01 (PEDRA)

ITEM	DATOS / N° DE PRUEBA	1	2
A	Masa de la muestra seca en el horno (g)	2,479.3	2,479.8
B	Masa de la muestra al aire SSD (g)	2,587.1	2,508.8
C	Masa de la muestra sumergida (g)	1,576.0	1,575.0

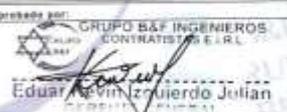
RESULTADOS	1	2
Densidad Relativa (Gravedad específica CD)	2.665	2.668
Densidad Relativa (Gravedad específica SSD)	3.896	2.699
Densidad Relativa Aparente (Gravedad específica)	2.757	2.755
Absorción (%)	1.25	1.21

MÉTODO DE PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Secado al horno

Desde su Humedad Natural

OBSERVACIONES:
Muestras almacenadas e identificadas por el solicitante.
Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización escrita por DCM de GRUPO B&F INGENIEROS CONTRATISTAS S.R.L.

GRUPO B&F INGENIEROS		
Elaborado por:  ING. SEGUNDO ALBERTO PAZ ZAVALETA REG. CIP: N° 277039	Revisado por:  ING. CESAR MARCELO OLIVARES DIAZ REG. CIP: N° 193739	Aprobado por:  Eduard Avim�niz Quiroga Julian PRESIDENTE
Asistente DCM	Jefe de DCM	Bérenzica

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN

CIENCIA DE MATERIALES

📍 Calle Tumbes N° 54 - Laredo - Trujillo

☎ 918 497 040 📞 967 198 515

🌐 GRUPO B&F Ingenieros Contratistas

✉ grupobyfingenieros

✉ grupobfingenieros@gmail.com

Anexo 13. Método de Prueba Estándar – Densidad Relativa y Absorción- Agregado Grueso (Confitillo).

RUC: 20606784334



GRUPO B&F
INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN
CIENCIA DE MATERIALES

Codigo:	OSF - DCM - E107	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES
Version:	01	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO
Fecha:	18/10/2023	ASTM C127 - 15
Página:	10 de 38	

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO VEICULAR EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE, CHICAMA 2023.
 SOLICITANTE: ANGELO ANGULO, JHONN ENEEDDY - LUCIANO ZELADA, CRISTIAN OSER
 UBICACIÓN: DISTRITO DE CHICAMA, PROVINCIA DE ASICOPE - LA LIBERTAD
 FECHA: OCTUBRE DE 2023

TIPO DE MATERIAL: Agregado Grueso (Confitillo No.4) (K02) MATERIAL EMPAYADO: - AG-02 (CONFITILLO)

DATOS / N° DE PRUEBA		1	2
A	Masa de la muestra seca en el horno	2,461.1	2,467.7
B	Masa de la muestra al aire seco	2,506.1	2,467.1
C	Masa de la muestra sumergida	1,967.0	1,965.2

RESULTADOS		1	2
Densidad Realiva (Densidad específica G _s)		2.623	2.627
Densidad Realiva (Densidad específica G _m)		2.610	2.619
Densidad Relativa Aparente (Densidad específica)		2.763	2.753
Absorción (%)		1.79	1.00

MÉTODO DE PREPARACIÓN DE LA MUESTRA
 Desde el horno
 Desde su Humedad Natural

REVISIONES:
 Modificar, eliminar o clasificarlos por el autor.
 Disponible la reproducción total o parcial de este documento, sin la autorización escrita del OGC de GRUPO B&F INGENIEROS CONTRATISTAS S.R.L.

