



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Influencia de los aceites hidráulicos residuales, en la resistencia mecánica de las mezclas asfálticas en caliente, Chimbote – 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Delacruz Morillo, Willbert Kennedy (orcid.org/0000-0001-7293-3027)

Morales Cerna, Rolando del Piero (orcid.org/0000-0001-8924-1430)

ASESORA:

Legendre Salazar, Sheila Mabel (orcid.org/0000-0003-3326-6895)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHIMBOTE-PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios principalmente por guiarme por el buen camino y darnos las fuerzas que nos da fortaleza necesaria para alcanzar nuestras metas propuestas, siendo el guía fundamental para nuestras decisiones.

A nuestros padres, ya que ellos son fundamentales para nuestro desarrollo y nos han sabido formarnos y guiarnos con sus sabios consejos, que nos han permitido tomar las mejores decisiones.

A nuestros familiares que con su apoyo y motivación podemos lograr la culminación de nuestra investigación.

AGRADECIENTO

Agradecemos a Dios que nos permitió que lleguemos a este punto de nuestras vidas y que nos permite a seguir aprendiendo más a través del tiempo.

Agradecemos a nuestros padres por ser la pieza fundamental y nuestra inspiración para seguir adelante día a día y no nos dejaron solos en este tiempo.

Agradecemos a nuestra Asesor Legendre Salazar, Sheila Mabel por brindarnos siempre sus conocimientos y experiencia adquirida en el momento que lo hemos requerido, por guiarnos constantemente en la elaboración de esta investigación, permitiendo así concretarla de manera satisfactoria.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS	6
I. INTRODUCCIÓN	9
II. MARCO TEÓRICO.....	15
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo y diseño de investigación	22
3.2. Variables y operacionalización	23
3.3. Población, muestra y muestreo	24
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.5. Procedimiento:	28
3.6. Método de análisis de datos.....	30
3.7. Aspectos éticos	30
IV. RESULTADOS.....	32
V. DISCUSIÓN.....	49
VI. CONCLUSIONES	52
VII. RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Muestra control y muestra adicionada con aceite hidráulico residual, 2023.....	25
Tabla 02: Cuadro comparativo del aceite hidráulico ISO 68 y el aceite hidráulico residual de barcos	32
Tabla 03: Porcentaje óptimo del Ensayo Marshall Patrón.....	33
Tabla 04: Ensayo Marshall del agregado asfáltico modificado con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%.....	40
Tabla 05: Costo unitarios de mezcla patrón con porcentaje óptimo.....	46
Tabla 06: Costo unitarios de mezcla modificada.....	47

ÍNDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS

Figura 01: Peso unitario del agregado asfáltico de ensayo Marshall Patrón	34
Figura 02: % Vacíos del agregado asfáltico de ensayo Marshall Patrón...	35
Figura 03: % V. A. M del agregado asfáltico de ensayo Marshall Patrón	35
Figura 04: % Vacíos Llenados con C. A. del agregado asfáltico de ensayo Marshall Patrón	36
Figura 05: Flujo del agregado asfáltico de ensayo Marshall Patrón.....	37
Figura 06: Estabilidad del agregado asfáltico de ensayo Marshall Patrón	38
Figura 07: Estabilidad del agregado asfáltico de ensayo Marshall Patrón.....	39
Figura 08: Peso unitario del agregado asfáltico de mezcla modificada con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%...	40
Figura 09: Porcentaje de vacíos % de mezcla modificada con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%.....	41
Figura 10: Porcentaje de Vacíos Minerales de mezcla modificada con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%...	42
Figura 11: Vacíos de llenado de C. A. de mezcla modificada con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%.....	43
Figura 12: Flujo de mezcla modificada con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%.....	43
Figura 13: Estabilidad de mezcla modificada con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%.....	44
Figura 14: Factor de Estabilidad y Rigidez de mezcla modificada con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%...	45

RESUMEN

El proyecto de investigación mencionado tiene como objetivo determinar la composición y características de los aceites hidráulicos residuales. Se utilizará una muestra de 60 briquetas seleccionadas de manera representativa. Se busca garantizar la transparencia, el consentimiento informado, la integridad científica y la responsabilidad social en la investigación. Se aplicarán protocolos normados y se emplearán fichas de recolección de datos validadas por expertos. El uso adecuado de los instrumentos y la aplicación de los protocolos garantizarán la obtención de datos precisos y confiables.

El método utilizado en esta investigación fue principalmente cuantitativo, utilizando la lógica empírico-deductiva y empleando métodos experimentales y procedimientos de recopilación de información estadística. Esto permitió recopilar datos numéricos y realizar análisis estadísticos para obtener resultados precisos y objetivos. A través de este enfoque se midieron y cuantificaron variables relacionadas con la resistencia mecánica de la mezcla bituminosa, como los valores de resistencia obtenidos en los ensayos Marshall, las propiedades físicas de los agregados y otros parámetros relevantes.

En cuanto a los resultados, se logró determinar la composición y características de los aceites hidráulicos residuales, incluyendo su contenido de contaminantes y propiedades físicas y químicas. Para ello se utilizaron fichas de recolección de datos que fueron validadas por expertos en el tema. Estos resultados proporcionan información detallada sobre los aceites hidráulicos residuales, lo cual es fundamental para comprender su impacto en el medio ambiente y en la salud. En cuanto a las conclusiones, se puede afirmar que el enfoque cuantitativo utilizado en esta investigación fue efectivo para obtener resultados precisos y objetivos sobre la composición y características de los aceites hidráulicos residuales.

Palabras clave: Mezclas asfálticas, aceites hidráulicos residuales, aceites reciclados, mezclas asfálticas modificadas.

ABSTRACT

The aforementioned research project aims to determine the composition and characteristics of residual hydraulic oils. A sample of 60 representatively selected briquettes will be used. It seeks to guarantee transparency, informed consent, scientific integrity and social responsibility in research. Standardized protocols will be applied and data collection sheets validated by experts will be used. The proper use of the instruments and the application of the protocols will guarantee the obtaining of accurate and reliable data. The method used in this research was mainly quantitative, using empirical-deductive logic and employing experimental methods and statistical information gathering procedures. This allowed the collection of numerical data and statistical analysis to obtain accurate and objective results. Through this approach, variables related to the mechanical resistance of the bituminous mixture were measured and quantified, such as the resistance values obtained in the Marshall tests, the physical properties of the aggregates and other relevant parameters. The results obtained were highly relevant and provided detailed information on the residual hydraulic oils analyzed. Its composition and characteristics were determined, including the content of contaminants and their physical and chemical properties. These results are critical to understanding the impact that these oils can have on the environment and on health. To ensure the scientific integrity of the research, clear ethical principles were followed. Transparency in the communication of the results was sought, ensuring the clear and objective dissemination of the findings obtained. In addition, the informed consent of the participants was obtained before their inclusion in the research, ensuring that they were duly informed about the objectives, procedures and possible risks. Integrity in scientific conduct was promoted, avoiding any form of manipulation or bias in data collection, analysis, and interpretation. Likewise, the social, economic and environmental impacts of the research were considered, seeking to contribute to the well-being of society and promoting sustainability. In conclusion, the quantitative approach used in this research was effective in obtaining precise and objective results on the composition and characteristics of residual hydraulic oils.

Keywords: Asphalt mixes, residual hydraulic oils, recycled oils, modified asphalt mixes.

I. INTRODUCCIÓN

El asfalto, a menudo denominado "oro negro", es considerado valioso en lugar de un subproducto desechable de la destilación del petróleo. A medida que la construcción de carreteras continúa, existe una alta demanda de dicho material no renovable. Sin embargo, debido al rápido agotamiento de los recursos naturales, las industrias del asfalto están buscando fuentes alternativas que permitan la construcción de carreteras sostenibles y económicas, sin comprometer la calidad. En este sentido, los bitúmenes asfálticos modificados han despertado un gran interés debido a la reducción de residuos que generan (Lugar Iyamu, Kunlin, Mensah y Faraz, 2021, p.12).

Cuando una carretera está expuesta durante años a cargas de tráfico y cambios climáticos, su aglutinante se deteriora y su rendimiento disminuye. Según Aldagari, Faisal y Fini (2021), una característica notable de un pavimento es que, al final de su vida útil diseñada, las superficies del hormigón bituminoso se pueden fresar y reciclar para utilizar en la creación de pavimento de asfalto recuperado (RAP) (p.16).

En los últimos tiempos, se ha observado que los pavimentos flexibles experimentan diversos efectos que provocan su degradación permanente, incluso antes de ser utilizados. Dependiendo de su composición y ubicación, los componentes atmosféricos pueden causar tensiones más o menos severas en la superficie de la capa de rodadura. Por lo tanto, es necesario que el asfalto utilizado en la construcción de vías pavimentadas sea modificado con aditivos para prevenir su degradación prematura debido a diversas fuerzas que actúan como cargas. Estos aditivos no solo sirven para obtener mejores características del asfalto, sino que también pueden contribuir en paralelo a abordar problemas como la contaminación.

En la actualidad, se ha observado a nivel internacional y nacional un uso inadecuado de los residuos, específicamente los aceites hidráulicos, lo cual está generando consecuencias negativas para el medio ambiente. Según Testaye y Geremew (2020), el almacenamiento de diferentes tipos de residuos, ha provocado convertirse en uno de los mayores problemas para su correcta eliminación, debido a la falta de un lugar específico para verter estas sustancias líquidas altamente contaminantes (p.65). La

única forma de abordar este problema es encontrar formas de reutilización que permitan darles una segunda utilidad en lugar de desecharlos.

El aceite hidráulico residual de desecho, si no se trata adecuadamente, tiene un impacto adverso significativo en el medio ambiente. Uno de los efectos perjudiciales se observa en el proceso de eutrofización, en el cual una delgada capa de aceite aparece en la superficie de ríos o lagos. Esta capa de aceite puede bloquear la luz solar, dificultar la fotosíntesis y alterar el suministro de oxígeno a la vida acuática (Guevara, 2018, p.24). Es importante tomar medidas para tratar adecuadamente los aceites hidráulicos residuales y evitar su liberación sin control, a fin de prevenir estos impactos ambientales negativos.

Según Martínez (2021), se determinó que la implementación del aceite hidráulico de maquinarias como agente para una mejora de su estabilidad de afirmado mostró resultados favorables y prometedores. Después de realizar varios diseños en laboratorio de Proctor y CBR, se concluyó que esta adición permitía aumentar las densidades máximas del afirmado, cumpliendo además con los estándares, parámetros y normas establecidas. Por lo tanto, se observa la viabilidad de utilizar el aceite hidráulico residual de barcos como aditivo y agente modificador (p.45). Estos hallazgos sugieren que el aceite hidráulico residual cumple un nuevo propósito y contribuye a la mejora de las características del afirmado, ofreciendo una alternativa de reutilización en lugar de desecharlo.

En la investigación realizada por Bahjet (2014), se encontró que el proceso de eutrofización, provocado por un crecimiento excesivo de microorganismos, fitoplancton y algas, puede ser alimentado por el aceite reciclado como fuente de alimento para estos organismos (p. 14). Esto conlleva a un deterioro en la calidad del lago o río, perturbando aún más el equilibrio intrínseco del ecosistema acuático. El aceite hidráulico de desecho que fluye hacia las vertientes como los ríos puede provenir tanto del aceite usado de motor que utiliza la industria automotriz y maquinarias, como del aceite de cocina desechado en zonas residenciales (Chuchuca y Rodas, 2020, p.45). Estos hallazgos subrayan la importancia de gestionar adecuadamente los residuos de aceite hidráulico para evitar impactos negativos en los diversos ecosistemas acuáticos.

En vista de la creciente preocupación por los altos costos de construcción y el sostenimiento de los recursos naturales, al usar el aceite reciclado puede servir como rejuvenecedor ya que se convierte en una alternativa viable para mitigar los problemas mencionados anteriormente. Una opción prometedora sería emplear el aceite hidráulico residual de barcos como aditivo al incorporar en diferentes mezclas bituminosas en caliente, con el mayor propósito de mejorar sus características físicas y mecánicas.

De acuerdo al análisis de Bahjet (2014) señala que un proceso de eutrofización, impulsado por el crecimiento excesivo de microorganismos, fitoplancton y algas, aprovecha el aceite usado como fuente de alimento (p. 14). Como resultado, la calidad de lagos y ríos se deteriora, perturbando aún más el equilibrio intrínseco del ecosistema acuático. El aceite hidráulico de desecho que llega a los ríos puede provenir tanto del aceite de motor utilizado en la industria automotriz y maquinarias, como del aceite de cocina desechado en zonas residenciales (Chuchuca y Rodas, 2020, p.45).

Por tanto, la utilización del aceite hidráulico residual como aditivo en las mezclas bituminosas en caliente no solo brinda una alternativa para reducir los costos y preservar los recursos naturales, sino que también contribuye a mitigar los impactos negativos asociados con el control inadecuado de los diferentes residuos que se encuentran en los ecosistemas acuáticos.

En el distrito de Chimbote, se da con certeza un progresivo desgaste desfavorable de los pavimentos flexibles, principalmente debido a la alta humedad característica de la ciudad costera, el uso de materiales incorrectos, la carencia de rendimiento en los que respecta la mano de obra capaz de realizar los trabajos y procesos inadecuados, a los cuales se suma la alta densidad de tráfico. Esta problemática ha impulsado la búsqueda de soluciones, y es así como surge el proyecto que analiza la implementación de los aceites hidráulicos residuales provenientes de barcos en la resistencia mecánica de los agregados asfálticos en caliente. Este proyecto propone la modificación de las mezclas bituminosas, incorporando los aceites hidráulicos residuales como un aditivo, con el propósito de tener una mejora en la resistencia mecánica de dichas mezclas. Se espera que esta intervención contribuya a contrarrestar el desgaste progresivo de los pavimentos en la localidad y brinde una

solución efectiva a los problemas derivados de la humedad, la falta de calidad en los insumos, la mano de obra no certificada y los procesos inadecuados, considerando la alta densidad de tránsito característica de la zona. Este proyecto representa un enfoque innovador para abordar los desafíos específicos que enfrenta Chimbote en términos de pavimentos flexibles, y busca mejorar su durabilidad y la calidad de las carreteras en la ciudad mediante la implementación de modificaciones del concreto bituminoso utilizando los aceites hidráulicos residuales.

La problemática de investigación general planteada es: ¿Cuál es la influencia de los aceites hidráulicos residuales provenientes de barcos en la resistencia mecánica de las mezclas asfálticas en caliente en Chimbote, 2023? Para abordar este problema, se plantean los problemas específicos: ¿Cuál es la composición y características de los aceites hidráulicos residuales, incluyendo su contenido de contaminantes y propiedades físicas y químicas?, ¿Cuál es el diseño de mezcla mediante el ensayo de Marshall en las mezclas asfálticas PEN 60/70 en caliente para la muestra patrón y con adiciones de aceite hidráulico residual en diferentes concentraciones (1%, 3%, 5%, 7%)?, ¿Cuáles son las propiedades de densidad, estabilidad, deformación permanente y porcentaje en vacíos de las mezclas asfálticas en caliente con la adición de diferentes concentraciones de aceite hidráulico residual (1%, 3%, 5%, 7%)?, ¿Cuál es el análisis comparativo de los costos unitarios en la mezcla asfáltica convencional y las mezclas asfálticas modificadas con adiciones de aceite hidráulico residual?.

La justificación práctica el proyecto se formula en base en las carencias de mejorar sus características y el rendimiento de las mezclas bituminosas realizadas en la construcción de zonas viales. Actualmente, estas mezclas pueden presentar fallas como deformación, baja resistencia y falta de impermeabilidad, lo que afecta su durabilidad y vida útil. Al incorporar el aceite reciclado proveniente de barco como aditivo en las mezclas bituminosas, se busca mejorar su resistencia mecánica y, a su vez, solucionar los problemas mencionados anteriormente. El uso de este aceite reciclado aporta beneficios significativos, especialmente en lo que respecta a la densidad máxima de los agregados. Al mejorar la resistencia mecánica de las mezclas bituminosas, se logra obtener pavimentos más duraderos y con mejor desempeño ante las cargas de tráfico y las condiciones ambientales. Además, el uso

de aceite reciclado contribuye a la reducción de residuos y promueve prácticas más sostenibles en el rubro de la construcción de obras viales.

La justificación teórica de este proyecto es de gran relevancia, ya que aborda un problema de larga data relacionado con el reciclaje del aceite hidráulico residual. Al proporcionar una solución que involucra el uso de este aceite como aditivo en mezclas bituminosas en caliente, se contribuye al avance y conocimiento del rubro de la construcción civil y la industria de la construcción de carreteras. Los futuros investigadores se beneficiarán al tener acceso a información y resultados sobre el uso de aceite hidráulico residual como aditivo, lo que les permitirá comprender mejor los beneficios y desafíos asociados con esta práctica. Además, podrán explorar nuevas formas de optimizar y mejorar las propiedades de las mezclas bituminosas utilizando este aditivo. En resumen, este proyecto proporciona una base teórica sólida y abre oportunidades para investigaciones futuras en búsqueda de mejora de materiales de construcción y técnicas de reciclaje.

Según la justificación ambiental, en Perú se requiere abordar el problema del almacenamiento de los aceites hidráulicos provenientes de barco. La reutilización de estos aceites como aditivo brinda una segunda vida al material reciclado y evita su disposición en el medio ambiente, lo cual tiene impactos negativos. Esta práctica contribuye a la sostenibilidad al reducir la generación de residuos y fomentar el reciclaje para su conservación de los recursos en la naturaleza. Al darle un nuevo uso a los aceites hidráulicos residuales, se fomenta la economía circular y se minimiza el impacto ambiental asociado con su eliminación inadecuada.

Asimismo, también como justificación económica, al trabajar con mezclas bituminosas modificadas, permite ayudar a la reducción de costos en la fabricación y elaboración, ya que, no debemos gastar en otros aditivos, teniendo ya un aditivo como el aceite hidráulico reciclado.

De la misma manera se procedió a plantear el objetivo general: Determinar cómo los aceites hidráulicos residuales afectan la resistencia mecánica de las mezclas asfálticas en caliente en la ciudad de Chimbote, 2023, posteriormente como objetivos específicos, se deberá: (a) Determinar la composición y características de los aceites hidráulicos residuales, incluyendo su contenido de contaminantes y propiedades

físicas y químicas, de la misma manera: (b) Determinar el diseño de mezcla mediante el ensayo de Marshall en las mezclas asfálticas PEN 60/70 en caliente para la muestra patrón y con adiciones de aceite hidráulico residual en 1%, 3%, 5%, 7%., por otro lado: (c) Determinar las propiedades de densidad, la estabilidad y la deformación permanente y porcentaje de vacíos del agregado asfáltico en caliente con la adición de 1%; 3%; 5%; 7%. Y finalmente: (e) Realizar un estudio comparativo de costos unitarios en mezcla asfáltica convencional y/o estándar y mezclas asfálticas modificadas.

La hipótesis planteada es la siguiente: "Los aceites hidráulicos residuales provenientes de barcos influyen en la mejora de la resistencia mecánica de las mezclas asfálticas en caliente en Chimbote, 2023." Esta hipótesis sugiere que la adición de aceites hidráulicos residuales provenientes de barcos a las mezclas asfálticas en caliente puede tener un resultado positivo en cuanto a la resistencia mecánica de dichas mezclas. Se espera que la presencia de estos aceites como aditivo contribuya a mejorar de sus características y propiedades de las mezclas asfálticas, como su resistencia a la deformación y su capacidad para soportar cargas y condiciones ambientales adversas. Para comprobar esta hipótesis, se realizarán investigaciones, análisis y pruebas pertinentes en el contexto de Chimbote en el año 2023, con el objetivo de obtener evidencia científica que respalde o refute la influencia positiva de los aceites hidráulicos residuales provenientes de barcos en la resistencia mecánica de las mezclas asfálticas en caliente.

II. MARCO TEÓRICO

Martínez (2021) llevó a cabo un estudio de investigación centrado en sus características mecánicas de los bitúmenes al agregar aceite de motor reciclado. Se realizaron pruebas utilizando el ensayo Marshall tanto para su diseño de mezcla con la incorporación de aceite de motor como para la mezcla estándar. Los resultados revelaron que un porcentaje del 6.16% de asfalto era adecuado para la mezcla estándar. Además, se realizaron pruebas para obtener su estabilidad y el flujo de las mezclas, y se encontró que cumplían con las especificaciones y normas que se delimitan por la norma Nevi-12. El porcentaje de adición de aceite de motor reciclado osciló alrededor del 1% y el 2.5% para cumplir con los estándares requeridos. Sin embargo, se observó un aumento excesivo en el flujo aceite hidráulico residual, superando los límites establecidos. En conclusión, la incorporación de aceite de motor reciclado resultó en una disminución en el peso unitario máximo de la mezcla.