GRUPO B&F INGENIEROS		
Elaborado por:  GRUPO "B&F" INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES ING. SEBASTIÁN ALBERTO PAZ ZAVALA REG. CIP. N° 277039 Asistente DCM	Revisado por:  GRUPO "B&F" INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES ING. CESAR MARTINEZ OLIVARES DIAZ Jefe de DCM CIP. N° 195719	Aprobado por:  GRUPO B&F INGENIEROS CONTRATISTAS S.R.L. Eduar. Arvan Izquierdo Julian Gerente

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN
CIENCIA DE MATERIALES

☎ Calle Tumbes N° 54 - Laredo - Trujillo
 ☎ 918 497 040 ☎ 967 198 515
 📍 GRUPO B&F Ingenieros Contratistas
 📧 grupobyfingenieros@gmail.com
 📧 grupobfingenieros@gmail.com

Anexo 14. Ensayo Marshall - Mezcla patrón

RUC: 20606784334



GRUPO B&F
INGENIERIA - CONSTRUCCION
CIENCIA DE MATERIALES

Codigo	GBF - DCM - E152	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES
Version	01	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL ASTM D1559
Fecha	04 / 11 / 2023	
Página	11 de 11	

PROYECTO	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO VEHICULAR EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE, CHICAMA 2023.
SOLICITANTE	ANGULO ANGULO, JHERSIN KENNEDY - LUCIANO ZELADA, CRISTIAN OBED
UBICACIÓN	DISTRITO DE CHICAMA, PROVINCIA DE ASCORE - LA LIBERTAD
FECHA	NOVIEMBRE DE 2023

RESUMEN RESULTADOS OBTENIDOS TESIS MAC / PATRÓN

Pb	Gas	Ges	Gmm	Gmb	Va	VMA	VFA	Fba	Fbe	Flujo	Estabilidad
4.50	2.008	2.685	2.601	2.314	7.19	15.25	52.05	1.13	3.42	1.81	610
5.00		2.673	2.472	2.336	5.15	14.90	54.77	0.95	4.00	2.67	905
5.50		2.657	2.441	2.340	4.29	15.40	72.04	0.73	4.81	3.45	1037
6.00		2.644	2.413	2.347	2.54	15.35	83.33	0.54	5.49	4.95	1047

**RESUMEN DISEÑO MARSHALL
ASTM D1559**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN		VALORES DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	
		MIN	MAX	Taladro	Verificación 5.4%
Grava 12.5 in	%			12.0	-
Grava 4.75 mm	%			37.0	-
Arena Gruesa	%			50.0	-
Filtro (CP 75)	%			1.0	-
Aditivo	%			0.0	-
Cemento Asfáltico	%			5.00	-
Peso Especifico Probeta	Kg/cm ³			2.342	-
Vacios	%	3	5	4.3	-
Vacios Agregado Mineral	%	14		15.2	-
Vacios Llenados con C.A.	%	65	75	71.5	-
Flujo	mm	2	2.5	3.2	-
Estabilidad	Kg	671		1025.0	-
Factor de rigidez	Kg/cm ²	1780	4500	3680	-

GRUPO B&F INGENIEROS		
Elaborado por:  GRUPO B&F INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES ING. SEGUNDO ALBERTO PAZ ZAVALET REG. CIP N° 277016	Revisado por:  GRUPO B&F INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES ING. ASLY CAROLINA SIOCHA SANTOS REG. CIP N° 101957	Aprobado por:  GRUPO B&F INGENIEROS INGENIEROS CONTRATISTAS S.R.L. Eduar Key Alvarado Julian CIP N° 101957
Asistente DCM	Jefe de DCM	Gerencia

📍 Calle Tumbes N° 54 - Laredo - Trujillo
 ☎ 918 497 046 ☎ 967 198 515
 🏢 GRUPO B&F Ingenieros Contratistas
 📧 grupobyfingenieros
 ✉ grupobfingenieros@gmail.com

Anexo 15. En sayo Marshall - Mezcla modificada con 1 % de aceite



GRUPO B&F
INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN
CIENCIA DE MATERIALES

RUC: 20606784334

Codigo	GRF - DCM - 0152	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES
Version	01	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL ASTM D1559
Fecha	07/11/2023	
Página	11 de 11	

PROYECTO	01	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO VEHICULAR EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE, CHICAMA 2023"
SOLICITANTE		ANGULO ANGULO, JHENSIN KENNEDY - LUCIANO ZELADA, CRISTIAN OBED
UBICACIÓN		DISTRITO DE CHICAMA, PROVINCIA DE ASCOPE - LA LIBERTAD
FECHA		NOVIEMBRE DE 2023