Patín (2018) realizó una tesis con el propósito principal de obtener el porcentaje óptimo de adición de aceite reciclado para mejorar la estabilidad de suelos arenosos. Se empleó una metodología experimental que incluyó ensayos con parámetros específicos para la adición del aceite reciclado. Los resultados mostraron que el suelo, clasificado como tipo SM, tenía una densidad de 1,524.35 kg/m³, lo cual representaba una alta densidad sin contenido de humedad. El porcentaje de humedad obtenido fue de 7.78% y 12.25%. El valor del CBR al 95% fue determinado al agregar un 5% de aceite reciclado. En conclusión, la investigación demostró que el porcentaje adecuado y óptimo para mejorar las propiedades del suelo arenoso limoso y lograr su estabilización fue del 5% de aceite quemado reciclado.

Gómez, Mozos Aragón, and Mosos Guzmán (2018) en su proyecto de investigación con el propósito principal de determinar la adición de aceite reciclado en las características mecánicas de las mezclas bituminosas mediante ensayos de laboratorio. La metodología utilizada fue experimental, y como resultado se obtuvieron datos que se encontraban dentro de los parámetros deseados. Se observó una densidad promedio de alrededor de 2.356 g/cm³, así como también se tiene el porcentaje de vacíos de 5.20% al agregar un 4.5% de aceite reciclado a la mezcla asfáltica. Del mismo modo, al incorporar mayor adición de aceite reciclado al 6%, se registró una densidad de 2.395 g/cm³, un porcentaje de vacíos de 2.43%, un Valor

de Ángulo de Compactación (VAN) de 16.41% y un Área de Vacíos Llenados (V.M.A) del 82.58%. En conclusión, al utilizar este método, se observó una disminución en la compresión y tracción del agregado asfáltico.

Montenegro, Varón, and Ramos (2018) lograron analizar cómo evaluar las características mecánicas del hormigón bituminoso empleando aceites reciclados. Se destaca que en la actualidad ha habido un aumento significativo en los residuos de aceite de motor, y estos pueden ser reutilizados en las mezclas asfálticas como ligante de diseño. Mediante ensayos de laboratorio, se determinaron las propiedades químicas y físicas de las mezclas bituminosas recicladas. El tipo de asfalto reciclado utilizado fue AC-6, y en cuanto al aceite de motor reciclado, se encontró que tenía una viscosidad en SAE de 15W o ASTM D 2422 ISO VG 32. En relación al diseño de agregado bituminoso reciclado con aceite, se emplearon cuatro dosificaciones diferentes, con un porcentaje de implementación de aceite reciclado del 0%, 0.50%, 1.00% y 1.50%. Se concluye que las características mecánicas del agregado asfáltico empleando aceites reciclados están cumpliendo con los parámetros establecidos en la Norma Técnica MOP-001-F-2002, que establece los parámetros indicados para la construcción de carpetas asfálticas.

De acuerdo a la investigación de, Cutti (2019) propuso realizar un comparativo entre las características mecánicas de la mezcla convencional y la mezcla modificada con aceite hidráulico reciclado utilizando el método de la vía seca. La investigación se enmarca en la categoría de aplicada y se utilizó un enfoque cuasi experimental. Se seleccionaron un total de 20 briquetas como muestra. El ensayo Marshall fue empleado para obtener sus características mecánicas de ambas propuestas. Los resultados mostraron que la estabilidad y su porcentaje de vacío de los agregados mejoraron al incorporar el agente modificador en comparación con la muestra convencional. Por otro lado, el flujo se mantuvo perenne en ambas muestras. Se demostró que el criterio porcentual adecuado de adición al incorporar aceite hidráulico residual fue del 5%. Esta adición resultó en un aumento aproximado de 500 psi en la estabilidad de la mezcla, lo cual es adecuado para resistir la carga de tráfico. Es importante destacar que estos datos se encuentran dentro de las normas establecidas.

En su trabajo de investigación, Silvestre (2017) se propuso calcular el efecto de la incorporación de aceite reciclado de diferentes automóviles a la mezcla bituminosa en caliente con diseño MAC-1. El autor utilizó un enfoque de investigación aplicada con un enfoque cuasi experimental. Se elaboraron un total de 12 briquetas para llevar a cabo el estudio. Los resultados del estudio indicaron que las mezclas asfálticas que presentaban fisuras o grietas tenían una capacidad reducida para resistir las cargas fijas y móviles. Sin embargo, al agregar un 3.5% o 5.0% de aceite reciclado, se observó un aumento significativo en la resistencia de la mezcla incluso después de la aparición de fisuras. La plasticidad proporcionada por el aceite reciclado permitió que al homogeneizar tuviera mayor flujo y un mejor comportamiento ante las deformaciones causadas a través de las cargas de los vehículos. Asimismo, se encontró una mejora del 2% en la adherencia entre los agregados de la mezcla. Estos hallazgos demuestran que la adición de aceite reciclado puede mejorar significativamente las propiedades y el rendimiento de las mezclas asfálticas, especialmente en términos de resistencia a la fatiga y capacidad de flujo.

En su trabajo de investigación realizado en Chimbote, Cabrejos (2019) tuvo como objetivo principal estabilizar las mezclas bituminosas mediante la adición de aceite residual reciclado proveniente de residuos de vehículos. Los resultados obtenidos mostraron que al adicionar porcentajes de 1.0%, 3% y 5% de aceite reciclado a las muestras, se obtuvo un valor de CBR del 86.45% y un valor de proctor modificado de 121.34%. Estos resultados indican que el aceite reciclado puede ser utilizado de manera efectiva para mejorar la estabilización de las mezclas bituminosas en la zona de estudio. La adición de aceite reciclado contribuye a aumentar la resistencia y capacidad de soporte de las mezclas, como se evidencia en los valores obtenidos en los ensayos de CBR y Proctor modificado. En conclusión, el uso de aceite reciclado puede ser una alternativa viable y sostenible para la estabilización del afirmado en la zona de Chimbote, permitiendo la reutilización de residuos de vehículos y mejorando las características mecánicas de las mezclas bituminosas.

Según Kenneth y Yaw (2016), en el ensayo del concreto bituminoso se refiere a la combinación de agregados pétreos y asfalto. Debido a que existe mucha demanda en todas las regiones del país, este agregado pétreo se utiliza en la capa superior del pavimento, conocida como capa de rodadura. Esta capa actúa como una especie de

escudo para el pavimento, ya que es la primera en entrar en contacto con el entorno externo. Es por ello, que para nosotros el agregado bituminoso presenta características muy importantes y se pueda encontrar en óptimas condiciones para garantizar su desempeño adecuado (p.2).

Según Tadele y Emer (2021), la mezcla asfáltica abarca toda la superficie del pavimento, incluyendo las capas de ligante, mientras que la capa base puede consistir en una mezcla asfáltica o una capa de piedra triturada. Estas capas tienen la función de distribuir las tensiones generadas por la carga y proteger las capas no unidas subyacentes de los efectos del agua. Además, deben resistir los impactos del aire, el agua, la deformación constante y el agrietamiento causado por la carga y las condiciones ambientales a lo largo de la vida útil en el concreto bituminoso. Diversos factores influyen en la capacidad de la mezcla bituminosa para cumplir con los requisitos estructurales establecidos. Estos factores incluyen el diseño de la mezcla, las prácticas de construcción, las propiedades de los materiales utilizados y el uso de aditivos. Estos elementos constituyen la estructura fundamental en la que se basan la mayoría de los pavimentos asfálticos (p.23).

Los agregados asfálticos en caliente se obtienen mediante la combinación de compuestos, agregados minerales y agregados pétreos al ser expuestos en altas temperaturas. Por lo general, se realiza el proceso a temperaturas que están expuestas a más de 100°C de calor, y luego se compacta a una temperatura de aproximadamente de entre 85 a 150°C. Estas temperaturas elevadas son necesarias para deshidratar las arenas, ya que representan aproximadamente el 95% del peso unitario total de la mezcla, y pueda minimizar su viscosidad del agregado pétreo. Esto permite lograr un recubrimiento adecuado y uniforme de los agregados, al mismo tiempo que mejora la trabajabilidad de los agregados asfálticos (Tutu y Tuffour, 2016).

Hasta el día de hoy, el hormigón bituminoso en caliente sigue siendo ampliamente utilizado en la industria de pavimentación en todo el mundo debido a su amplia experiencia en su manejo. Sin embargo, esta tecnología también presenta algunas desventajas. Entre ellas se incluyen el impacto ambiental debido a la emisión de gases contaminantes durante el proceso de calentamiento, el alto consumo de energía requerido para dicho calentamiento, preocupaciones relacionadas con la seguridad, una temporada de pavimentación limitada debido a las condiciones

climáticas y restricciones en el transporte de la mezcla debido a su temperatura (Calahorra, 2016).

Existen dos tipos de aceite de desecho comunes: el aceite de motor de desecho (WEO, por sus siglas en inglés) y el aceite de cocina usado (WCO, por sus siglas en inglés). El crecimiento económico y el desarrollo de infraestructuras en un país pueden tener un impacto directo en el aumento del número de vehículos y maquinarias utilizados en la construcción y las actividades comerciales. En el caso de Perú, se estima que hay alrededor de 10 millones de vehículos matriculados, lo que puede contribuir a la generación de aceite de motor de desecho si no se maneja adecuadamente (Peña, 2019). En un solo cambio de aceite automotriz, se pueden producir entre 3 y 4 litros de aceite usado. El aceite hidráulico residual, también conocido como aceite de lubricación, aceite de cárter, aceite de motor, cumple una función importante en la lubricación, protección, reducción de fricción, limpieza y prevención de la corrosión de los componentes de un motor. Los talleres de vehículos y las fábricas de barco son considerados fuentes primarias de generación de aceite de motor de desecho (Peña, 2019). Es importante gestionar adecuadamente estos aceites usados para evitar la contaminación ambiental y promover su reciclaje.

Según Estrada y Mendoza (2019), si el aceite de motor usado no se gestiona ni se elimina adecuadamente, puede tener graves consecuencias para la salud humana, la vida acuática y la contaminación del suelo (p.23). Incluso una pequeña cantidad de aceite de motor de desecho puede contaminar millones de galones de agua dulce. Además, hay una clara diferencia entre el color del aceite nuevo y el aceite de motor usado: el aceite nuevo suele tener un color dorado y ser translúcido, mientras que el aceite de motor usado tiende a volverse negro y opaco debido al proceso de calentamiento en el motor.

Según Mohammed, Chunfu y Qing (2020), las propiedades químicas del aceite de motor usado están influenciadas por varios factores, como el proceso de combustión, la temperatura de operación y las fuentes de contaminación, como la humedad, el hollín, los diluyentes, el óxido, los detergentes y las partículas de metal que se desgastan del motor (p.17). Además, estas propiedades también dependen de la naturaleza de la base del aceite utilizado, el tipo de aditivos presentes y otros contaminantes presentes en el aceite.

Ragab (2018) sostiene que los aditivos desempeñan un papel importante en el aceite, ya que actúan como activadores y contienen detergentes, dispersantes, antioxidantes, inhibidores de corrosión, agentes de presión extrema, modificadores de fricción, aditivos antidesgaste y agentes antiespumantes. Estos aditivos se utilizan para mantener y cumplir los requisitos inherentes a las propiedades del aceite (p. 5).

Según Dávila y Magaldi (2018), las características del aceite de motor usado pueden variar debido a los factores mencionados anteriormente. Una diferencia evidente entre el aceite de motor usado y el aceite nuevo es la viscosidad. La viscosidad del aceite de motor usado tiende a disminuir o diluirse debido a la degradación de sus propiedades durante su uso en el motor. La seguridad es una consideración importante al utilizar modificadores o aditivos en el aceite de motor usado. Además, el punto de inflamación del aceite de motor usado es más bajo que el límite requerido para el betún, que suele ser de alrededor de 200°C o más (p. 198).

En cuanto a las propiedades químicas del aceite de motor usado, la presencia de metales pesados en este tipo de aceite se considera una limitación para su uso como modificador. Desde esta perspectiva, el aceite de motor usado se clasifica como un material peligroso. Sin embargo, estos efectos peligrosos pueden ser mitigados al mezclar el aceite de motor usado con el betún de asfalto.

En relación a las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, es importante que cumpla con ciertos requisitos. La estabilidad, según Gómez (2020), se refiere a la capacidad de resistir factores externos, como la deformación causada por la carga vehicular (p. 125). Por otro lado, el flujo se refiere a la deformación que ocurre cuando la carga empieza a disminuir. Estas propiedades mecánicas son fundamentales para garantizar la durabilidad y funcionalidad del pavimento.

Las características mencionadas se deben obtener mediante el ensayo Marshall que es utilizado para evaluar las características mecánicas del agregado asfáltico, y su uso abarca múltiples campos en la ingeniería de pavimentos. Según el Manual de ensayo de Materiales (2016, p.583), el propósito principal del ensayo es evaluar la deformación plástica de la mezcla bajo la aplicación de una fuerza externa, que se realiza utilizando el martillo Marshall. Para realizar el ensayo, se elaboran briquetas con dimensiones específicas, que generalmente tienen un diámetro de 103 mm. La

cantidad de golpes aplicados a la briqueta durante el ensayo depende del diseño específico de la mezcla, que a su vez está determinado por la granulometría de los agregados utilizados. El Manual de especificaciones generales del MTC (2018, p. 561) establece diferentes categorías de diseño para la mezcla bituminosa en caliente, brindando parámetros y tolerancias para su estabilidad, flujo, porcentaje en vacíos de la mezcla y agregados, entre otros aspectos. En este caso, se seleccionó la categoría 1, conocida como MAC-1, que se utiliza para aplicaciones con tránsito pesado. El ensayo Marshall de acuerdo a sus especificaciones técnicas establecidas por la norma permiten evaluar y garantizar las propiedades mecánicas adecuadas de la mezcla asfáltica, asegurando su resistencia y durabilidad en condiciones de tráfico intenso.

Aceite de desecho típicamente incorporado en el pavimento en forma líquida. Se puede mezclar con ligante virgen antes de mezclarlo con la mezcla bituminosa; también se puede verter directamente en el agregado calentado.

III. METODOLOGÍA

El enfoque utilizado en esta investigación será principalmente cuantitativo. Según Mata (2019), este enfoque se caracteriza por emplear la lógica empírico-deductiva, utilizando métodos experimentales y procedimientos de recopilación de información estadística de manera minuciosa. El enfoque cuantitativo nos permitirá recopilar datos numéricos y realizar análisis estadísticos para obtener resultados precisos y objetivos. A través de este enfoque, podremos medir y cuantificar variables relacionadas con la resistencia mecánica de la mezcla bituminosa, como los valores de resistencia obtenidos en los ensayos Marshall, las propiedades físicas de los agregados y otros parámetros relevantes. El uso de métodos experimentales nos brindará la oportunidad de controlar y manipular las variables involucradas en la investigación, lo que nos permitirá establecer relaciones de causa y efecto y obtener conclusiones fundamentadas en evidencia empírica.

3.1. Tipo y diseño de investigación

En este estudio, se adopta un enfoque de investigación aplicada que tiene como finalidad adquirir información directa basada en los hechos realizados, con el propósito de generar un mejor conocimiento. De acuerdo a lo planteado por Arias (2021) en su obra, la investigación aplicada se centra en enfatizar y abordar problemas diversos que afectan a la sociedad en general. La investigación aplicada se caracteriza por su objetivo principal de resolver desafíos y situaciones problemáticas de relevancia en diferentes ámbitos. Asimismo, el presente proyecto busca aplicar los conocimientos adquiridos y los resultados obtenidos para brindar soluciones concretas a problemáticas específicas. Se persigue obtener información directa a través de una metodología rigurosa y detallada, con el propósito de abordar y resolver problemas existentes. Esta investigación aplicada busca generar un mayor conocimiento en relación a la temática estudiada y contribuir a la mejora de la sociedad en su conjunto. (p.13)

En este estudio, se utiliza un diseño de investigación experimental-transversal, debido a su relación directa con la realidad y la naturaleza temporal de la investigación, basándose en el análisis de variables específicas. Según Ávila (2006), de acuerdo al tipo de investigación se caracteriza por tener un control riguroso de las variables, (p.5).

MP: Muestra Patrón.

MAR: Determinar la resistencia mecánica del asfalto adicionado.

x: Adición del aceite hidráulico residual proveniente de los barcos.

MP 1, MP 2, MP 3, MP 4: Grupos Patrón (Mezcla asfáltica en caliente)

X1, X2, X3, X4: Aceite hidráulico residual en porcentajes de 1%, 3%, 5% y 7%.

MDAHR 1%, MDAHR 3%, MDAHR 5% Y MDAHR 7%: Muestras modificadas (Aceite Hidráulico Residual)

3.2. Variables y operacionalización

Seguidamente se procederá a detallar las variables, para el trabajo de investigación en el cual se definen dos variables de estudio.

➤ **Variable independiente:** Aceite hidráulico residual proveniente de los barcos.

Definición conceptual: El aceite hidráulico residual también puede ser referidos como lubricantes de aceite, cilindro de aceite, aceite de cárter y aceite de motor, siendo su principal función lubricar, proteger, reducir fricción, limpiar y evitar que el componente de corrosión de un motor. Los talleres de vehículos y fábricas de barcos son considerados una fuente primaria que genera aceite de motor de desecho.

Definición operacional: Será determinada mediante las propiedades del aceite hidráulico residual y el diseño de mezcla, este último se encargará de realizar las proporciones indicadas según corresponda.

Indicadores: Propiedades físicas del aceite residual; Características químicas del aceite hidráulico; finalmente determinar el contenido óptimo del aceite hidráulico residual.

Escala de medición: Intervalo

➤ **Variable dependiente:** Mezcla asfáltica en caliente

Definición conceptual: El agregado bituminoso en caliente se obtiene al combinar agregados minerales y cemento asfáltico a altas temperaturas. Por lo general, se produce a temperaturas que oscilan entre los 140 y 180°C, y se compacta a aproximadamente de 80 a 160°C. Estas altas temperaturas son necesarias para secar los áridos, que constituyen alrededor del 95% en peso de la mezcla, y reducir la viscosidad del aglutinante. Esto permite lograr un recubrimiento adecuado y uniforme de los agregados, mejorando así la trabajabilidad de la mezcla (Tutu y Tuffour, 2016, p.76).

Definición operacional: La resistencia mecánica de la mezcla bituminosa será evaluada a través de una serie de ensayos y protocolos establecidos. Estos incluyen el análisis de granulometría de los agregados gruesos y finos, la medición de la absorción y el peso específico de los agregados, la evaluación de la durabilidad al sulfato de magnesio, la determinación de partículas chatas y alargadas, caras fracturadas, sales solubles totales, equivalente de arena e índice de durabilidad. Además, se llevarán a cabo ensayos específicos para el cemento asfáltico, el agregado fino, el agregado grueso y el aceite residual en diferentes porcentajes (1%, 3%, 5% y 7%). También se realizará el diseño de mezcla y se llevará a cabo el ensayo Marshall. Estos ensayos y protocolos nos permitirán obtener información precisa sobre la resistencia mecánica de la mezcla bituminosa y determinar su calidad y rendimiento.

Indicadores: Granulometría; durabilidad (al sulfato de Magnesio); índice de durabilidad; partículas chatas y alargadas; caras fracturadas; sales solubles totales; absorción; Equivalente de arena; Estabilidad; Fluencia; Densidad; Contenido óptimo de aceite hidráulico residual.

Escala de medición: Razón

3.3. Población, muestra y muestreo

Hernández y Mendoza (2018) definen la población como el conjunto de todos los casos que cumplen con ciertas especificaciones establecidas. En el contexto del proyecto de investigación, la población hace referencia al conjunto total de briquetas disponibles que cumplen con los criterios de interés.

En relación al número de briquetas a utilizar en el estudio, se ha seguido la recomendación del MEM-504 (2016, p.590), el cual establece que se deben emplear al menos 3 briquetas. Esto significa que se seleccionarán 3 briquetas como muestra mínima para cada diseño de contenido de asfalto.

Además, menciona que se considerarán 4 contenidos de asfalto para cada diseño. Esto implica que se realizarán diferentes combinaciones de contenidos de asfalto en las briquetas seleccionadas, lo cual permitirá evaluar y comparar los resultados obtenidos. Al utilizar un número mínimo de 3 briquetas por diseño y considerar 4 contenidos de asfalto, se podrá recopilar un conjunto adecuado de datos que representen las variaciones en las propiedades y características de las briquetas en función de los diferentes contenidos de asfalto utilizados.

Tabla 01: Muestra control y muestra adicionada con aceite hidráulico residual, 2023.

Muestras	Cemento asfáltico		Porcentajes				Total
			5.00%	5.50%	6.00%	6.50%	
Muestra control	% de PEN 60/70		5.00%	5.50%	6.00%	6.50%	
	N° de briquetas		4	4	4	4	16
Muestra adicionada	Aceite hidráulico residual	1.00%	3	3	3	3	12
		3.00%	3	3	3	3	12
		5.00%	3	3	3	3	12
		7.00%	3	3	3	3	12

Población: 64 briquetas en total

Criterio de inclusión: Se tomará en cuenta a las 60 briquetas de asfalto, las cuales incluyen aquellos agregados gruesos y finos extraídos de la cantera Dulong, que está ubicada en el norte de Chimbote.

Criterio de exclusión: Se rechazará como población, a aquellas briquetas de asfalto, que no incluyan aquellos agregados finos y gruesos extraídos de la cantera Dulong, que está ubicada en el norte de Chimbote.

Muestra:

La muestra es un subconjunto proveniente de la población que se selecciona con el propósito de recolectar datos representativos y obtener conclusiones acerca de la población en general. Hernández et al. (2014) en definición la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recopilan datos, y destacan la importancia de definir y delimitar la muestra con precisión, así como asegurarse de que sea representativa de la población en estudio.

En el caso del proyecto de investigación mencionado, la muestra consistirá en un total de 60 briquetas. Es importante tener en cuenta que la muestra debe ser seleccionada de manera que refleje las características y propiedades de la población en interés. En este caso, las 60 briquetas serán consideradas como una muestra que representa la totalidad de las briquetas utilizadas en el estudio. La selección de esta muestra específica de briquetas se basará en criterios establecidos de antemano, los cuales podrían incluir factores como la procedencia, características físicas o propiedades específicas de las briquetas. Es fundamental que la muestra sea representativa y permita obtener resultados válidos y generalizables a la población total de briquetas. Al trabajar con una muestra de 60 briquetas, se podrá realizar un análisis y evaluación detallada de los datos recopilados, permitiendo obtener conclusiones y resultados relevantes para la investigación en cuestión.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Quesada (2018), esta etapa comprende en establecer la información precisa y necesarios que deben ser recolectados para luego analizarlos y obtener la propuesta. Por lo cual los instrumentos de investigación son necesarios para definir la trayectoria de la investigación.

En el desarrollo del proyecto de investigación, se utilizarán diversos instrumentos de recolección de datos para obtener la información necesaria. Entre estos instrumentos, se emplearán técnicas de fichas y observación directa. La utilización de fichas permitirá recopilar de manera sistemática y organizada los datos relevantes relacionados con el objeto de estudio. Estas fichas pueden incluir preguntas estructuradas, categorías específicas o variables de interés, que serán completadas de forma precisa y detallada. Además, se empleará la observación directa como instrumento de recolección de datos, lo que implicará la observación cuidadosa y sistemática de los fenómenos o situaciones que se están investigando. Mediante esta técnica, se podrán obtener datos de primera mano, sin la necesidad de intermediarios, lo que contribuirá a la fiabilidad de la información recopilada. Es importante mencionar que la selección de los instrumentos de recolección de datos estará determinada por protocolos establecidos, los cuales indicarán el tipo de instrumento a utilizar en función del elemento que se esté evaluando. Estos protocolos estarán basados en el manual de ensayos de materiales (2016, pp. 295-498), el cual proporcionará las pautas y condiciones mínimas y máximas que deben cumplirse durante la evaluación. Con el uso adecuado de estos instrumentos y la aplicación de los protocolos correspondientes, se garantizará la obtención de datos precisos y confiables, fundamentales para el desarrollo y la validez de la investigación.

Validez y Confiabilidad

Para Cabero (2013), el juicio de expertos como estrategia de evaluación tiene muchas ventajas demostrando la posibilidad de obtener información completa y detallada sobre el tema y la calidad de la investigación en respuesta de los jueces.

De acuerdo al Manual de ensayo de materiales (2016), los protocolos que se aplicaran están normados, bajos régimen nacional e internacional. (p.176)

Además, se empleará unas fichas de recolección de datos para la investigación:

Ficha de recolección de datos del aceite hidráulico residual.

Ficha de recolección de datos del diseño de mezcla incorporando el aceite residual.

Ficha de recolección de datos para determinar los porcentajes.

Fueron validadas según el criterio de 3 ingenieros expertos, siendo el ingeniero Elmer Adán, Peña Armas con registro CIP N° 139722, el ingeniero Jorge Luis, Pizarro Cano con registro CIP N° 200788 y la Ing. Mayra Katherine Chinchay Morales con registro CIP N°850410.

3.5. Procedimiento:

Para el procedimiento en primer lugar, se llevará a cabo la recolección de los materiales necesarios para la mezcla bituminosa. Estos materiales incluyen el cemento asfáltico PEN 60/70, que es un tipo específico de cemento bituminoso utilizado en la industria de la construcción de obras viales. Los agregados gruesos y finos se obtendrán de la cantera Dulong, la cual es una fuente confiable de materiales pétreos utilizados en la construcción. Además, se recolectará el aceite hidráulico residual de los barcos que se encuentran en uso en las obras del distrito. Este aceite será recogido de manera adecuada y siguiendo las normas de seguridad y medioambientales establecidas para su manipulación. Una vez recolectados todos los materiales, se podrán llevar a cabo los siguientes pasos del proceso de mezcla bituminosa.

Después de recolectar los agregados necesarios, es importante realizar los ensayos correspondientes para garantizar que cumplan con los parámetros establecidos en los protocolos previos. Para ello, se llevarán los materiales a un laboratorio de confianza que cuente con expertos en ensayos de materiales de construcción. Estos especialistas realizarán una serie de pruebas y análisis a los agregados, siguiendo los protocolos establecidos, con el objetivo de determinar si cumplen con los requisitos de calidad y características necesarias para su uso en la mezcla bituminosa. Los resultados de estos ensayos proporcionarán información valiosa para tomar decisiones informadas sobre la idoneidad de los agregados y asegurar la calidad de la mezcla final.

Una vez que los agregados hayan sido aprobados según los protocolos establecidos, se procederá a realizar el ensayo de acuerdo a la dosificación del agregado asfáltico utilizando el diseño de mezcla Marshall. Este proceso implica determinar las proporciones adecuadas de los materiales, incluyendo el cemento asfáltico y los agregados minerales, para obtener la composición óptima de la mezcla. En el diseño

de mezcla Marshall, se considerarán las cuatro diferentes proporciones de asfalto requeridas para nuestra muestra de control. Estas proporciones son determinadas en base a criterios específicos que pueden incluir requisitos de estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos en la mezcla. El diseño de mezcla Marshall nos permitirá alcanzar una mezcla asfáltica que cumpla con las especificaciones técnicas y propiedades deseadas. Es importante seguir los procedimientos adecuados y contar con personal capacitado en el diseño de mezcla Marshall para obtener resultados precisos y confiables. Esto asegurará que la mezcla asfáltica final sea de alta calidad y cumpla con los estándares requeridos para su aplicación en las obras de pavimentación.

Una vez que se haya realizado la dosificación de la mezcla asfáltica de la muestra de control según el diseño de mezcla Marshall, procederemos a realizar el mismo proceso para las muestras adicionadas con aceite hidráulico residual en diferentes proporciones: 1%, 3%, 5% y 7%. Para cada una de estas muestras, se seguirá el mismo procedimiento de dosificación, teniendo en cuenta la adición del aceite hidráulico residual en las proporciones mencionadas. Se recolectarán los datos correspondientes a los ensayos realizados, incluyendo la estabilidad, el flujo y otros parámetros relevantes. Al recopilar los datos obtenidos de estas muestras modificadas con aceite hidráulico residual, se podrá realizar una comparación con los datos de la muestra de control. Esto permitirá evaluar el efecto de la incorporación del aceite hidráulico residual en las propiedades de la mezcla asfáltica, como la estabilidad y el flujo. Es importante destacar que estos datos recopilados serán de vital importancia para analizar y determinar los efectos de la adición del aceite hidráulico residual en la mezcla asfáltica, y así poder tomar decisiones informadas sobre su uso y beneficios en futuras aplicaciones de pavimentación.

Después de obtener los diseños de mezcla, se procederá a la elaboración de un total de 6 briquetas. Estas briquetas representarán las diferentes proporciones de adición de aceite hidráulico residual que se desean evaluar, como el 1%, 3%, 5% y 7% mencionados anteriormente. Estas briquetas serán sometidas a los ensayos Marshall para determinar diferentes propiedades de la mezcla asfáltica, como el flujo, la estabilidad y la densidad. Estos ensayos permitirán obtener datos precisos sobre el comportamiento de cada muestra de mezcla y evaluar cómo varían estas propiedades

en función del porcentaje de adición de aceite hidráulico residual. El objetivo de realizar estos ensayos es encontrar el porcentaje óptimo de adición del aceite hidráulico residual que genere una mejora en la resistencia mecánica del asfalto. Para ello, se analizarán los resultados que se obtengan a través de los ensayos Marshall y se compararán las propiedades de las diferentes muestras. Una vez recopilados los datos y analizados, se procederá a seleccionar el porcentaje óptimo de adición de aceite hidráulico residual que presente mejores propiedades mecánicas en la mezcla asfáltica. Esta selección se basará en los resultados obtenidos de los ensayos, teniendo en cuenta la estabilidad, el flujo y la densidad de las briquetas. Este proceso de selección del porcentaje óptimo de adición de aceite hidráulico residual es fundamental para asegurar que se obtenga una mejora significativa en la resistencia y calidad del asfalto, lo cual será de gran importancia en futuras aplicaciones de pavimentación.

3.6. Método de análisis de datos

El método de análisis descriptivo será utilizado para procesar valores que se obtendrán de los ensayos de laboratorio. Estos datos serán introducidos en el software Microsoft Excel para generar representaciones gráficas, tablas y otros elementos visuales que permitirán comparar la mezcla asfáltica tradicional con la modificada con aceite hidráulico residual. Esta comparación ayudará a visualizar y comprender las diferencias entre ambas mezclas y evaluar el impacto del aceite hidráulico residual en las propiedades del asfalto. Microsoft Excel proporcionará herramientas y funciones para realizar cálculos, generar gráficos y organizar los datos de manera efectiva.

3.7. Aspectos éticos

Según Torres (2014, p.26), la ética se define como el pensamiento filosófico y/o ciencia que se ocupa del estudio de la moral. En el contexto de la investigación, se consideró como código de ética de la Universidad César Vallejo siendo de referencia para abordar estos mismos de manera pertinente. A continuación, se presentan los puntos contemplados en dicho código:

Respeto a la dignidad humana: Se promueve el respeto hacia todas las personas involucradas en la investigación, garantizando su dignidad, derechos y bienestar.

Honestidad: Se fomenta la honestidad en todas las etapas de la investigación, evitando el plagio, la falsificación de datos o cualquier otra forma de mala conducta científica.

Confidencialidad: Se vela por la confidencialidad de los datos obtenidos durante y después de la investigación, protegiendo la privacidad de los participantes y resguardando la propiedad intelectual.

Transparencia: Se busca la transparencia en la comunicación de los resultados de la investigación, asegurando la divulgación clara y objetiva de los hallazgos obtenidos.

Consentimiento informado: Se requiere obtener el consentimiento informado de los participantes antes de su inclusión en la investigación, asegurando que estén debidamente informados sobre los objetivos, procedimientos y posibles riesgos.

Integridad científica: Se promueve la integridad en la conducta científica, evitando cualquier forma de manipulación o sesgo en la recolección, análisis e interpretación de los datos.

Responsabilidad social: Se consideran los impactos sociales, económicos y ambientales de la investigación, procurando contribuir al bienestar de la sociedad y promoviendo la sostenibilidad.

IV. RESULTADOS.

IV.1. Objetivo específico N°01: Determinar la composición y características de los aceites hidráulicos residuales, incluyendo su contenido de contaminantes y propiedades físicas y químicas.

TABLA N° 02: CUADRO COMPARATIVO DEL ACEITE HIDRÁULICO ISO 68 Y EL ACEITE HIDRÁULICO RESIDUAL DE BARCOS

Componentes	Aceite hidráulico ISO 68	Aceite hidráulico residual
Aceite base	Mineral	Mineral o sintético
Aditivos	Antioxidantes	Antioxidantes
	Inhibidores de corrosión	Inhibidores de corrosión
	Antiespumantes	Antiespumantes
	Mejoradores del índice de viscosidad	Mejoradores del índice de viscosidad
Contaminantes	-	Agua
	-	Partículas sólidas
	-	Productos de desgaste
	-	Suciedad
	-	Contaminantes químicos
Propiedades físicas y químicas	Viscosidad	Viscosidad
	Punto de inflamación	Punto de inflamación
	Punto de fluidez	Punto de fluidez
	Estabilidad térmica	Estabilidad térmica
	Estabilidad oxidativa	Estabilidad oxidativa
	Capacidad de carga	Capacidad de carga
	Resistencia a la corrosión	Resistencia a la corrosión

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

El cuadro comparativo muestra las diferencias entre el aceite hidráulico residual y el aceite hidráulico ISO 68. El aceite hidráulico residual puede estar compuesto por aceite base mineral o sintético, junto con aditivos como antioxidantes, inhibidores de corrosión, antiespumantes y mejoradores del índice de viscosidad. Además, puede contener contaminantes como agua, partículas sólidas, productos de desgaste y contaminantes químicos. En contraste, el aceite hidráulico ISO 68 es principalmente un aceite base mineral con aditivos similares. No se mencionan contaminantes en el aceite hidráulico ISO 68 en el cuadro comparativo. Entre sus cualidades físicas y químicas, como la viscosidad, el punto de inflamación, el punto de fluidez, la estabilidad térmica, la estabilidad oxidativa, la capacidad de carga y la resistencia a la corrosión, son características comunes en ambos aceites.

4.2. Objetivo Específico N°02: Determinar el diseño de mezcla mediante el ensayo de Marshall en las mezclas asfálticas PEN 60/70 en caliente para la muestra patrón.

TABLA N° 3: Porcentaje óptimo del Ensayo Marshall Patrón

Parámetros de diseño	-0.20%	% Optimo	0.20%	Especificación EG 2013
GOLPES N°		50.00		75
CEMENTO ASFALTICO %	5.38	5.58	5.78	
PESO UNITARIO kg/m ³	2.17	2.367	2.57	
VACIOS %	4.79	4.99	5.19	3 - 5
VACIOS AGREGADO MINERAL %	15.98	16.18	16.38	14
Vacios llenados con C.A.	69.00	69.2	69.40	0.6 - 1.3
FLUJO 0.01" (0.25 mm)	0.19	0.39	0.59	8 - 14
ESTABILIDAD kN	1061.80	1062	1062.20	8, 15
FACTOR RIGIDEZ	2691.80	2692	2692.20	1700 - 4000

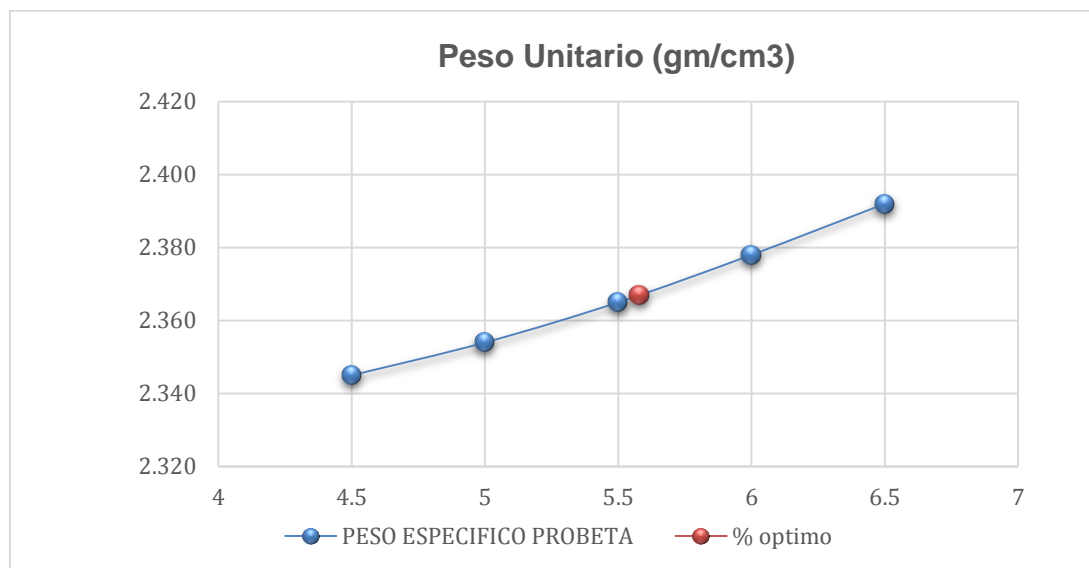
Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN:

Basándonos en los resultados del ensayo Marshall patrón, podemos describir las propiedades y el comportamiento de la mezcla asfáltica. Un número de 50 golpes indica una buena densidad y capacidad de compactación. Con un porcentaje de 5.58% de agregado asfáltico, se garantiza la cohesión y resistencia adecuadas. El peso unitario de 2.367 kg/m³ refleja una buena densidad y compactación. Los vacíos de la mezcla están en un nivel relativamente bajo (4.99%), lo cual es favorable para

la resistencia y durabilidad. Los agregados minerales presentan una buena gradación y llenan correctamente los espacios vacíos con un valor de 16.18%. El cemento asfáltico ha llenado la mayoría de los espacios vacíos con un valor de 69.2%, lo que contribuye a la cohesión. El valor de flujo de 39 indica una adecuada capacidad de deformación bajo carga. La estabilidad de 1062 kN refleja una resistencia adecuada a las cargas. El factor de rigidez de 2692 indica una buena resistencia a la deformación y durabilidad bajo cargas repetidas.

Gráfico N° 1: Peso unitario del agregado asfáltico de ensayo Marshall Patrón

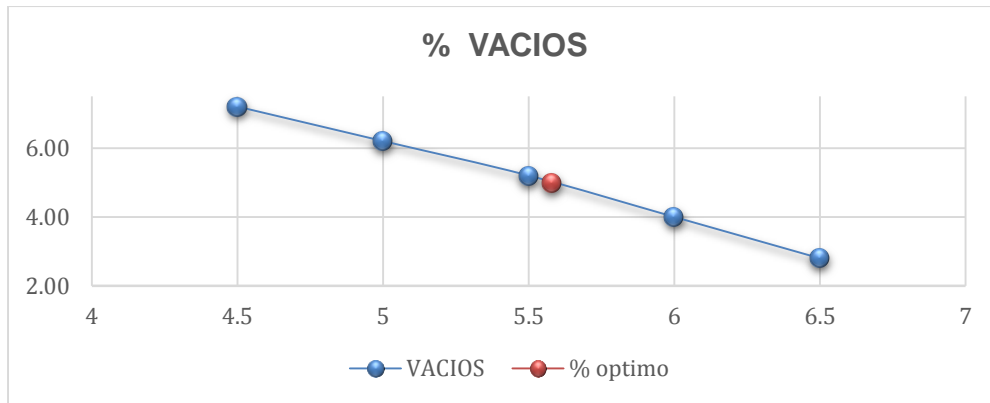


Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Se muestra en la gráfica del peso unitario en función de los distintos porcentajes de agregado asfáltico revela tendencias importantes. Se espera una relación directa entre el porcentaje de hormigón bituminoso y el peso unitario, con un incremento en el peso unitario a medida que aumenta el porcentaje de cemento asfáltico. Sin embargo, se destaca un porcentaje óptimo de cemento asfáltico (5.58%) alrededor del cual se puede observar el peso unitario más alto. Por debajo de este valor, es probable que el peso unitario sea ligeramente más bajo debido a una menor cantidad de material denso en la mezcla. Por otro lado, si los porcentajes de cemento asfáltico superan el valor óptimo, es probable que el peso unitario tienda a disminuir debido a un exceso de cemento asfáltico.

Gráfico N° 2: % Vacíos del agregado asfáltico de ensayo Marshall Patrón.