RESUMEN RESULTADOS OBTENIDOS TESIS MAC + 1% AQV

Pb	Gab	Ge	Gren	Gmb	Va	VMA	VFA	Pbe	Pbe	Flojo	Estabilidad
4.50	2.608	2.741	2.547	2.363	6.35	12.62	49.78	1.90	2.89	3.25	801
5.00		2.716	2.507	2.390	4.90	13.25	62.74	1.56	3.52	4.36	1123
5.50		2.690	2.467	2.397	3.14	13.55	76.63	1.19	4.27	5.26	1225
6.00		2.681	2.442	2.421	1.09	13.14	88.92	1.08	4.99	7.21	799

**RESUMEN DISEÑO MARSHALL
ASTM D1559**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN		VALORES DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	
		MIN	MAX	Tadric	Verificación 5.25%
Grava 1/2"	%			12.0	-
Grava 4.75 mm	%			37.8	-
arena gruesa	%			50.0	-
Filler (cemento TT)	%			1.0	-
Aditivo	%			0.0	-
Cemento Asfáltico	%			5.25	-
Peso Especifico Probeta	Kg/cm ³			2.393	-
Vacios	%	2	2	4.0	-
Vacios Agregado Mineral	%	14	14	13.5	-
Vacios Llenados con C.A.	%	65	75	65.4	-
Flojo	mm.	2	3.5	4.8	-
Estabilidad	Kg	831	831	1220.0	-
Factor de rigidez	Kg/cm ²	1700	4000	2550	-

GRUPO B&F INGENIEROS

Elaborado por:  GRUPO B&F INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES ING. SEGUNDO AYBERTO PAZ ZAVALA REG. C.O.P. N° 277039	Revisado por:  GRUPO B&F INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES ING. AELY CAROLINA SICCHA SANTOS REG. C.O.P. N° 303857	Aprobado por:  GRUPO B&F INGENIEROS CONTRATISTAS P. S. S. L. Eduar Kevin Trujillo Julian GERENTE GENERAL
Asistente DCM:	Jefe de DCM:	Gerencia:

📍 Calle Tumbes N° 54 - Laredo - Trujillo
 ☎ 918 497 046 📞 967 198 515
 🏢 GRUPO B&F Ingenieros Contratistas
 📧 grupobyfingenieros
 ✉ grupobfingenieros@gmail.com

Anexo 16. Ensayo Marshall - Mezcla modificada con 3 % de aceite

GRUPO B&F
INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN
CIENCIA DE MATERIALES

RUC: 20606784334

Codigo	GRF - DCM - E152	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES
Version	01	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
Fecha	09/11/2023	MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL
Página	11 de 13	ASTM D1559

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO VEHICULAR EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE, CHICAMA 2023".

SOLICITANTE : ANGLUO ANGULO, JHENSIN KENNEDY - LUCIANO ZELADA, CRISTIAN OBED

UBICACIÓN : DISTRITO DE CHICAMA, PROVINCIA DE ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : NOVIEMBRE DE 2023

RESUMEN RESULTADOS OBTENIDOS TESIS MAC + 3% AQV

Pb	Geb	Gee	Gem	Gmb	Va	VMA	VFA	Pbe	Pbe	Flujo	Estabilidad
4.30	2.603	2.709	2.521	2.410	4.42	11.85	62.44	1.47	3.70	3.02	1304
5.00		2.673	2.472	2.378	3.90	13.34	71.01	0.95	4.02	5.01	1029
5.50		2.633	2.422	2.344	3.24	15.21	78.54	0.38	5.14	7.40	878
6.00		2.506	2.383	2.320	2.68	15.87	84.10	-0.02	6.02	8.85	535