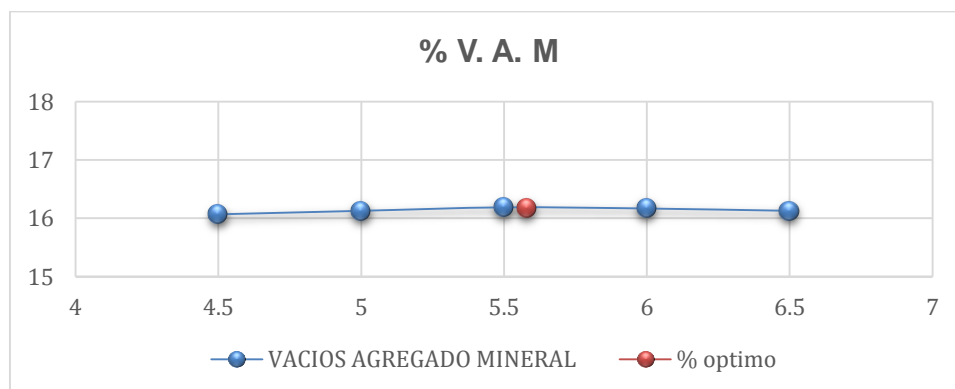


Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN:

La comparación entre el porcentaje de vacíos y el porcentaje de agregado asfáltico revela ciertas tendencias significativas, a medida que aumenta el porcentaje de cemento asfáltico, se espera que los porcentajes de vacíos disminuyan tanto en los vacíos totales como en el agregado mineral. Esto sugiere una mayor densidad en la mezcla debido al llenado de vacíos por parte del cemento asfáltico. Sin embargo, es interesante notar que el porcentaje óptimo de cemento asfáltico (5.58%) no siempre se alinea con el porcentaje más bajo de vacíos. Existe un mínimo de vacíos totales en el porcentaje de cemento asfáltico de 6.5%, lo cual indica que la densidad y el llenado de vacíos no son los únicos factores determinantes en la selección del porcentaje óptimo.

Gráfico N° 3: % V. A. M del agregado asfáltico de ensayo Marshall Patrón

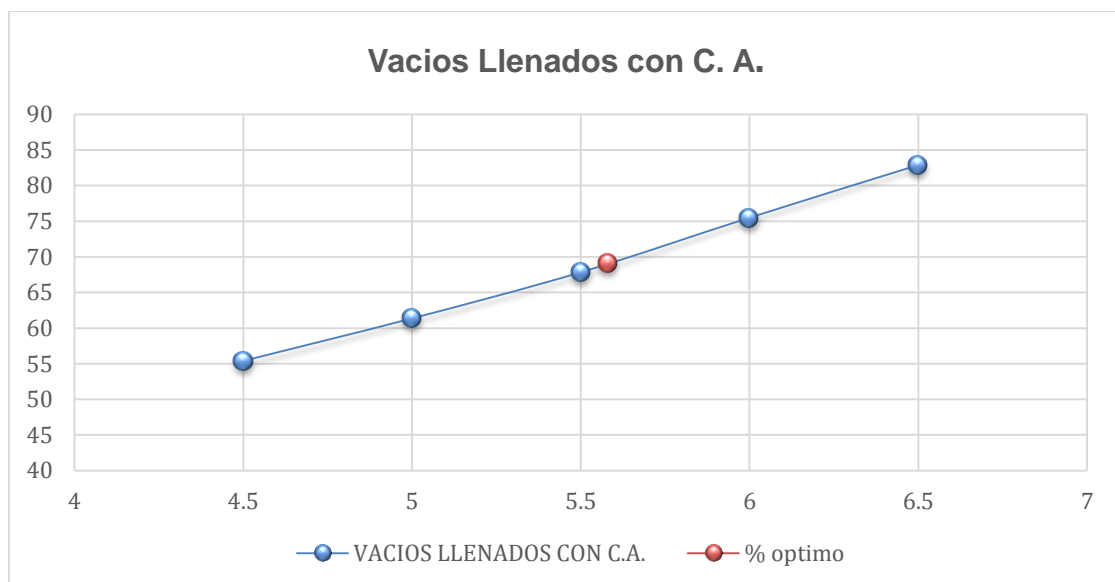


Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Se observa el gráfico realizado para comparar el porcentaje de vacíos del agregado mineral (V.A.M.) y los porcentajes de cemento asfáltico, se observa una tendencia de disminución en los porcentajes de vacíos a medida que aumenta el porcentaje de cemento asfáltico. Esto indica que un mayor contenido de cemento asfáltico en la mezcla resulta en una menor cantidad de vacíos, lo cual puede contribuir a una mayor densidad y compactación. Además, se destaca que los porcentajes de vacíos en el agregado mineral se mantienen relativamente constantes alrededor de un valor promedio de 16.1% en todos los porcentajes de cemento asfáltico evaluados. Esto sugiere que los cambios en el porcentaje de cemento asfáltico tienen un impacto más significativo en los vacíos totales de la mezcla en comparación con los vacíos presentes en el agregado mineral en sí.

Gráfico N° 4: % Vacíos Llenados con C. A. del agregado asfáltico de ensayo
Marshall Patrón



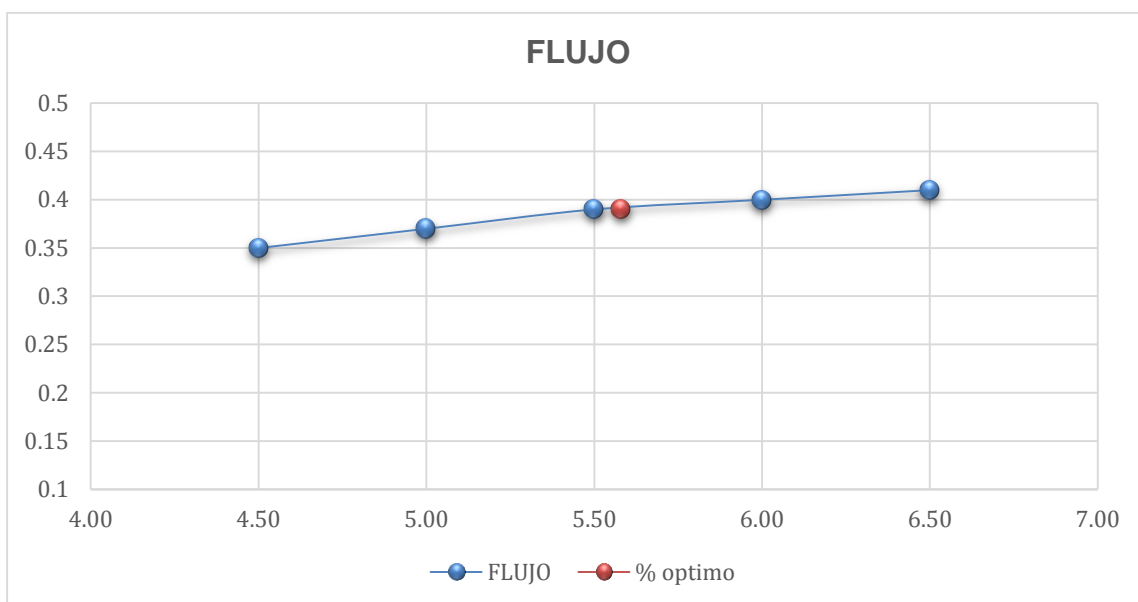
Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Se muestra un detalle, donde se comparan los porcentajes de vacíos llenados de cemento asfáltico con los porcentajes de cemento asfáltico, revelando información valiosa. En general, se observa una tendencia de aumento en los porcentajes de

vacíos llenados a medida que aumenta el porcentaje de cemento asfáltico utilizado. Esto indica que un mayor contenido de cemento asfáltico en la mezcla resulta en una mayor cantidad de vacíos llenados, lo que sugiere una mejor capacidad de llenado y compactación del cemento asfáltico en los espacios vacíos de la mezcla. Sin embargo, es interesante notar que el porcentaje óptimo de cemento asfáltico (5.58%) no se alinea directamente con el porcentaje más alto de vacíos llenados. El valor máximo se encuentra en el porcentaje de agregado asfáltico de 6.5%, mientras que el porcentaje óptimo se sitúa en 5.58%.

Gráfico N° 5: Flujo del agregado asfáltico de ensayo Marshall Patrón



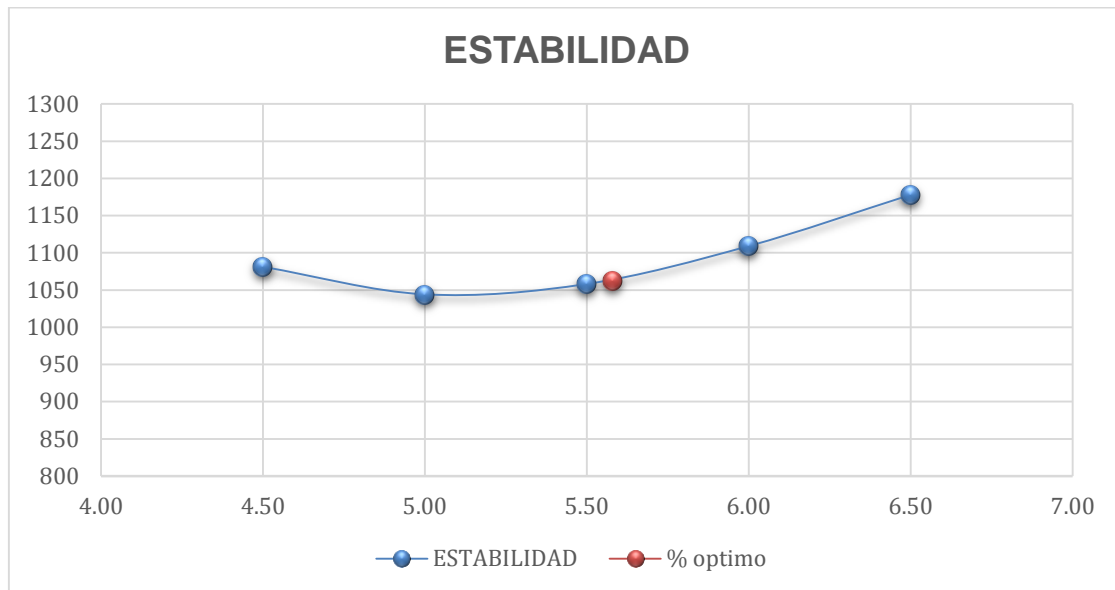
Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN:

El gráfico realizado para comparar el parámetro de flujo de acuerdo a los porcentajes de agregado asfáltico, se observa un aumento gradual en el flujo a medida que aumenta el porcentaje de cemento asfáltico utilizado. Esto indica que un mayor contenido de cemento asfáltico puede mejorar la capacidad de flujo de la mezcla asfáltica. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el porcentaje óptimo de cemento asfáltico (5.58%) no se alinea directamente con el valor más alto de flujo, que se encuentra en el porcentaje de cemento asfáltico de 6.5%. Esto sugiere que el flujo no es el único factor determinante para establecer el porcentaje óptimo, y se

deben considerar otros factores, como la estabilidad y el factor de rigidez, para tomar una decisión informada.

Gráfico N° 6: Estabilidad del agregado asfáltico de ensayo Marshall Patrón

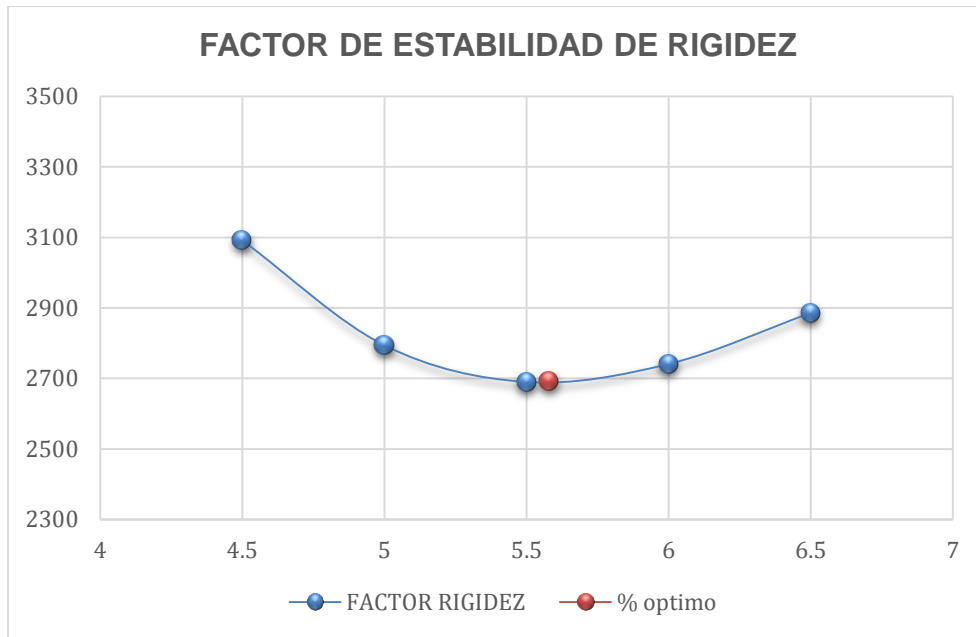


Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN:

El gráfico revela que no hay una tendencia clara de aumento o disminución en la estabilidad a medida que varían los porcentajes de cemento asfáltico (4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5%). Esto indica que la estabilidad de la mezcla asfáltica puede verse influenciada por otros factores además del porcentaje de cemento asfáltico, como la densidad, el llenado de vacíos y la composición de los agregados. Es importante destacar que el porcentaje óptimo de cemento asfáltico utilizado en el estudio fue del 5.58%. Sin embargo, no se observa una correlación directa entre el porcentaje óptimo y el valor más alto o más bajo de estabilidad en las proporciones evaluadas. Esto sugiere que es necesario considerar cuidadosamente otros factores y variables para lograr una estabilidad óptima en la mezcla asfáltica.

Gráfico N° 7: Estabilidad del agregado asfáltico de ensayo Marshall Patrón



Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN:

El séptimo gráfico muestra que el factor de rigidez de la mezcla asfáltica varía con los diferentes porcentajes de cemento asfáltico evaluados, sin mostrar una tendencia clara de aumento o disminución. Esto indica que el factor de rigidez puede verse influenciado por otros factores además del porcentaje de cemento asfáltico, como la densidad, el llenado de vacíos y la composición de los agregados. Es importante destacar que el porcentaje óptimo de cemento asfáltico (5.58%) no se correlaciona directamente con el valor más alto o más bajo del factor de rigidez. Estos hallazgos subrayan la necesidad de considerar cuidadosamente estos factores en conjunto para lograr un factor de rigidez óptimo en la mezcla asfáltica.

4.3. Objetivo Específico N°03: Determinar las características físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica modificadas PEN 60/70 en caliente con adiciones de aceite hidráulico residual en 1%, 3%, 5%, 7%.

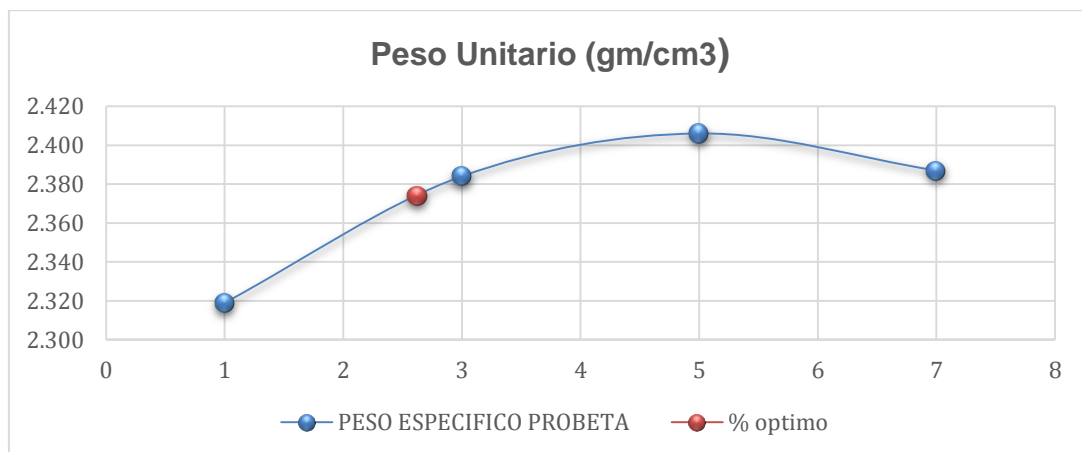
Teniendo en cuenta estos resultados, se realizó la implementación de las adiciones de aceite hidráulico residual en diferentes porcentajes (1%, 3%, 5%, 7%) en las mezclas asfálticas. Realiza el ensayo Marshall para cada mezcla modificada y comparar los resultados con el ensayo patrón.

Tabla N°4: Ensayo Marshall del agregado asfáltico modificado con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%

CUADRO DE RESUMEN CON PORCENTAJES DE A.H					% Optimo	Especificación EG 2013
% ACETITE HIDRAULICO	1	3	5	7	2.63	75
PESO ESPECIFICO PROBETA	2.319	2.384	2.406	2.387	2.374	
VACIOS	5.4	5.7	6.3	7.2	5.63	3 - 4
VACIOS AGREGADO MINERAL	17.94	15.64	14.88	15.55	16.00	14
VACIOS LLENADOS CON C.A.	70.08	63.29	57.5	53.56	64.60	
FLUJO	0.41	0.57	0.68	0.61	0.54	8 - 14
ESTABILIDAD	1183	939	795	589	980	
FACTOR RIGIDEZ	2859	1637	1172	961	1820	MIN. 815
ESTAB. /FLUENCIA	2859	1637	1172	961		1700 - 4000

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 8: Peso unitario del agregado asfáltico de mezcla modificada con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%.

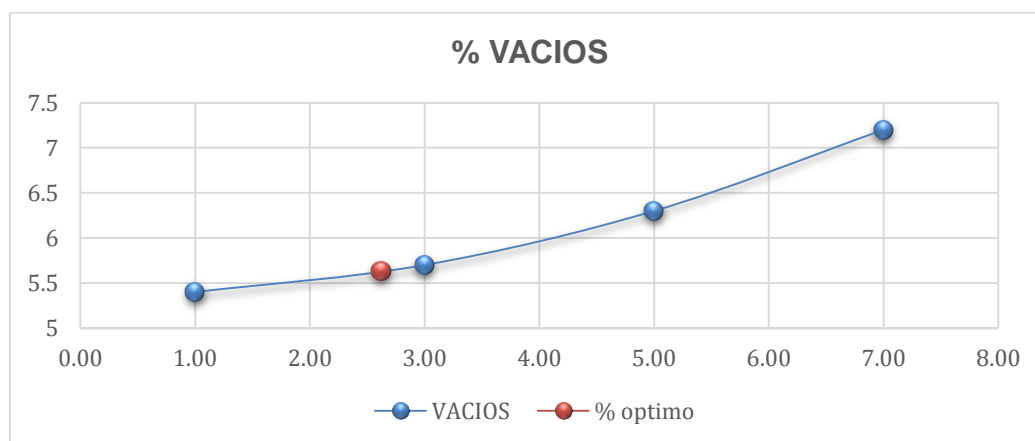


Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN:

Se realiza la comparativa del gráfico con el peso específico de la briqueta con el porcentaje de aceite hidráulico residual, considerando un rango de adición del 1% al 3% y un porcentaje óptimo de 2.63%. Los resultados revelaron que el peso específico varió dentro de este rango de adición, mostrando una influencia significativa del porcentaje de aceite hidráulico residual. Se observó un aumento en el peso específico a medida que aumentaba el porcentaje de aceite hidráulico residual. Es importante destacar que el porcentaje óptimo de adición, 2.63%, está dentro del rango establecido y cumple con los criterios de consistencia, fluidez, rigidez, vacíos, estabilidad y otros parámetros establecidos en la Especificación EG 2013.

Gráfico N°09: Porcentaje de vacíos % de mezcla modificada con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%



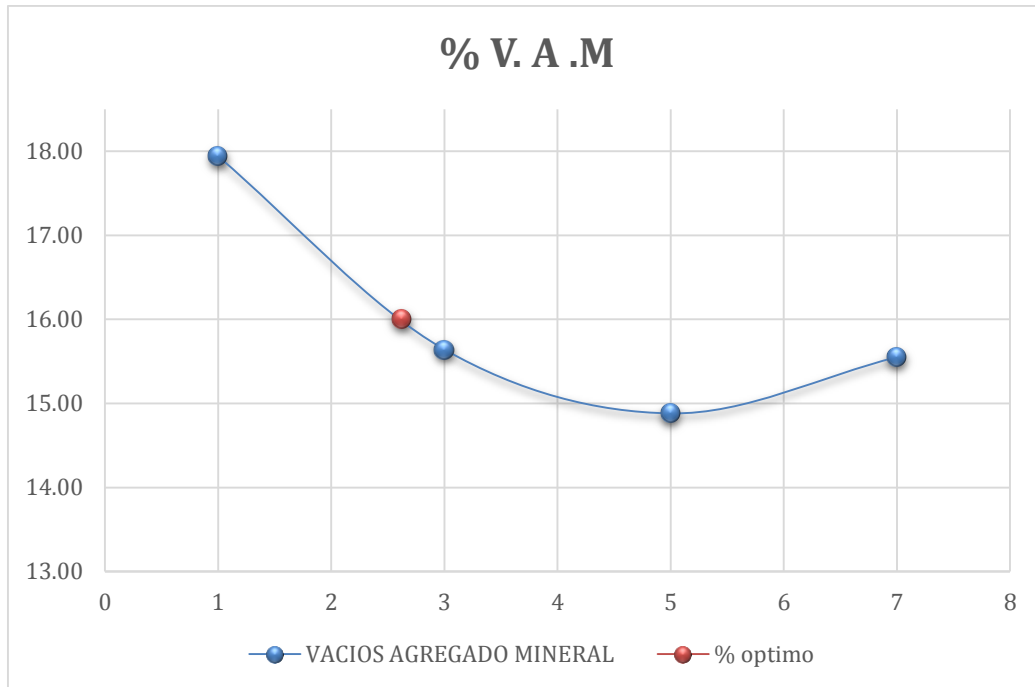
Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN:

De acuerdo al gráfico se comparó el porcentaje de vacíos con el porcentaje de aceite hidráulico residual de barcos en la mezcla asfáltica modificada. Se observó que los porcentajes de vacíos aumentaron a medida que aumentaba el porcentaje de aceite hidráulico residual dentro del rango evaluado. Estos porcentajes de vacíos se mantuvieron dentro de los límites aceptables establecidos en la Especificación EG 2013, que especifica un rango de vacíos entre 3.0% y 4.0%. Estos hallazgos indican que el porcentaje de aceite hidráulico residual de barcos tiene una influencia significativa en los porcentajes de vacíos en la mezcla asfáltica modificada, y cumplir

con los límites establecidos en la especificación es crucial para garantizar la calidad y consistencia de la mezcla.

Gráfico N°10: Porcentaje de Vacíos Minerales de mezcla modificada con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%

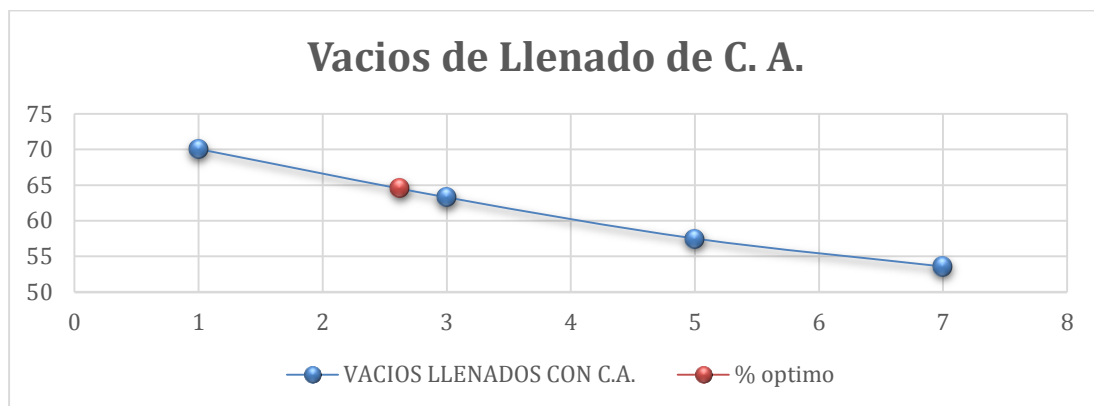


Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN:

Analizando el gráfico se observa el porcentaje de vacíos de agregado mineral con el porcentaje de los aceites hidráulicos en la mezcla asfáltica modificada. No se encontró una relación clara o una tendencia consistente entre estos dos parámetros a medida que variaron los porcentajes de los aceites hidráulicos. Los porcentajes de vacíos de agregado mineral se mantuvieron prácticamente constantes en todos los porcentajes de los aceites hidráulicos evaluados. Estos hallazgos indican que el porcentaje de los aceites hidráulicos no parece tener una influencia significativa en los porcentajes de vacíos de agregado mineral en la mezcla.

Gráfico N°11: Vacíos de llenado de C. A. de mezcla modificada con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%

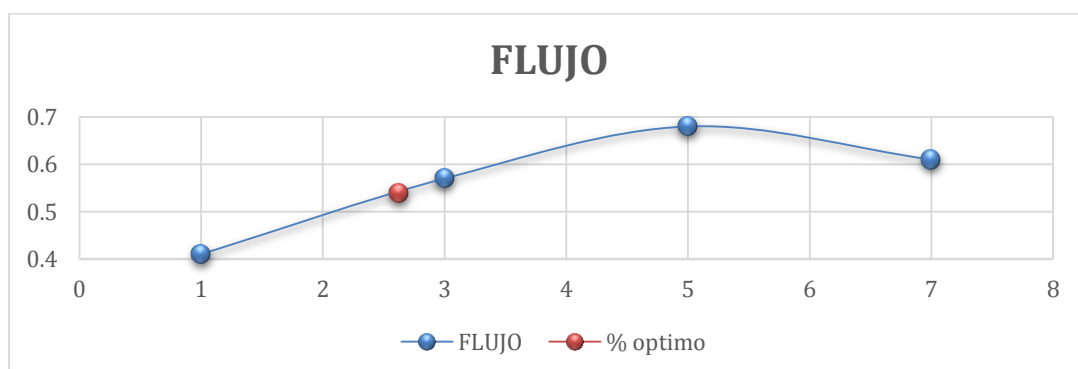


Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN:

El gráfico muestra el porcentaje de vacíos con el porcentaje de aceite hidráulico residual en la mezcla asfáltica modificada. No se observó una relación clara o una tendencia consistente entre estos dos parámetros a medida que variaron los porcentajes de aceite hidráulico residual. Los porcentajes de vacíos se mantuvieron prácticamente constantes en todos los porcentajes de aceite hidráulico residual evaluados. Estos hallazgos indican que el porcentaje de aceite hidráulico residual no parece tener una influencia significativa en los porcentajes de vacíos en la mezcla asfáltica modificada.

Gráfico N°12: Flujo de mezcla modificada con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%

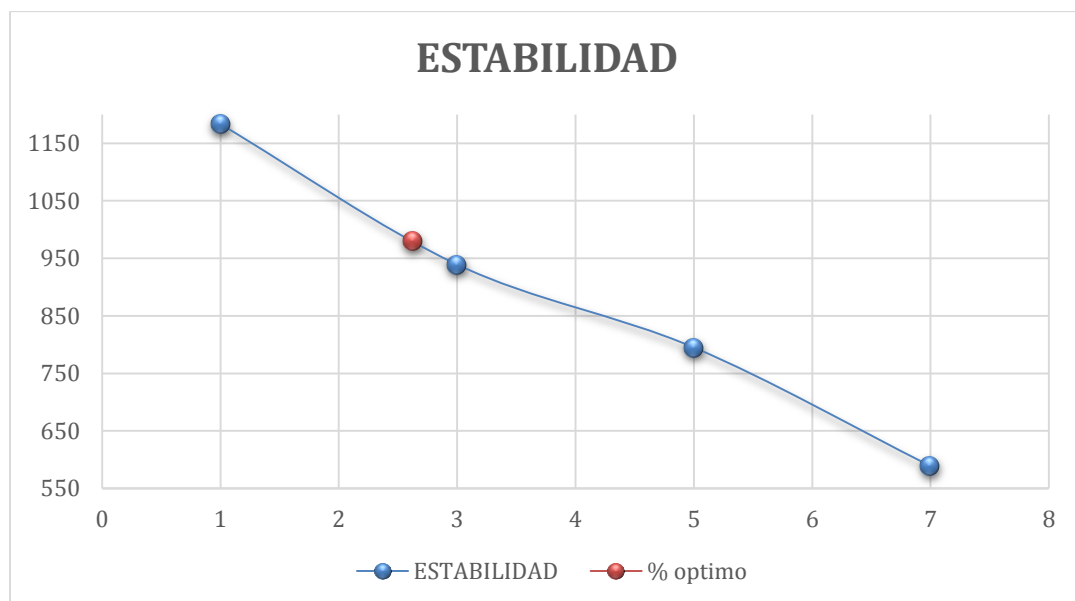


Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN:

Se muestra la gráfica que compara el flujo de la mezcla asfáltica modificada con el porcentaje de aceite hidráulico residual de los barcos. Se observó una tendencia donde el valor de flujo disminuyó a medida que aumentaba el porcentaje de aceite hidráulico residual en la mezcla. Estos resultados indican que el porcentaje de aceite hidráulico residual tiene una influencia significativa en la fluidez de la mezcla, y mantenerlo dentro del rango especificado en la Especificación EG 2013 (entre 8.0 y 14.0) es crucial para asegurar una consistencia adecuada del material.

Gráfico N°13: Estabilidad de mezcla modificada con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%



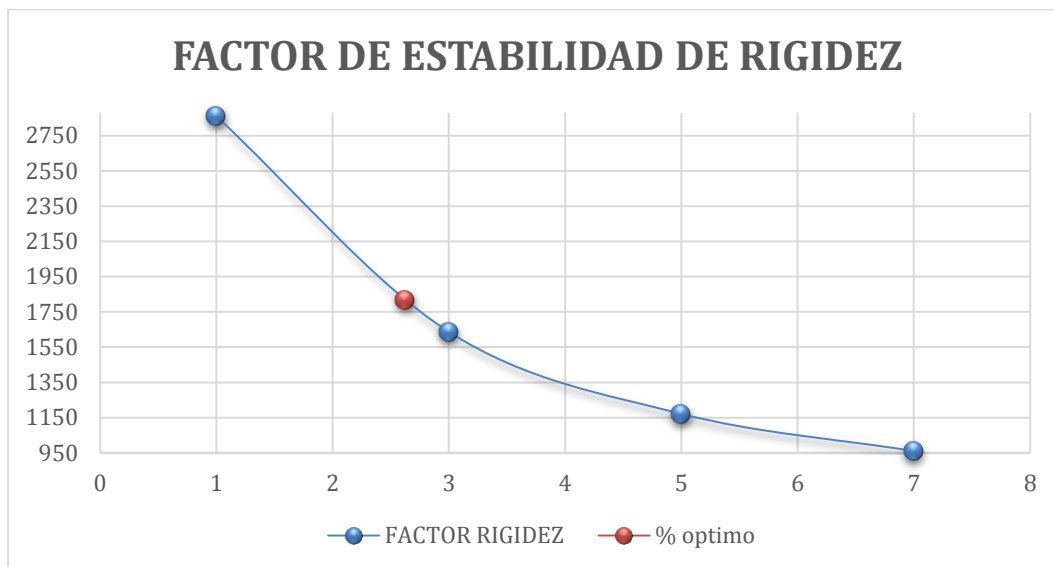
Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN:

En el gráfico, que compara la estabilidad de la mezcla con el porcentaje de aceite hidráulico residual, se observa que los valores de estabilidad obtenidos no muestran una relación clara con los diferentes porcentajes de aceite hidráulico residual evaluados. Sin embargo, es importante destacar que la Especificación EG 2013 establece ciertas especificaciones para la mezcla asfáltica modificada. Estas especificaciones incluyen un porcentaje óptimo de adición de aceite hidráulico residual de 2.63% y un factor de rigidez mínimo de 815. Para asegurar la conformidad

con las especificaciones, es necesario analizar en detalle los resultados obtenidos en el estudio y evaluar si cumplen con los criterios establecidos en la especificación. Esto permitirá determinar si la mezcla cumple con los estándares de consistencia, fluidez, rigidez y estabilidad requeridos para su uso en aplicaciones específicas.

Gráfico N°14: Factor de Estabilidad y Rigidez de mezcla modificada con implementación de aceite hidráulico residual de barcos en 1%, 3%, 5% y 7%



Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN:

En el gráfico, se comparó el factor de rigidez de la mezcla con los porcentajes de aceite hidráulico residual. El cuadro de resumen proporciona datos relevantes para esta comparación, incluyendo el porcentaje óptimo de 2.63% y la especificación EG 2013 de un factor de rigidez mínimo de 815. Los resultados revelan que el factor de rigidez varía significativamente en función de los diferentes porcentajes de aceite hidráulico residual evaluados. Estos hallazgos resaltan la influencia del porcentaje de aceite hidráulico residual en la rigidez de la mezcla. Es fundamental evaluar si los valores de factor de rigidez obtenidos cumplen con los criterios establecidos en la especificación EG 2013 para garantizar un comportamiento adecuado de la mezcla en términos de resistencia y estabilidad.

4.4. Objetivo Específico N°04: Realizar un análisis comparativo de costos unitarios de mezcla asfáltica convencional y mezclas asfálticas modificadas.

TABLA N°05: Costo unitarios de mezcla patrón con porcentaje óptimo.

PREARACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CONVENCIONAL					
Rendimiento: 3800.00 m2/día				e= 2"	
DENOMINACION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	SUB-TOTAL
MANO DE OBRA					0.54
CAPATAZ	HH	1	0.0021053	18.70	0.04
OFICIAL	HH	2	0.0042105	14.41	0.06
PEON	HH	16	0.0336842	12.98	0.44
HERRAMIENTAS					0.03
HERRAMIENTAS MANUALES	%		5	0.54	0.03
MATERIALES					25.76
CEMENTO ASFALTICO PEN 85/100	gal		2	8.40	16.8
FILLER (CAL)	kg		2.4	0.52	1.25
PETROLEO DIESEL	gal		0.47	11.30	5.31
PIEDRA CHANCADA	m3		0.5444	29.66	1.2
ARENA GRUESA	m3		0.3989	55.08	1.2
MAQUINARIA					2.99
CARGADOR FRONTAL 125-155 HP 3YDS3	HM	1.0000	0.0021053	108.00	0.23
CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA	KWH	1.0000	0.0021053	500.00	1.05
PLANTA ASFALTICA EN CALIENTE	HM	1.0000	0.0021053	800.00	1.68
SECADOR DE ARIDOS	HM	1.0000	0.0021053	13.34	0.03
COSTO DIRECTO / m2					29.32
GASTOS GENERALES	10	%			2.93
SUB TOTAL					32.25
I.G.V.	18	%			5.81
COSTO TOTAL / m2					38.06

Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN:

La tabla de análisis de precios unitarios revela de manera detallada los costos asociados a cada componente de la mezcla asfáltica convencional, como agregados minerales, cemento asfáltico, aditivos, mano de obra, equipos y otros gastos. En esta tabla se detalla el proceso de presupuestación y para tener una visión clara de los

recursos económicos requeridos para llevar a cabo proyectos de pavimentación con mezclas asfálticas convencionales.

TABLA N°06: Costo unitarios de mezcla modificada en planta.

PREARACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MODIFICADA					
Rendimiento: 3800.00 m2/día			e= 2"		
DENOMINACION	UNIDA D	CUADRILL A	CANTIDA D	PRECI O	SUB- TOTAL
MANO DE OBRA					0.54
CAPATAZ	HH	1	0.002105 3	18.70	0.04
OFICIAL	HH	2	0.004210 5	14.41	0.06
PEON	HH	16	0.033684 2	12.98	0.44
HERRAMIENTAS					0.03
HERRAMIENTAS MANUALES	%		5	0.54	0.03
MATERIALES					119.778
ACEITE HIDRAULICO RESIDUAL	Gal		5.80	16.21	94.02
CEMENTO ASFALTICO PEN 85/100	gal		2.0000	8.40	16.80
FILLER (CAL)	kg		2.4000	0.52	1.25
PETROLEO DIESEL	gal		0.4700	11.30	5.31
PIEDRA CHANCADA	m3		0.5444	29.66	1.20
ARENA GRUESA	m3		0.3989	55.08	1.20
MAQUINARIA					2.99
CARGADOR FRONTAL 125-155 HP 3YDS3	HM	1.0000	0.002105 3	108.00	0.23
CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA	KWH	1.0000	0.002105 3	500.00	1.05
PLANTA ASFALTICA EN CALIENTE	HM	1.0000	0.002105 3	800.00	1.68
SECADOR DE ARIDOS	HM	1.0000	0.002105 3	13.34	0.03
COSTO DIRECTO / m2					123.338
GASTOS GENERALES	10	%			12.33
SUB TOTAL					135.67
I.G.V.	18	%			24.42
COSTO TOTAL / m2					160.09

Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN:

La tabla de costos unitarios de las mezclas asfálticas modificadas muestra los costos unitarios de los componentes habituales, pero también incluye el costo del aceite hidráulico residual, un aditivo utilizado en la modificación de las mezclas. Al observar estos valores, se puede apreciar el impacto que tiene el aceite hidráulico residual en los costos totales y su contribución a la viabilidad económica de utilizar mezclas asfálticas modificadas. Siendo esta tabla de precios unitarios de gran ayuda para comparar los costos entre las mezclas convencionales estándar y las mezclas modificadas, y tomar decisiones informadas sobre la selección de la mezcla de manera ordenada en función de los recursos que estén a nuestro alcance y los objetivos del proyecto de pavimentación.

V. DISCUSIÓN

El Objetivo Específico N°01 se enfoca en la implementación del aceite hidráulico residual en mezclas asfálticas con el objetivo de mejorar sus propiedades y rendimiento transmite una estrategia interesante para tu proyecto. Al utilizar este tipo de aceite como modificador, es posible obtener beneficios significativos. Los componentes del aceite hidráulico residual, como los antioxidantes y los inhibidores de corrosión, podrían proporcionar una mayor durabilidad y resistencia a la degradación del asfalto, lo que contribuiría a mejorar la vida útil de las mezclas asfálticas. Además, los aditivos presentes en el aceite hidráulico residual podrían mejorar la adherencia y cohesión del asfalto, lo que resultaría en una mayor resistencia a la fatiga y a la formación de grietas. La incorporación de este aceite en las mezclas asfálticas también podría contribuir a mejorar la resistencia a la humedad y al envejecimiento, lo que es crucial para garantizar la durabilidad de las superficies de pavimento. Se han implementado los métodos de estudio necesarios para llevar a cabo nuestro proyecto de investigación, realizando las pruebas y ensayos correspondientes para determinar sus propiedades y desempeño del agregado asfáltico modificado con aceite hidráulico residual. El método utilizado es Diseño de Marshall con adición de aceite residual en distintos porcentajes, cumpliendo con los requisitos técnicos y de calidad deseados.

Además para la investigación exhaustiva y la realización de las pruebas para evaluar su efectividad y cumplir con las regulaciones correspondientes se va utilizar los Protocolos Según la Norma Técnica peruana, los cuales son: Granulometría de los agregados - ASTM C 136, Absorción y peso específico de los agregados - MTC E 206, Durabilidad al sulfato de magnesio - MTC E 209, Partículas chatas y alargadas - MTC E 221, Sales solubles totales (agregado grueso y fino) - MTC E 219, Equivalente de arena - MTC E 114, Índice de durabilidad - MTC E 214, Diseño de mezcla Marshall - ASTM D 1559, Ensayo Marshall - MTC E 504.

El Objetivo Específico N°02 tiene como propósito determinar el diseño de mezcla de las mezclas asfálticas PEN 60/70 utilizando el ensayo de Marshall. Se realizaron pruebas en la muestra patrón y en mezclas con adiciones de aceite hidráulico residual en porcentajes del 1%, 3%, 5% y 7%. En la interpretación de los resultados del cuadro comparativo, se observa que la muestra de mezcla asfáltica diseñada presenta un

número adecuado de golpes para su compactación, con 50 golpes en cada cara. Esto es esencial para garantizar la estabilidad de la mezcla. El porcentaje de cemento asfáltico en peso indica la proporción utilizada en la mezcla, mientras que el peso unitario refleja la densidad de la probeta. Estos aspectos son cruciales para determinar la durabilidad y la capacidad de soportar cargas en la mezcla. Los porcentajes de vacíos y en los agregados minerales, así como los vacíos llenados con cemento asfáltico, son indicadores importantes de la compactación y resistencia de la mezcla. El valor de flujo muestra la capacidad de deformación bajo carga, mientras que la estabilidad, así como el factor de rigidez representan la resistencia general y la rigidez de la mezcla, respectivamente.

El objetivo Específico N°03 se cuestiona el motivo de la realización de los ensayos para comprender cómo el porcentaje de aceite hidráulico residual afecta la mezcla asfáltica. Se observa que el peso específico de la probeta varía ligeramente con cada porcentaje de adición de aceite, planteando la interrogante sobre una posible relación directa. Los porcentajes de vacíos aumentan con el incremento del aceite hidráulico residual, lo que suscita preguntas sobre su impacto en la estructura interna y propiedades relacionadas. Por otro lado, se observa una disminución en los vacíos del agregado mineral con el aumento del aceite, sugiriendo una posible mejora en la compactación. Los valores de flujo muestran variaciones significativas, lo que permite cuestionar cómo el aceite afecta la trabajabilidad y facilidad de compactación. La estabilidad y el factor de rigidez también presentan cambios significativos, generando preguntas sobre la capacidad de soporte de carga y resistencia estructural de la mezcla.