RESUMEN DISEÑO MARSHALL ASTM D1559

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN		VALORES DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	
		MIN	MAX	Teórico	Verificación 4.8%
Grava 1/2 in	%			12.0	-
Grava 4.75 mm	%			37.0	-
Arena Gruesa	%			50.0	-
Filler (cemento #1)	%			1.0	-
Agüero	%			0.0	-
Cemento Asfáltico	%			4.60	-
Peso Especifico Probeta	Kg/cm ³			2.402	-
Vaciós	%	3	8	4.3	-
Vaciós Agregado Mineral	%	14		12.2	-
Vaciós Llenados con C.A.	%	63	75	65.0	-
Flujo	mm	2	3.5	4.1	-
Estabilidad	Kg	831		1248.0	-
Factor de rigidez	Kg/cm	1700	4000	3020	-

GRUPO B&F INGENIEROS		
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 GRUPO "B&F" INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES ING. SEGUNDO ALBERTO PAZ ZAVALETA REG. SUP. N° 277639	 GRUPO "B&F" INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES ING. ASLY CARCHIWA SICCHA SANTOS R.C. N° 203837	 GRUPO B&F INGENIEROS CONTRATISTAS E.I. Eduar Kevin Inguirido Julian GERENTE GENERAL
Asistente DCM:	Jefe de DCM:	Gerencia:

© Calle Tumbes N° 54 - Laredo - Trujillo
 ☎ 918 497 046 ☎ 967 198 515
 🌐 GRUPO B&F Ingenieros Contratistas
 📧 grupobyfingenieros
 ✉ grupobfingenieros@gmail.com

Anexo 17. Ensayo Marshall - Mezcla modificada con 5 % de aceite

RUC: 20606784334



GRUPO B&F
INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN
CIENCIA DE MATERIALES

Codigo	GIF - DCM - E152	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES
Version	01	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL ASTM D1559
Fecha	19/11/2023	
Página	11 de 11	

PROYECTO	: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO VEHICULAR EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE, CHICAMA 2023.
SOLICITANTE	: ANGLUO ANGLUO, JHEHNSIN KENEODY - LUCIANO ZELADA, CRISTIAN OBED
UBICACION	: DISTRITO DE CHICAMA, PROVINCIA DE ASCOPE - LA LIBERTAD
FECHA	: NOVIEMBRE DE 2023

RESUMEN RESULTADOS OBTENIDOS TESIS MAC + 5% AOV

Pt	Geb	Gse	Gmm	Gmb	Va	VMA	VFA	Pba	Pba	Flejo	Estabilidad
4.00	2.508	2.644	2.467	2.261	4.28	13.39	68.37	0.54	3.98	4.69	906
3.00		2.616	2.426	2.260	3.14	14.40	78.20	0.13	4.87	6.24	748
2.50		2.578	2.379	2.243	1.48	15.08	90.21	-0.44	5.92	10.17	629
2.00		2.554	2.342	2.228	0.44	16.07	96.39	-0.82	6.77	12.01	434

**RESUMEN DISEÑO MARSHALL
ASTM D1559**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN		VALORES DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	
		MIN	MAX	Teórico	Verificación 4.8%
Grava 1/2 in	%			12.0	-
Grava 4.75 mm	%			37.0	-
Arena Gruesa	%			58.0	-
Fijar (cemento TI)	%			1.0	-
Aditivo	%			8.0	-
Cemento Asfáltico	%			4.00	-
Peso Especifico Probeta	Kg/cm ³			2.360	-
Vacios	%	3	3	4.6	-
Vacios Agregado Mineral	%	14		13.6	-
Vacios Llenados con C.A.	%	65	73	78.0	-
Flejo	mm.	2	2.5	4.9	-
Estabilidad	Kg.	831		870.0	-
Factor de rigidez	Kg/cm.	1700	4000	1760	-

GRUPO B&F INGENIEROS

Elaborado por:  GRUPO B&F INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES ING. BENJAMIN ALBERTO PAZ ZAVALETA REG. CIP N° 377029	Revisado por:  GRUPO B&F INGENIEROS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE MATERIALES ING. ASLY CAROLINA SICCHA SANTOS REG. CIP N° 203857	Aprobado por:  GRUPO B&F INGENIEROS CONTRAFISTAS S.R.L. Eduar Kevin Izquierdo Julian CIP N° 117951
Asistente DCM	Jefe de DCM	Gerencia