Según un estudio de Plasencia y Rodríguez, Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la inclusión de aceite quemado de motor de vehículo. Se evaluaron dos diseños de agregados asfálticos en caliente. El primer diseño se centró en lograr evaluar el porcentaje óptimo del agregado bituminoso, mientras que el segundo diseño se enfocó en incorporar aceite quemado de motor en la mezcla. El objetivo general del estudio fue diseñar mezclas asfálticas en caliente con diferentes porcentajes de aceite quemado de motor, siguiendo el ensayo Marshall y cumpliendo con los estándares ya previstos de acuerdo a la norma EG-2013. Se realizaron pruebas utilizando diversos porcentajes de aceite quemado de motor, incluyendo 1%, 2.5%, 4% y 7%. Los resultados revelaron que los porcentajes de 1% y 2.5% tuvieron una influencia

insignificante en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla. La estabilidad y el flujo fueron considerablemente más bajos en comparativa con la mezcla convencional. Por otro lado, se observó que, al incrementar su porcentaje de aceite quemado, su estabilidad del agregado asfáltico se incrementa mientras que el flujo disminuye. Como resultado de estos hallazgos, se descartaron los porcentajes de 1%, 2.5% y 7% para su utilización en la mezcla asfáltica. Finalmente, se evaluaron los porcentajes óptimos del aceite quemado a utilizar es del 4%, ya que en este punto se logró mantener la estabilidad y el flujo de acuerdo a los parámetros establecidos acuerdo a la normativa EG-2013.

El análisis de precios unitarios es una herramienta detallada que revela los costos asociados a cada componente de la mezcla asfáltica convencional, como agregados, cemento asfáltico, aditivos, mano de obra, equipos y otros gastos. Este análisis permite identificar los componentes que tienen un impacto significativo en los costos totales y comprender mejor cómo se distribuyen los recursos financieros necesarios para este tipo de mezcla. La información obtenida a través de este análisis es crucial para el proceso de presupuestación, ya que nos brinda una perspectiva más clara de los recursos económicos requeridos para llevar a cabo proyectos de pavimentación con mezclas asfálticas convencionales.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que el aceite hidráulico residual en comparación de un aceite hidráulico ISO 98 difiere en su composición, contenido de contaminantes, propiedades físicas y químicas, así como en su desempeño y aplicaciones. Si se busca un rendimiento confiable y consistente, así como el cumplimiento de estándares de calidad, el aceite hidráulico ISO 98 es la opción preferida. Sin embargo, el uso del aceite hidráulico residual puede ser una alternativa en situaciones donde no se requieran características de alto rendimiento y se tengan en cuenta las posibles variables y contaminantes presentes en el aceite residual.
- Al llevar a cabo el ensayo Marshall patrón demuestran que la mezcla cumple con los requisitos de densidad, cohesión, resistencia, rigidez y capacidad de flujo. Estas características son fundamentales para garantizar un desempeño satisfactorio de la mezcla asfáltica en términos de estabilidad, durabilidad y capacidad de soporte de carga.
- Asimismo, también se realizó el ensayo Marshall con la implementación del aceite hidráulico residual en porcentajes de 1%, 3%, 5% y 7% en la mezcla permitieron evaluar si esta adición tiene un impacto significativo en las propiedades de la mezcla, por lo tanto, como % óptimo de aceite hidráulico residual se tienen un valor de 2.63%, en el % de vacíos de 6.15 %, un V. A. M. de 16.00%, vacíos llenados con C. A. de 61.11 %, un Flujo de 0.568 cm y un factor de estabilidad y rigidez de 165.3 kg.
- Estas conclusiones fueron importantes para determinar qué porcentajes de aceite hidráulico residual tienen un impacto en las características de la mezcla asfáltica y el factor de rigidez. Determinando su evaluación, como el peso específico, los vacíos, el flujo, la estabilidad y cumplir con los criterios de la especificación EG 2013, es importante seleccionar el porcentaje óptimo de aceite hidráulico residual y asegurarse de que las características de la mezcla se encuentren dentro de los rangos establecidos. Para garantizar un comportamiento adecuado de la mezcla asfáltica. Estos valores obtenidos están dentro del rango establecido por la especificación, se puede considerar que la mezcla cumple con los criterios de consistencia y resistencia necesarios.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seleccionar el aceite hidráulico que mejores características obtenga en cuanto a las necesidades de su aplicación, considerando factores como el rendimiento requerido, la confiabilidad, el cumplimiento de estándares de calidad y las implicaciones ambientales. Además, es importante seguir las recomendaciones del fabricante del equipo y las regulaciones pertinentes para garantizar un funcionamiento óptimo y seguro.
- Estos ensayos permitirán evaluar cómo la incorporación del aceite hidráulico residual afecta las características del agregado asfáltico. Se recomienda realizar pruebas de densidad, cohesión, resistencia, rigidez y capacidad de flujo en cada porcentaje de adición para determinar el efecto del aceite hidráulico residual en estas propiedades. Además, se debe tener en cuenta que la incorporación de aceite hidráulico residual puede introducir variables y contaminantes adicionales en la mezcla asfáltica, por lo que se recomienda realizar análisis de calidad del aceite residual utilizado y evaluar su impacto en las características de la mezcla.
- Con base en los resultados de estos ensayos adicionales, se logra evaluar el porcentaje óptimo con la adición de aceite hidráulico residual que mejora las características deseadas de la mezcla asfáltica, como su estabilidad, durabilidad y capacidad de soporte de carga. Estos resultados serán fundamentales para la implementación exitosa del aceite hidráulico residual en las mezclas asfálticas y para la realización del proyecto propuesto.
- Es fundamental establecer claramente los parámetros y estándares de referencia que se utilizarán para evaluar los resultados. Esto permitirá una comparación precisa y significativa entre las diferentes mezclas asfálticas y sus variaciones. Además, es importante considerar la variabilidad inherente en los resultados y realizar un análisis estadístico adecuado para respaldar tus conclusiones. Esto brindará una base sólida para tomar decisiones informadas sobre el diseño de las mezclas bituminosas y su desempeño en función de los criterios establecidos.

REFERENCIAS

1. ALDAGARI, Sand, FAISAL Kabir y FINI, Elham. Investigating aging properties of bitumen modified with polyethylene-terephthalate waste plastic. Resources, Conservation and Recycling [en línea]. 2021;173(2). [Fecha de consulta: 03 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921002962/pdf?md5=4e7f3359939b0dac193b471e493d47db&pid=1s2.0S0921344921002962-main.pdf>
ISSN: 0921-3449
2. ARIAS, José. Proyecto de tesis Guía para la elaboración [en línea]. Perú, 2020. [fecha de Consulta: 01 de junio de 2022]. Disponible en: <https://cutt.ly/AK9U18g>
ISBN: 9786120054161
3. ÁVILA, Héctor. Introducción a la metodología de la investigación. [en línea], España, 2006. [fecha de Consulta: 01 de junio de 2022]. Disponible en: <https://cutt.ly/xK9U3XB>
4. BAJHET, Sajjad. Enhancement of Cold Mix Asphalt Using Local Waste Materials for Binder Layer Pavement. [en línea]. Tesis (Título para Ingeniero Civil). Iraq: University of Kerbala, 2014. 159 pp. [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2022].
Disponible: <https://uokerbala.edu.iq/wp-content/uploads/2020/08/Rp-Enhancement-of-Cold-Mix-Asphalt-Using-Local-Waste-Materials-for-Binder-Layer-Pavement.pdf>
5. CABERO, Julio. La aplicación del juicio de expertos como técnica de evaluación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación. [en línea]. 2013, n.º02. [fecha de Consulta: 14 de mayo de 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/260750592_La_aplicacion_del_juicio_de_experto_como_tecnica_de_evaluacion_de_las_tecnologias_de_la_informacion_y_comunicacion_TIC
6. CABREJOS, Jehimy. Estabilización de afirmados con residuos lubricantes vehicular en el camino rural del centro poblado de cambio Puente-Chimbote.

- [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil). Perú: Universidad Nacional del Santa-Chimbote, 2019. 198 pp. [Fecha de consulta: 18 de noviembre del 2022]
Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3659>
7. CALAHORRA, Maria. Un nuevo enfoque para la integración de factores ambientales, sociales y económicos para evaluar mezclas asfálticas con y sin neumáticos de desecho. Bogota : Ingeniería de la Construcción [en línea]. 14(3), 2016. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732018000300301&script=sci_arttext
ISSN: 0718-5073
 8. CHUCHUCA, Kleber y RODAS, Erick. Diagnóstico del fluido hidráulico de la maquinaria pesada utilizada por el ministerio de transporte y obras públicas del Azuay, mediante el conteo de partículas, para determinar su estado. [en línea]. Tesis (Título para Ingeniero civil). Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2020. 97 pp. [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2022]
Disponible: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19421/1/UPS-CT008870.pdf>
 9. CUTTI, Edgar. Utilizaciones vegetales para la disminución de temperatura de mezcla y su efecto en sus características para la disminución de la temperatura de mezclas asfalto en caliente para el diseño de la AV. Leoncio Prado Chilca-Huancayo. [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil). Perú: Universidad Nacional del centro del Perú, 2019. 176 pp. [Fecha de consulta: 09 de noviembre del 2022].
Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6968>
 10. DAVILA, Magda y MAGALDI, Pedro. Efecto del aceite reciclado de cocina sobre las propiedades físicas y mecánicas de mezclas asfálticas en caliente md-19 2018. BOGOTA: Universidad Católica de Colombia [en línea]. 1(2), 2018: 60-70. [Fecha de consulta: 13 de noviembre del 2022]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/23400>
ISSN: 1029-84364
 11. ESTRADA, Javier y MENDOZA, Yasner. Análisis comparativo entre pavimento rígido y flexible en la vía del distrito de Taricá - caserío de San Antonio, Áncash, 2019. [en línea]. Tesis (Título para Ingeniero Civil). Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 200 pp. [Fecha de consulta: 02 de Setiembre de 2022].
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43340>

12. GOMÉZ, Gustavo. Mejoramiento de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho usando mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros – 2020 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Perú: Universidad Cesar Vallejo de Lima, 2020. 117 pp. [Fecha de consulta: 15 de noviembre del 2022].
Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66174>
13. GÓMEZ, Juan, MOSOS ARAGÓN, Armando y MOSOS GUZMÁN, Carlos. Estudio de asfaltos y mezclas asfálticas modificadas con aceite residual de motor [en línea]. Tesis de grado (Magister en ingeniería civil). Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2018. 200 pp. [Fecha de consulta: 10 de noviembre del 2022]
Disponible en: <https://hdl.handle.net/10983/22533>
14. HARERU, Werku y TEWODROS, Ghebrab. Rheological Properties and Application of Molasses Modified Bitumen in Hot Mix Asphalt (HMA). Applied Sciences [en línea]. 3(2), 2020. [Fecha de consulta: 15 de noviembre del 2022].
Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Rheological-Properties-and-Application-of-Molasses-Hareru-Ghebrab/c6414f271dfc2858373f374dd7d995c2da4b2f45>
DOI:[10.20944/preprints202001.0186.v1](https://doi.org/10.20944/preprints202001.0186.v1)
15. HERNANDEZ, Roberto y MENDOZA, Carlos. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Editorial Mc Graw Hill Education [en línea]. 2018(1). [Fecha de consulta: 23 de noviembre del 2022]. Disponible en: <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
ISSN: 4562-6096
16. KENNETH, Tutu y YAW, Tuffour. Warm-Mix Asphalt and Pavement Sustainability: A Review. Revista Scientific Research [en línea]. Vol.6 Núm2. 2016. [Fecha de consulta: 04 de junio de 2022]. Disponible en: https://www.scirp.org/pdf/OJCE_2016030914581022.pdf ISSN: 2164-3172
17. LUGEIYAMU, Lameck, KUNLIN, Ma, MENSAHN, Elvis y FARAZ, Ahmad. Utilization of waste polyethylene terephthalate (PET) as partial replacement of bitumen in stone mastic asphalt. Construction and Building Materials [en línea]. 2021;07(09), 3250-3260. [Fecha de consulta: 29 de septiembre del 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125176>
ISSN: 2395-0056

18. MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, Sección 05. [en línea]. Perú. INN, 2016. 1269 pp. [Fecha de consulta: 18 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://n9.cl/apl74>
19. MANUAL DE CARRETERAS, Sección 423 Pavimento de concreto asfáltico en caliente [en línea]. Perú. INN, 2018. 1285 pp. [Fecha de consulta: 29 de octubre del 2022].
Disponible en: <https://n9.cl/8s68l>
20. MARTÍNEZ, Carlos. Efectos de la adición de aceite usado de motor en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil). Ecuador: Universidad técnica de Ambato, 2021. 187 pp. [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33093/1/Tesis%20I.%20C.%201489%20-%20Martinez%20Herrera%20Carlos%20Jefferson.pdf>
21. MATA, Luis. El enfoque cuantitativo de la investigación. Investigalia. [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2022]. Disponible en: <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-cuantitativo-de-investigacion/>
22. MOHAMMED, Alamri, QING, Lu y CHUNFU, Xin. Preliminary Evaluation of Hot Mix Asphalt Containing Reclaimed Epoxy Asphalt Materials. Sustainability [en línea]. 12(3), 2020. [Fecha de consulta: 21 de noviembre del 2022]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/340994359_Preliminary_Evaluation_of_Hot_Mix_Asphalt_Containing_Reclaimed_Epoxy_Asphalt_Materials
DOI: [10.3390/su12093531](https://doi.org/10.3390/su12093531)
23. MONTEALEGRE, Félix, VARÓN, Giancarlo y RAMOS, Luis. 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 (Título para ingeniero civil). Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia, Ibagué, 2018. 137 pp. [Fecha de consulta: 29 de octubre del 2022] Disponible en: [2018_Montealegre,VaronyRamos_Impacto_del_aceite.pdf](#)
24. PATÍN, Ángel. Reciclado de aceite quemado de vehículo en la estabilización de suelos arenosos [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil). Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo, 2018. 156 pp. [Fecha de consulta: 23 de octubre del 2022].

- Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5156>
25. PEÑA, Juan. Desempeño mecánico de la mezcla asfáltica en caliente incorporando cenizas volantes provenientes de la termoeléctrica de Ilo. [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil). Perú: Universidad Ricardo Palma, 2019. 189 pp.
Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2490>
26. QUESADA, Flor. Evaluación del desempeño sismorresistente del Colegio Matemático Honores usando el análisis estático no lineal del distrito de Los Olivos, Lima-Perú 2017. [en línea]. Perú, 2018. [fecha de Consulta: 01 de junio de 2022]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/46317/Quesada_CFC-SD.pdf?sequence=8&isAllowed=y
27. QUEVARA, Greysi (2018) Tesis de investigación Estabilización de suelos con Adición de Residuos compatibles para la construcción de vías de la ciudad de Juliaca. Estabilización de Suelos, Reciclaje de Materiales. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez-Perú. Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2605>
28. RAGAB, Ashjami. Asphalt Modified with Biomaterials as Eco-Friendly and Sustainable Modifiers. Sustainable performance [en línea]. 10(2), 2018. [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327782220_Ashphalt_Modified_with_Biomaterials_as_Eco-Friendly_and_Sustainable_Modifiers
DOI: [10.5772/intechopen.76832](https://doi.org/10.5772/intechopen.76832)
29. SILVESTRE, Deyvis. Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima, 2017 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Perú: Universidad Cesar Vallejo de Lima, 2017. 118 pp. [Fecha de consulta: 18 de noviembre del 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1506>
30. TADELE, Biruk y EMER, Tucay. Evaluation of waste engine oil rejuvenation for highly short term aged asphalt binder. Australian Journal of Civil Engineering. [en línea]. 19 (2021): 225 - 234. [Fecha de consulta: 30 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluation-of-waste-engine-oil-rejuvenation-for-Tadele-Quezon/8c5247503d5e3687bb4c5b8e81e50ec67c36ef2c>

DOI: [10.1080/14488353.2021.1896124](https://doi.org/10.1080/14488353.2021.1896124)

31. TESTAYE, Abel y GEREMEW, Anteneh. Partial Replacement of Asphalt Bitumen with Sugarcane Molasses. Journal of Xidian University [en línea]. 2020; 14(09): 831-842. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/344309887_PARTIAL_REPLACEMENT_OF ASPHALT BITUMEN WITH SUGARCANE MOLASSES
DOI: 10.37896/jxu14.9/089.
32. TORRES, Zacarías. Introducción a la Ética. [en línea]. México, 2014. [fecha de Consulta: 01 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074381481.pdf>
ISBN: 978-607-438-866-4
33. TUTU, Kenneth y TUFFOUR, Yaw. Warm-Mix Asphalt and Pavement Sustainability: A Review. Open Journal of Civil Engineering [en línea]. 6(84), 2016. [Fecha de consulta: 23 de noviembre del 2022]. Disponible en: <http://www.scirp.org/journal/ojce>
DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/ojce.2016.62008>

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Anexo 01: Tabla de matriz de consistencia

Tabla 11: Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es la influencia de los aceites hidráulicos residuales provenientes de los barcos, en la resistencia mecánica de las mezclas asfálticas en caliente en Chimbote, 2023?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las características del aceite hidráulico residual proveniente de los barcos? • ¿Cuáles son las características de los 	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar la influencia de los aceites hidráulicos residuales provenientes de los barcos, en la resistencia mecánica de las mezclas asfálticas en caliente, Chimbote 2023.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar las características del aceite hidráulico residual proveniente de los barcos. • Cuáles son las características los materiales que intervienen 	<p>Los aceites hidráulicos residuales provenientes de los barcos influyen en la mejora de la resistencia mecánica de las mezclas asfálticas en caliente en Chimbote, 2023</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE Aceite hidráulico residual proveniente de los barcos.</p> <p>DIMENSIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Características del del aceite hidráulico residual. ○ Evaluación de los resultados y selección del porcentaje óptimo del aceite hidráulico residual <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACION: Aplicada</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACION: Experimental</p> <p>ENFOQUE DE INVESTIGACION: Cuantitativa</p> <p>POBLACION: Se considerará 64 briquetas</p> <p>TÉCNICA DE RECOLECCION DE DATOS: Observación.</p> <p>INSTRUMENTOS:</p>

<p>materiales que intervienen en el diseño de mezcla asfáltica?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el diseño de mezcla asfáltica estándar y modificada con diferentes porcentajes? • ¿Cuál es la estabilidad, flujo y densidad, mediante el ensayo Marshall? • ¿Cuál es el contenido óptimo de aceite hidráulico residual para la mejora de la resistencia mecánica de las mezclas bituminosas? 	<p>en el diseño de mezcla asfáltica con aceite hidráulico residual.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efectuar el diseño de mezcla asfáltica estándar y modificada con diferentes porcentajes. • Analizar la estabilidad, flujo y densidad, mediante el ensayo Marshall. • Como influye el contenido óptimo de aceite hidráulico residual para la mejora de la resistencia mecánica de las mezclas bituminosas. 		<p>Mezcla asfáltica en caliente</p> <p>DIMENSIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Características de los materiales que intervienen en el diseño de mezcla. ○ Diseño de mezcla asfáltica estándar y modificada con diferentes porcentajes ○ La estabilidad, el flujo y la densidad mediante el ensayo Marshall. 	<p>Protocolos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✚ Ficha de recolección de datos del aceite hidráulico residual. ✚ Ficha de recolección de datos del diseño de mezcla incorporando el aceite residual. ✚ Ficha de recolección de datos de la determinación de porcentajes.
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

MATRIZ DE OPERALIZACION

Tabla 12: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Aceite hidráulico residual proveniente de los barcos.	El aceite hidráulico residual también puede ser referidos como lubricantes de aceite, cilindro de aceite, aceite de cárter y aceite de motor, siendo su principal función lubricar, proteger, reducir fricción, limpiar y evitar que el componente de corrosión de un motor. Los talleres de vehículos y fábricas de barcos son considerados una fuente primaria que genera aceite de motor de desecho.	Será determinada mediante las propiedades del aceite hidráulico residual y el diseño de mezcla, este último se encargará de realizar las proporciones indicadas según corresponda.	Características del aceite hidráulico residual	Propiedades físicas del aceite hidráulico residual	Intervalo
				Propiedades químicas del aceite hidráulico residual	
			Evaluación de los resultados y selección del porcentaje óptimo del aceite hidráulico residual	Porcentaje óptimo del aceite hidráulico residual	Razón

Mezcla asfáltica en caliente	La mezcla bituminosa en caliente, se obtiene de la mezcla de agregados minerales y cemento asfáltico a alta temperaturas; generalmente se produce a temperaturas entre (140 y 180°C) y compactado a aproximadamente (80 a 160°C). Las altas temperaturas son necesario secar los áridos, que forman alrededor del 95% en peso de la mezcla, y reducir la viscosidad del aglutinante para obtener un recubrimiento de	Será evaluada mediante los ensayos y los protocolos planteados, tales como, granulometría de los agregados gruesos y finos; absorción y peso específicos de los agregados gruesos y finos; durabilidad al sulfato de magnesio; partículas chatas y alargadas; caras fracturadas; sales solubles totales; equivalente de arena; índice de durabilidad; cemento asfáltico, agregado fino;	Características de los materiales que intervienen en el diseño de mezcla	ENSAYOS DE AGREGADOS GRUESOS	Granulometría	Razón
					Absorción y Peso específico	
					Durabilidad al sulfato de magnesio	
					Partículas chatas y alargadas	
					Caras fracturadas	
					Sales solubles totales	
				ENSAYOS DE AGREGADOS FINOS	Granulometría	
				Equivalente de arena		

	agregado adecuado y uniforme y mejorar la trabajabilidad de la mezcla. (Tutu y Tuffour, 2016, p.76)	agregado grueso y aceite residual (1%, 3%, 5% y 7%); diseño de mezcla; ensayo Marshall.; estos ayudarán a poder determinar la resistencia mecánica de la mezcla bituminosa.			Sales solubles totales		
					Índice de durabilidad		
					Absorción		
			Diseño de mezcla asfáltica estándar y modificada con diferentes porcentajes	DOSIFICACIÓN DE AGREGADOS: Cemento asfáltico PEN 60/70 (%) Agregado fino (kg) Agregado grueso (kg) Aceite hidráulico residual (1%, 3%, 5% y 7%)			Razón
			La estabilidad, el flujo y la densidad mediante el ensayo Marshall	Estabilidad			Razón
				Flujo			
Densidad							

Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE FLUJO

INFLUENCIA DE LOS ACEITES HIDRÁULICOS RESIDUALES, EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, CHIMBOTE – 2023

- AGREGADO FINO**
- EQUIVALENTE ARENA
 - GRANULOMETRIA
 - LIMITES DE CONSISTENCIA

ENSAYO DE LABORATORIO

- AGREGADO GRUESO**
- ABRASION DE LOS ANGELES
 - GRANULOMETRIA
 - CHATAS Y ALARGADAS

ELABORACION DE DISEÑO DE MARSHALL PATRON

ELABORACION DE DISEÑO DE MARSHALL ADICIONANDO ACEITE HIDRAULICO RESIDUAL

ADICION DE 1% DE ACEITE HIDRAULICO RESIDUAL

ADICION DE 3% DE ACEITE HIDRAULICO RESIDUAL

ADICION DE 5% DE ACEITE HIDRAULICO RESIDUAL

ADICION DE 7% DE ACEITE HIDRAULICO RESIDUAL

OBTENCION DE RESULTADOS

ESTABILIDAD

FLUJO

RIGIDEZ

% VACIOS

¿CUMPLE CON LA NORMA EG 2013?

SI CUMPLE

DISCUSION DE RESULTADOS

ELABORACION DE CONCLUSIONES

ELABORACION DE LAS RECOMENDACIONES

PROCESO DE DESARROLLO

1.- RECOLECCION DE MATERIALES

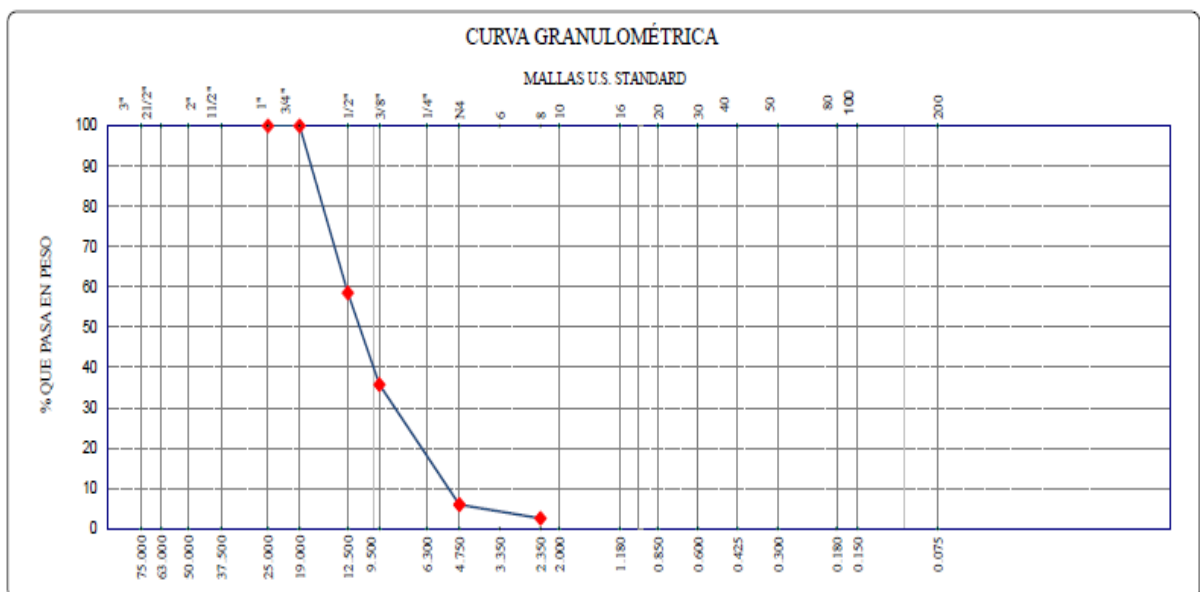
2.- PROCEDIMIENTO

TABLA N°1:
ANALISIS GRANULOMETRICO – AGREGADO GRUESO
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS
 (ASTM C-33, MTC E204, NTP-400-012)

	M-01	M-02	AGREGADO GRUESO							
Peso Inicial Seco (gr)	3631.20	4152.50								
Peso Lavado y Seco (gr)	3556.40	4026.80								
ABERTURA (mm)	TAMIZ	CONTENIDO GRUESO M-1 (gr)	CONTENIDO GRUESO M-2 (gr)	RETENIDO PARCIAL M-1 (%)	RETENIDO PARCIAL M-2 (%)	RETENIDO ACUMULADO M-1 (%)	RETENIDO ACUMULADO M-2 (%)	% PASA M-1	% PASA M-2	% PASA (Promedio)
25.00	1"	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
19.00	3/4"	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
12.50	1/2"	1561.3	1659.8	43.00	39.97	43.00	39.97	57.00	60.03	58.52
9.50	3/8"	817.5	956.1	22.51	23.02	65.51	63.00	34.49	37.00	35.75
4.75	N°04	1057.4	1265.3	29.12	30.47	94.63	93.47	5.37	6.53	5.95
2.35	N°08	120.2	145.6	3.31	3.51	97.94	96.97	2.06	3.03	2.54
	FONDO	74.8	125.7	2.08	3.03	100.00	100.00			

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería.

TABLA N°2:
CURVA GRANULOMETRICO – AGREGADO GRUESO



Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería.

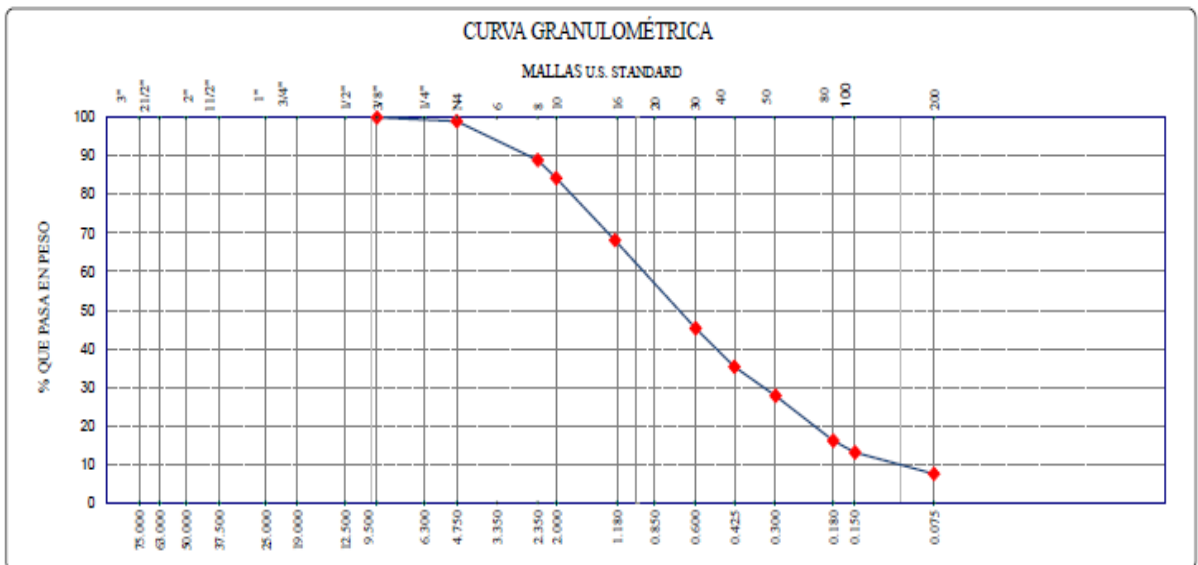
TABLA N°3:
ANALISIS GRANULOMETRICO – AGREGADO FINO

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS
(ASTM C-33, MTC E204, NTP-400-012)

		M-01	M-02	AGREGADO FINO						
Peso Inicial Seco (gr)		1135.70	1429.60							
Peso Lavado y Seco (gr)		1047.30	1326.40							
ABERTURA (mm)	TAMIZ	CONTENIDO GRUESO M-1 (gr)	CONTENIDO GRUESO M-2 (gr)	RETENIDO PARCIAL M-1 (%)	RETENIDO PARCIAL M-2 (%)	RETENIDO ACUMULADO M-1 (%)	RETENIDO ACUMULADO M-2 (%)	% PASA M-1	% PASA M-2	% PASA (Promedio)
9.50	3/8"	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
4.75	N°04	10.5	14.6	0.92	1.02	0.92	1.02	99.08	98.98	99.03
2.35	N°08	120.6	138.7	10.82	9.58	11.54	10.58	88.46	89.42	88.94
2.00	N°10	46.9	75.2	4.13	5.28	15.67	15.84	84.33	84.16	84.24
1.20	N°16	196.2	213.9	17.28	14.96	32.95	30.81	67.05	69.19	68.12
0.60	N°30	287.6	316.8	23.56	22.16	56.51	52.97	43.49	47.03	45.26
0.43	N°40	105.8	152.1	9.32	10.84	65.83	63.61	34.17	36.39	35.28
0.30	N°50	76.1	119.7	6.70	8.37	72.53	71.98	27.47	28.02	27.75
0.18	N°80	119.4	182.3	10.51	12.75	83.04	84.73	16.96	15.27	16.11
0.15	N°100	32.6	45.9	2.87	3.21	85.91	87.04	14.09	12.06	13.07
0.075	N°200	71.6	69.2	6.30	4.84	92.22	92.78	7.78	7.22	7.50
	FONDO	88.4	103.2	7.78	7.22	100.00	100.00			

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería.

TABLA N°4:
CURVA GRANULOMETRICO – AGREGADO FINO



Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería.

TABLA N°5:
ABRACION DE LOS ANGELES – AGREGADO GRUESO

ABRASIÓN LOS ÁNGELES
(ASTM C-535 , MTC E207)

Información de Muestra y Ensayo

Material : Piedra Chancada Gradación : "B" N° Revoluciones : 500
 Cantera : Chero N° Esferas : 11

Peso inicial	gr	5000.00
Peso final retenido en el tamiz N°12	gr	4289.6
Coefficiente de desgaste	%	14.21%

Porcentaje de Desgaste 14%

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería.

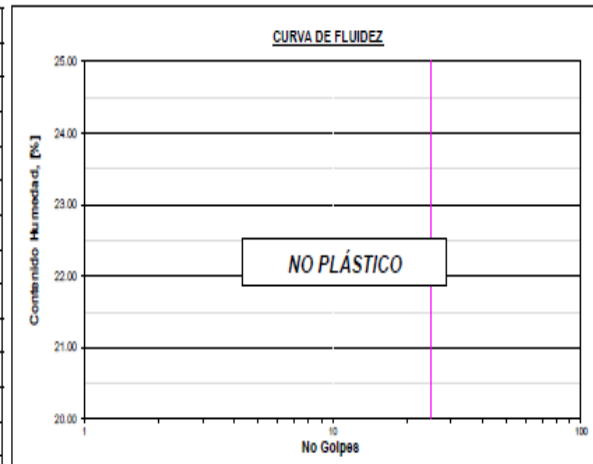
TABLA N°6:
LIMITE DE CONSISTENCIA MALLA N° 40 - AGREGADO FINO

ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO
(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

Información de Muestra y Ensayo

Cantera : Chero Pasante : Malla N° 40 Material : Arena Zarandeada

LÍMITE LÍQUIDO			
N° Tarro			
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.		
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.		
Peso De Agua	gr.		
Peso Del Tarro	gr.	NO PRESENTA	
Peso Del Suelo Seco	gr.		
Contenido De Humedad	%		
Numero De Golpes	N°		
LÍMITE PLÁSTICO			
N° Tarro			
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.		
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.		
Peso De Agua	gr.	NO PLÁSTICO	
Peso Del Tarro	gr.		
Peso Del Suelo Seco	gr.		
Contenido De Humedad	%		



Límite Líquido **N.P.**
 Límite Plástico **N.P.**
 Índice Plasticidad **N.P.**

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería.

TABLA N°7:
LIMITE DE CONSISTENCIA MALLA N° 200 - AGREGADO FINO

ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

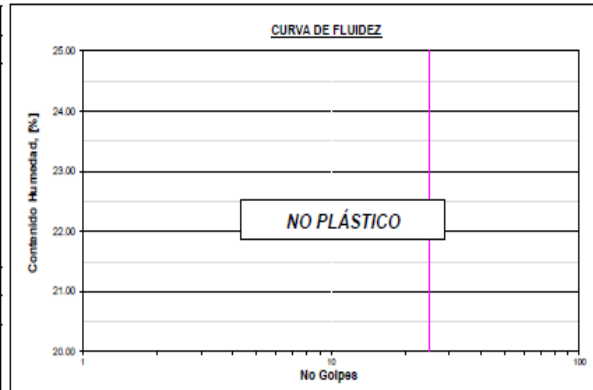
Información de Muestra y Ensayo

Cantera : Chero

Pasante : Malla N° 200

Material : Arena Zarandeada

LÍMITE LÍQUIDO			
N° Tarro			
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.		
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.		
Peso De Agua	gr.		
Peso Del Tarro	gr.	NO PRESENTA	
Peso Del Suelo Seco	gr.		
Contenido De Humedad	%		
Numero De Golpes	N°		
LÍMITE PLÁSTICO			
N° Tarro			
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.		
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.		
Peso De Agua	gr.	NO PLÁSTICO	
Peso Del Tarro	gr.		
Peso Del Suelo Seco	gr.		
Contenido De Humedad	%		



Limite Líquido **N.P.**
Limite Plástico **N.P.**
Índice Plasticidad **N.P.**

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería.

TABLA N°8:
EQUIVALENTE ARENA – AGREGADO FINO

VALOR EQUIVALENTE DE ARENA

(ASTM D-2419 , MTC E114)

Información de Muestra y Ensayo

Material : A. Zarandeada

N° Oscilaciones : 90 ciclos

Cantera : Chero

Método : Agitación Manual

Determinación N°		1	2	3
Saturación Inicial		3:40 PM	3:42 PM	3:44 PM
Saturación Final		3:50 PM	3:52 PM	3:54 PM
Prueba de ensayo inicial		3:52 PM	3:54 PM	3:56 PM
Prueba de ensayo final		4:12 PM	4:14 PM	4:16 PM
Lectura - Arcilla retenida	pulg.	5.2	5.5	4.9
Lectura - Arena retenida	pulg.	3.6	3.9	3.4
Equivalencia de arena	%	69	71	69
Equivalencia de arena promedio	%	69.7		

EA = 70%

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería.

TABLA N°9:
PESO ESPECIFICO – AGREGADO FINO

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
MTC E205

Información de Muestra y Ensayo

Cantera : Chero

Material : Arena Zarandeada

		Muestra N°01	Muestra N°02	Promedio	
Peso en el aire de la muestra secada en horno		496.40	496.50	496	gr.
Peso de la fiola llena de agua a la marca de calibracion		667.80	667.80	668	gr.
Peso de la fiola con la muestra y el agua		977.10	976.20	977	gr.
P. Especifico Bulk	Pe _{sss}	2.603	2.591	2.597	gr/cm3
P. Especifico de Masa	Pe _m	2.622	2.610	2.616	gr/cm3
P. Especifico Aparente	Pe _a	2.653	2.640	2.646	gr/cm3
Absorción	Ab	0.73	0.70	0.72	%

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería.

TABLA N°10:
PESO ESPECÍFICO – AGREGADO GRUESO

ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
MTC E206

Información de Muestra y Ensayo

Cantera : Chero

Material : Piedra Chancada

		Muestra N°01	Muestra N°02	Promedio	
Peso en el aire de la muestra secada en horno		4511	4132	4321	gr.
Peso de muestra saturada superficialmente seca en el aire		4526	4148	4337	gr.
Peso de la muestra en agua		2891	2651	2771	gr.
P. Especifico Bulk	Pe _{sss}	2.768	2.771	2.770	gr/cm3
P. Especifico de Masa	Pe _m	2.759	2.760	2.760	gr/cm3
P. Especifico Aparente	Pe _a	2.785	2.790	2.787	gr/cm3
Absorción	Ab	0.34	0.38	0.36	%

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería.

1.- Mezcla asfáltica convencional

1.1 Elaboración de briquetas

Para empezar la elaboración de las mezclas asfálticas primero se tiene que pesar el agregado grueso y agregado fino; luego de ello, ambos agregados y el asfalto se ponen a calentar en la cocina hasta una temperatura de 130°C aproximadamente.

Imagen N°1: Calentado del material a emplear



Una vez caliente, se procede a integrar los agregados de acuerdo a la dosificación determinada, seguidamente se mezcla y se controla la temperatura que este entre 130°C - 135°C.

Imagen N°2: Calentado del material a emplear



Luego del control de temperatura se procede al llenado, chuceado y compactado de la mezcla asfáltica en el molde.

Imagen N°3:



Luego del control de temperatura se procede al llenado, chuceado y compactado de la mezcla asfáltica en el molde.