@ Calle Tumbes N° 54 - Laredo - Trujillo
 ☎ 918 497 046 ☎ 967 198 515
 📍 GRUPO B&F Ingenieros Contrafistas
 📧 grupobyingenieros
 ✉ grupobfingenieros@gmail.com

Anexo 18 Calibración de equipos de laboratorio



CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-026-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente	0327	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.	
4. Instrumento calibrado	MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA MANUAL MULTIUSOS CBR Y COMPRESIÓN NO CONFINADA)	
Marca	No indica	
Modelo	No indica	
N° de serie	No indica	
Identificación	CI-0082 (*)	
Procedencia	China	
Intervalo de indicación	0 kgf a 5000 kgf	
Resolución	0,1 kgf	
Clase de exactitud	No indica	
Modo de fuerza	Compresión	
5. Fecha de calibración	2023-03-24	

Fecha de Emisión

2023-03-29



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817545 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 01/04/2023 10:23:00-0500

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-026-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolívar Nro. 2740 - Puno

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	16,5 °C	16,8 °C
Humedad relativa	49 %	49 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 10 l con una incertidumbre de 45 kg	INF-LE N° 042-22 (A)

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

(*) Código de identificación asignado por CALIBRATEC S.A.C. e indicado en una etiqueta adherido al instrumento.



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-026-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón						Error de medición kgf
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios	Promedio	
		Ascenso kgf	Ascenso kgf	Ascenso kgf	Descenso kgf	Ascenso kgf		
%	kgf							
10	500	504,6	504,6	503,6	--	--	504,3	-4,3
20	1000	1006,8	1008,8	1007,3	--	--	1007,7	-7,7
30	1500	1508,7	1509,7	1511,2	--	--	1509,9	-9,9
40	2000	2009,4	2009,9	2010,8	--	--	2010,0	-10,0
50	2500	2504,7	2508,2	2508,2	--	--	2507,0	-7,0
60	3000	3002,3	3002,3	3003,3	--	--	3002,6	-2,6
70	3500	3496,1	3497,1	3495,6	--	--	3496,2	3,8
80	4000	3992,0	3991,5	3993,5	--	--	3992,4	7,6
90	4500	4488,2	4487,7	4489,2	--	--	4488,3	11,7
100	5000	4983,5	4981,6	4984,5	--	--	4983,2	16,8

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa %
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q %	b %	v %	a %	%	
%	kgf						
10	500	-0,85	0,19	--	0,02	--	2,09
20	1000	-0,76	0,19	--	0,01	--	1,21
30	1500	-0,66	0,16	--	0,01	--	0,96
40	2000	-0,50	0,07	--	0,01	--	0,85
50	2500	-0,28	0,14	--	0,00	--	0,80
60	3000	-0,09	0,03	--	0,00	--	0,77
70	3500	0,11	0,04	--	0,00	--	0,75
80	4000	0,19	0,05	--	0,00	--	0,74
90	4500	0,26	0,03	--	0,00	--	0,73
100	5000	0,34	0,06	--	0,00	--	0,72

Clase de la escala de la máquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Cero f0
	q %	b %	v %	a %	%
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

MAXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f₀) 0,00 %

tevisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-026-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

12. Incertidumbre

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

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

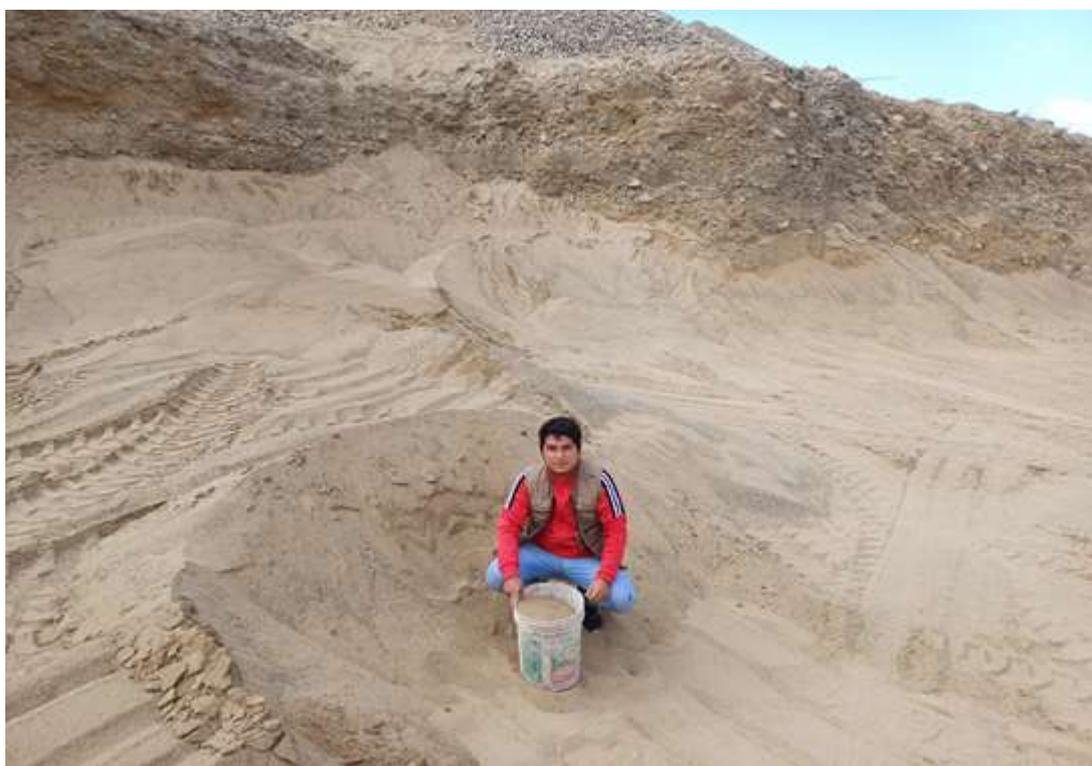
FIN DEL DOCUMENTO

ANEXO 19 PANEL FOTOGRAFICO

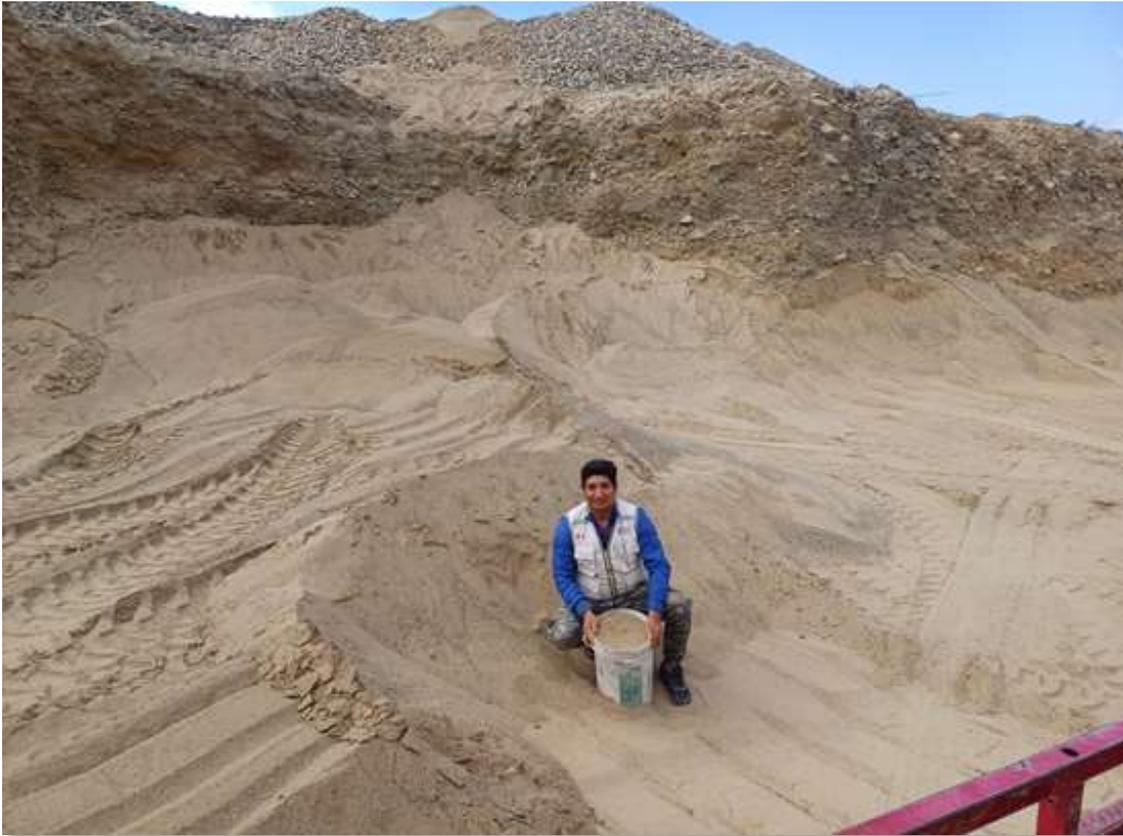
Anexo 19.1. Ubicación de cantera "La Milagrosa"



Anexo 19.2. Selección de agregado grueso, fino, arena y confitillo.



Anexo19.3. Selección de agregado grueso, fino, arena y confitillo.



Anexo 19.4. Entrega de agregados para ensayos de granulometría.



Anexo 19.5. Conteo vehicular para determinar factor de carga para nuestro diseño MAC.



Anexo 19.6. Cemento asfáltico utilizado PEN 85-100.



Anexo 19.7. Mezcla de agregados extraídos de cantera mas cemento asfaltico.



Anexo 19.8. Mezcla de agregados extraídos de cantera más cemento asfaltico y aceite quemado.



Anexo 19.9. Proceso de mantenimiento de temperatura para mezcla homogénea de agregados.



Anexo 19.10. Pesado de muestra patrón adicionando cemento asfáltico.



Anexo 19.11. Martillo de compactación para ensayo Marshall.



Anexo 19.12. Desmoldado de briquetas.



Anexo 19.13. Muestra de briquetas.



Anexo 19.14. Presentación de briquetas elaboradas al 1 %,3 % y 5 %.



Anexo 19.15. Prensa para ensayo Marshall.



Anexo 19.16. Rotura de briquetas elaboradas.



Anexo 19.17. Limpieza de área de aplicación.



Anexo 19.18. Trazo y replanteo.



Anexo 19.19. Acarreo de agregados de cantera La Milagrosa.



Anexo 19.20. Compactación de plataforma para carpeta asfáltica.



Anexo 19.21. Limpieza de plataforma para carpeta asfáltica.



Anexo 19.22. Imprimación de plataforma con imprimante MC 30.



Anexo 19.23. Plataforma de carpeta asfáltica completa con imprimante MC 30.



Anexo 19.24. Proceso de mezcla homogénea en caliente de agregados para diseño MAC.



Anexo 19.25. Adición de aceite quemado al 3 %.



Anexo 19.26. Mezcla homogénea (MAC 2).



Anexo 19.27. Aplicación de MAC en 5 m².



Anexo 19.28. MAC 2 Aplicados a los 5 m².



Anexo 19.29. Compactación de MAC + aceite quemado al 3 %.



Anexo 19.30. Tesistas luego de aplicar el MAC + aceite quemado de vehículos al 3 % en un 4.5 % de Filler.





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CABANILLAS AGREDA CARLOS ALBERTO, 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 LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE VEHICULOS EN MEZCLA ASFÁLTICA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CHICAMA.", cuyos autores son ANGULO ANGULO JHENSIN KENEDDY, LUCANO ZELADA CRISTIAN OBED, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, 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, 14 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CABANILLAS AGREDA CARLOS ALBERTO DNI: 80247224 ORCID: 0000-0003-4269-949X	Firmado electrónicamente por: CCABANILLASA el 26-12-2023 20:26:32

Código documento Trilce: TRI - 0654467