Imagen N°4:



TABLA N°11:
TABLA ESPECÍFICO – AGREGADO GRUESO

FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	43.0%
Arena Chancada	0.0%
Arena Zarandeada	57.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
1122.7	1122.71	316.3
1031.5	1031.51	377.4
1176	1176.01	354.9

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50		
2 % de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	41.07	41.07	41.07		
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	54.44	54.44	54.44		
5 % de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.026	1.026	1.026		
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.770	2.770	2.770		
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.	0.000	0.000	0.000		
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.597	2.597	2.597		
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.46	6.67	6.62		6.58
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1221.0	1228.0	1226.0		
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1222.0	1231.0	1228.0		
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	704.0	706.0	704.0		
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	518.0	525.0	524.0		522.3
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.357	2.339	2.340		2.345
19 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.526	2.526	2.526		
20 Peso Especifico Máximo (Teóric) $100(1/7+2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/cc.	2.489	2.489	2.489		
21 % de Vacíos $100*(19-18)/19)$	%	6.7	7.4	7.4		7.2
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/(2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/cc.	2.669	2.669	2.669		
23 % V.M.A. Vacíos del Agregado Mineral $100-(2+3+4+5+6)/(18/22)$	%	15.6	16.3	16.3		16.1
24 % vados llenados con C.A. $100*(23-21)/23)$	%	57.2	54.5	54.6		55.4
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))$	gr/cc.	2.713	2.713	2.713		
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100*7)/((25-22)/(25*22))$	%	0.63	0.63	0.63		
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	3.87	3.87	3.87		
28 Flujo	cm.	0.32	0.38	0.35		0.35
29 Estabilidad sin corregir		1123	1032	1176		
30 Factor de Estabilidad		1.00	0.96	0.96		
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1123	990	1129		1081
32 Factor de Rigidez (29/28)	kg/cm.	3550	2624	3181		3092
Número de Golpes por Capa		50	50	50		

TABLA N°12:
ENSAYO MARSHALL CON 5% DE ASFALTO

FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	42.0%
Arena Chancada	0.0%
Arena Zarandeada	58.0%
Filler	0.0%
∑ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
1139.4	1139.41	405.8
1022.9	1022.91	321.1
1010.7	1010.71	394.1

Número de Probetas	N°					Promedio
		1	2	3	4	
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	39.90	39.90	39.90	
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	55.10	55.10	55.10	
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla	%				
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%				
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.026	1.026	1.026	
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.770	2.770	2.770	
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.	0.000	0.000	0.000	
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.				
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.				
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.35	6.50	6.48	6.44
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1228.0	1229.0	1230.0	
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1230.0	1231.0	1232.0	
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	709.0	707.0	711.0	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	521.0	524.0	521.0	522.0
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.357	2.345	2.361	2.354
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.511	2.511	2.511	
20	Peso Especifico Máximo (Teórico) $100 / (1/7 + 2/8 + 3/9 + 4/10 + 5/11 + 6/12)$	gr/cc.	2.489	2.489	2.489	
21	% de Vacios $100 * ((19 - 18) / 19)$	%	6.1	6.6	6.0	6.2
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6) / ((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/cc.	2.667	2.667	2.667	
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100 - (2+3+4+5+6) * 18/22$	%	16.0	16.5	15.9	16.1
24	% vacios llenados con C.A. $100 * ((23 - 21) / 23)$	%	61.8	59.9	62.4	61.4
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6) / ((100/19 - 1/7))$	gr/cc.	2.718	2.718	2.718	
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100 * 7) / ((25 - 22) * (26 * 22))$	%	0.72	0.72	0.72	
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	4.28	4.28	4.28	
28	Flujo	cm.	0.41	0.32	0.39	0.37
29	Estabilidad sin corregir		1139	1023	1011	
30	Factor de Estabilidad		1.00	0.96	1.00	
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1139	982	1011	1044
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2808	3058	2555	2794
	Número de Golpes por Capa		50	50	50	

TABLA N°13:
ENSAYO MARSHALL CON 5.5% DE ASFALTO

FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	42.0%
Arena Chancada	0.0%
Arena Zarandeada	58.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
1057.4	1057.41	387.3
998.8	998.81	391.4
1116.6	1116.61	401.0

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	5.50	5.50	5.50		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	39.69	39.69	39.69		
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	54.81	54.81	54.81		
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla					
6	% de Filler en Peso de la Mezcla					
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc. 1.026	1.026	1.026		
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc. 2.770	2.770	2.770		
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc. 0.000	0.000	0.000		
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc. 2.597	2.597	2.597		
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.				
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.				
13	Altura Promedio de la Probeta	cm. 6.47	6.51	6.49		6.49
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr. 1232.0	1232.0	1228.0		
15	Peso de la briqueta Saturada	gr. 1234.0	1235.0	1230.0		
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr. 714.0	713.0	711.0		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c. 520.0	522.0	519.0		520.3
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc. 2.369	2.360	2.366		2.365
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc. 2.495	2.495	2.495		
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc. 2.451	2.451	2.451		
21	% de Vacios $100*((19-18)/19)$	% 5.0	5.4	5.2		5.2
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/cc. 2.667	2.667	2.667		
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100-(2+3+4+5+6)/18/22$	% 16.0	16.4	16.2		16.2
24	% vacios llenados con C.A. $100*((23-21)/23)$	% 68.6	67.0	68.0		67.8
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))$	gr/cc. 2.722	2.722	2.722		
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100*7)/((25-22)/(25*22))$	% 0.78	0.78	0.78		
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	% 4.72	4.72	4.72		
28	Flujo	cm. 0.39	0.39	0.40		0.39
29	Estabilidad sin corregir		1057	999	1117	
30	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1057	999	1117	1058
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2730	2552	2785	2690
	Número de Golpes por Capa		50	50	50	

TABLA N°14:
ENSAYO MARSHALL CON 6% DE ASFALTO

FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	42.0%
Arena Chancada	0.0%
Arena Zarandeada	58.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
975.9	975.91	340.2
1107.1	1107.11	413.0
1244.2	1244.21	451.7

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00	
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	39.48	39.48	39.48	
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	54.52	54.52	54.52	
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla	%				
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%				
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.026	1.026	1.026	
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.770	2.770	2.770	
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.	0.000	0.000	0.000	
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.				
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.				
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.58	6.43	6.18	6.40
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1228.0	1233.0	1235.0	
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1230.0	1235.0	1236.0	
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	711.0	714.0	722.0	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	519.0	521.0	514.0	518.0
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.366	2.367	2.403	2.378
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.477	2.477	2.477	
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.433	2.433	2.433	
21	% de Vacios	%	4.5	4.5	3.0	4.0
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.667	2.667	2.667	
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	16.6	16.6	15.3	16.2
24	% vacios llenados con C.A.	%	73.0	73.1	80.4	75.5
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.723	2.723	2.723	
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	0.79	0.79	0.79	
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	5.21	5.21	5.21	
28	Flujo	cm.	0.35	0.41	0.45	0.40
29	Estabilidad sin corregir		976	1107	1244	
30	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	976	1107	1244	1109
32	Factor de Rigidez (29/28)	kg/cm.	2795	2681	2755	2741
	Número de Golpes por Capa		50	50	50	

TABLA N°15:
ENSAYO MARSHALL CON 6.5% DE ASFALTO

FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

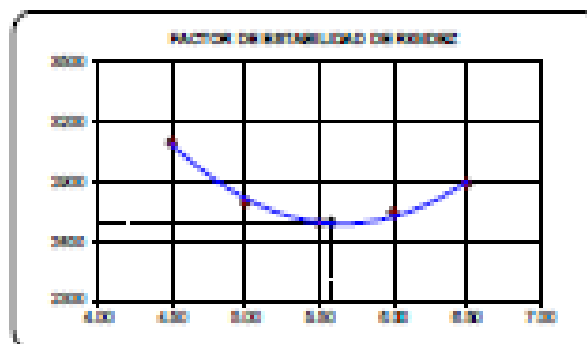
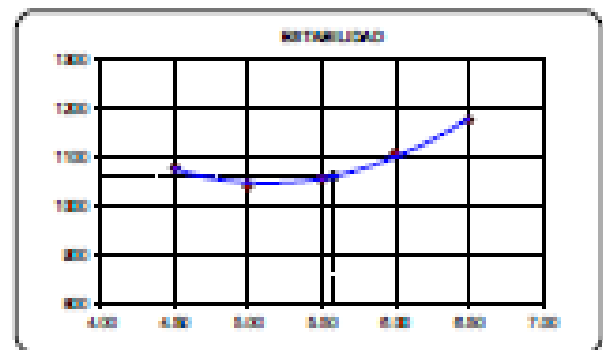
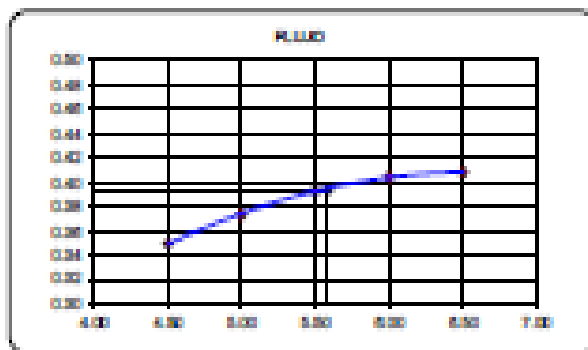
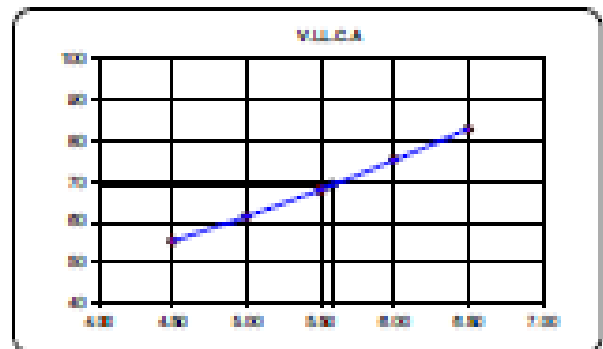
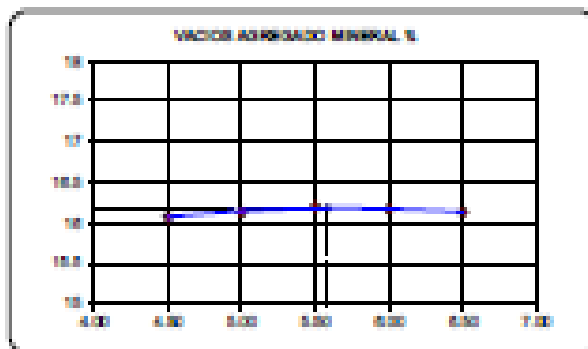
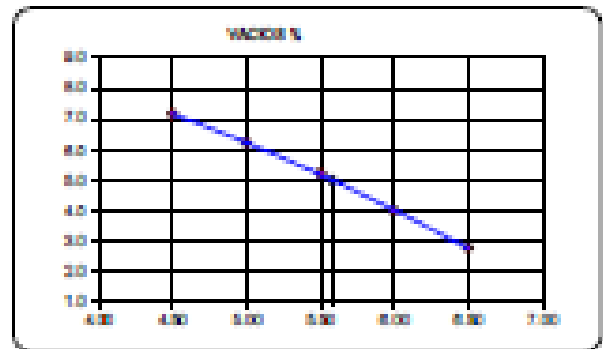
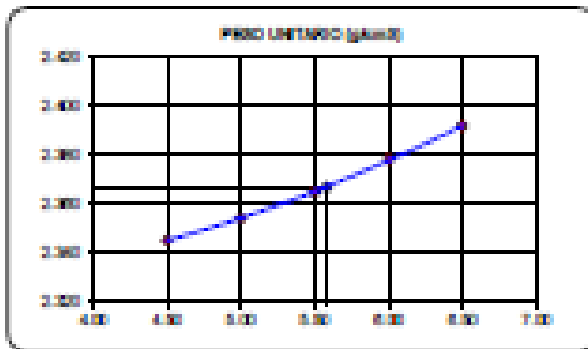
PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	42.0%
Arena Chancada	0.0%
Arena Zarandeada	58.0%
Filler	0.0%
∑ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
1301.5	1301.51	422.6
986.7	986.71	403.6
1247.1	1247.11	398.6

Número de Probetas		N°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	6.50	6.50	6.50		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	39.27	39.27	39.27		
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	54.23	54.23	54.23		
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/co.	1.026	1.026	1.026		
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/co.	2.770	2.770	2.770		
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/co.	0.000	0.000	0.000		
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/co.	2.597	2.597	2.597		
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/co.					
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/co.					
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.47	6.33	6.41		6.40
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1243.0	1227.0	1226.0		
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1244.0	1228.0	1228.0		
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	727.0	716.0	712.0		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	517.0	512.0	516.0		515.0
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/co.	2.404	2.396	2.376		2.392
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/co.	2.460	2.460	2.460		
20	Peso Especifico Máximo (Teórico) $100(1/7+2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/co.	2.416	2.416	2.416		
21	% de Vacios $100*(19-18)/19$	%	2.3	2.6	3.4		2.8
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/(2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/co.	2.667	2.667	2.667		
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100-(2+3+4+5+6)*18/22$	%	15.7	16.0	16.7		16.1
24	% vacios llenados con C.A. $100*(23-21)/23$	%	85.5	83.7	79.5		82.9
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((100/19) - 1/7)$	gr/co.	2.725	2.725	2.725		
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100*7)/((25-22)/(25*22))$	%	0.82	0.82	0.82		
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	5.68	5.68	5.68		
28	Flujo	cm.	0.42	0.40	0.40		0.41
29	Estabilidad sin corregir		1302	987	1247		
30	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1302	987	1247		1178
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	3080	2445	3129		2886
	Número de Golpes por Capa		50	50	50		

TABLA N°16:
PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA

REPRESENTACION GRÁFICA DEL DISEÑO ASFÁLTICO MÉTODO MARSHALL
AASHTO T 245 / ASTM D 1559



**TABLA N°17:
CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO**

RESULTADOS Y CARACTERISTICAS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
Numero de golpes en cada cara de la probeta	50.00		50.00	
% Cemento Asfáltico en peso	5.58	%	5.58	%
Peso unitario Probeta	2.367	g/cm ³	2.367	g/cm ³
Vacios	4.99	%	4.99	%
Vacios Agregado Mineral	16.18	%	16.18	%
Vacios llenados con C. A.	69.20	%	69.20	%
Flujo, 0.25 mm	0.39	cm	15.76	mm
Estabilidad	1062	kg	10.41	kN
Factor de rigidez	2692	kg/cm	2692	kg/cm

TABLA N°18:
PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA
MODIFICADA CON 1% DE ACEITE RESIDUAL

FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	43.0%
Arena Chancada	0.0%
Arena Zarandeada	57.00%
Aceite Hidráulico	1.00%
∑ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
1211.6	1211.61	425.1
1298.4	1298.41	416.3
1305.9	1305.91	399.7

Número de Probetas	N°				Promedio		
		1	2	3			
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	5.58	5.58	5.58		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	40.60	40.60	40.60		
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	53.82	53.82	53.82		
5	% de Aceite Hidráulico	%	1.00	1.00	1.00		
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc	1.026	1.026	1.026		
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc	2.770	2.770	2.770		
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc	0.000	0.000	0.000		
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc	2.597	2.597	2.597		
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc					
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc					
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1250.2	1249.3	1250.8		
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1251.9	1251.6	1252.3		
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	713.6	712.4	712.9		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	538.3	539.2	539.4	539.0	
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc	2.322	2.317	2.319	2.319	
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc	2.451	2.451	2.451		
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	$100 / (1/7 + 2/8 + 3/9 + 4/10 + 5/11 + 6/12)$	gr/cc	2.450	2.450	2.450	
21	% de Vacios	$100 * (19 - 18) / 19$	%	5.2	5.5	5.4	5.4
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	$(2+3+4+5+6) / ((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	$100 - (2+3+4+5+6) * 18/22$	%	17.8	18.0	18.0	17.9
24	% vacios llenados con C.A.	$100 * (23 - 21) / 23$	%	70.6	69.7	70.0	70.1
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	$(2+3+4+5+6) / ((100/19 - 1/7))$	gr/cc	2.670	2.670	2.670	
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	$(100 * 7) / ((25 - 22) * (25 * 22))$	%	0.02	0.02	0.02	
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	5.56	5.56	5.56		
28	Flujo	cm.	0.43	0.42	0.40	0.41	
29	Estabilidad sin corregir		1212	1298	1306		
30	Factor de Estabilidad		0.93	0.93	0.93		
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1127	1208	1214	1183	
32	Factor de Rigidez (29/28)	kg/cm.	2651	2901	3039	2859	
	Número de Golpes por Capa		50	50	50		

TABLA N°19:
PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA
MODIFICADA CON 3% DE ACEITE RESIDUAL

FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	43.0%
Arena Chancada	0.0%
Arena Zarandeada	57.00%
Aceite Hidráulico	3.00%
∑ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
982.3	982.31	596.1
897.8	897.61	637.8
1054.3	1054.31	526.7

Número de Probetas	N°	1	2	3	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	5.58	5.58	5.58	
2 %de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	40.60	40.60	40.60	
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	53.82	53.82	53.82	
5 % de Aceite Hidráulico	%	3.00	3.00	3.00	
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%				
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.026	1.026	1.026	
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.770	2.770	2.770	
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.	0.000	0.000	0.000	
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.				
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.				
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.				
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1249.4	1250.6	1249.4	
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1251.3	1251.8	1251.2	
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	726.5	728.1	727.1	
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	524.8	523.7	524.1	524.2
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.381	2.388	2.384	2.384
19 Peso Especifico Máximo (Rico) ASTM D-2041	gr/cc.	2.530	2.530	2.530	
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
21 % de Vacios $100*((19-18)/19)$	%	5.9	5.6	5.8	5.7
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/cc.	2.669	2.669	2.669	
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100-(2+3+4+5+6)*18/22$	%	15.8	15.5	15.7	15.6
24 % vacios llenados con C.A. $100*((23-21)/23)$	%	62.7	63.9	63.2	63.3
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))$	gr/cc.	2.769	2.769	2.769	
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100*7)/((25-22)*(25*22)$	%	1.40	1.40	1.40	
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	4.18	4.18	4.18	
28 Flujo	cm.	0.56	0.64	0.53	0.57
29 Estabilidad sin corregir		982	898	1054	
30 Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96	
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	943	862	1012	939
32 Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	1696	1351	1922	1637
Número de Golpes por Capa		50	50	50	

TABLA N°20:
PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA
MODIFICADA CON 5% DE ACEITE RESIDUAL

FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	43.0%
Arena Chancada	0.0%
Arena Zarandeada	57.00%
Aceite Hidráulico	5.00%
∑ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
701.3	701.31	712.3
895.4	895.41	824.5
824.8	824.81	898.1

Número de Probetas	N°	1	2	3	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	5.58	5.58	5.58	
2 %de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	40.60	40.60	40.60	
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	53.82	53.82	53.82	
5 % de Aceite Hidráulico	%	5.00	5.00	5.00	
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%				
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.026	1.026	1.026	
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.770	2.770	2.770	
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.	0.000	0.000	0.000	
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.				
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.				
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.				
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1248.3	1249.7	1247.3	
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1254.9	1257.8	1253.1	
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	737.9	734.5	736.6	
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	517.0	523.3	516.5	518.9
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.415	2.388	2.415	2.406
19 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.568	2.568	2.568	
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
21 % de Vacios $100*((19-18)/19)$	%	6.0	7.0	6.0	6.3
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/(28+39+4/10+5/11+6/12)$	gr/cc.	2.669	2.669	2.669	
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100-(2+3+4+5+6)*18/22$	%	14.6	15.5	14.6	14.9
24 % vacios llenados con C.A. $100*((23-21)/23)$	%	58.9	54.7	58.9	57.5
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/(100/19 - 1/7)$	gr/cc.	2.819	2.819	2.819	
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100*7)/((25-22)/(25*22))$	%	2.05	2.05	2.05	
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	3.53	3.53	3.53	
28 Flujo	cm.	0.71	0.62	0.70	0.68
29 Estabilidad sin corregir		701	895	825	
30 Factor de Estabilidad		1.00	0.96	1.00	
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	701	860	825	795
32 Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	985	1376	1181	1172
Número de Golpes por Capa		50	50	50	

TABLA N°21:
PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA
MODIFICADA CON 7% DE ACEITE RESIDUAL

FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	43.0%
Arena Chancada	0.0%
Arena Zarandeada	57.00%
Aceite Hidráulico	7.00%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
584.7	584.71	581.9
600.4	600.41	603.2
511.4	511.41	675.1

Número de Probetas	N°				Promedio	
		1	2	3		
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	5.58	5.58	5.58	
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	40.60	40.60	40.60	
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	53.82	53.82	53.82	
5	% de Aceite Hidráulico	%	7.00	7.00	7.00	
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%				
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.026	1.026	1.026	
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.770	2.770	2.770	
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.	0.000	0.000	0.000	
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.				
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.				
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1248.3	1250.7	1248.5	
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1252.6	1257.8	1254.4	
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	729.9	731.1	734.6	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	522.7	526.7	519.8	523.1
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.384	2.375	2.402	2.387
19	Peso Especifico Máximo (Rico) ASTM D-2041	gr/cc.	2.573	2.573	2.573	
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
21	% de Vacíos $100 \cdot ((19-18)/19)$	%	7.3	7.7	6.6	7.2
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6) / ((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/cc.	2.669	2.669	2.669	
23	% V.M.A. Vacíos del Agregado Mineral $100 \cdot (23-21)/23$	%	15.6	16.0	15.0	15.5
24	% vacíos llenados con C.A. $100 \cdot ((23-21)/23)$	%	53.1	51.8	55.7	53.6
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6) / ((100/19 - 1/7))$	gr/cc.	2.825	2.825	2.825	
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100 \cdot 7) / ((25-22) \cdot (25 \cdot 22))$	%	2.12	2.12	2.12	
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	3.46	3.46	3.46	
28	Flujo	cm.	0.56	0.60	0.68	0.61
29	Estabilidad sin corregir		585	609	511	
30	Factor de Estabilidad		1.00	0.96	1.00	
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	585	671	511	589
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	1041	1113	758	961
	Número de Golpes por Capa		50	50	50	

NORMAS LEGALES

MANUAL DEL ASFALTO



THE ASPHALT INSTITUTE

Traducido por

• **Manuel Velázquez**

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Con la colaboración de

PRODUCTOS ASFALTICOS, S. A. (PROAS)



URMO, S. A. DE EDICIONES
ESPAATERO. 10 - BILBAO-9 (ESPAÑA)

NORMA TÉCNICA

CE. 010

PAVIMENTOS URBANOS



Difundido por: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia
www.construccion.org / icg@icgmail.org



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

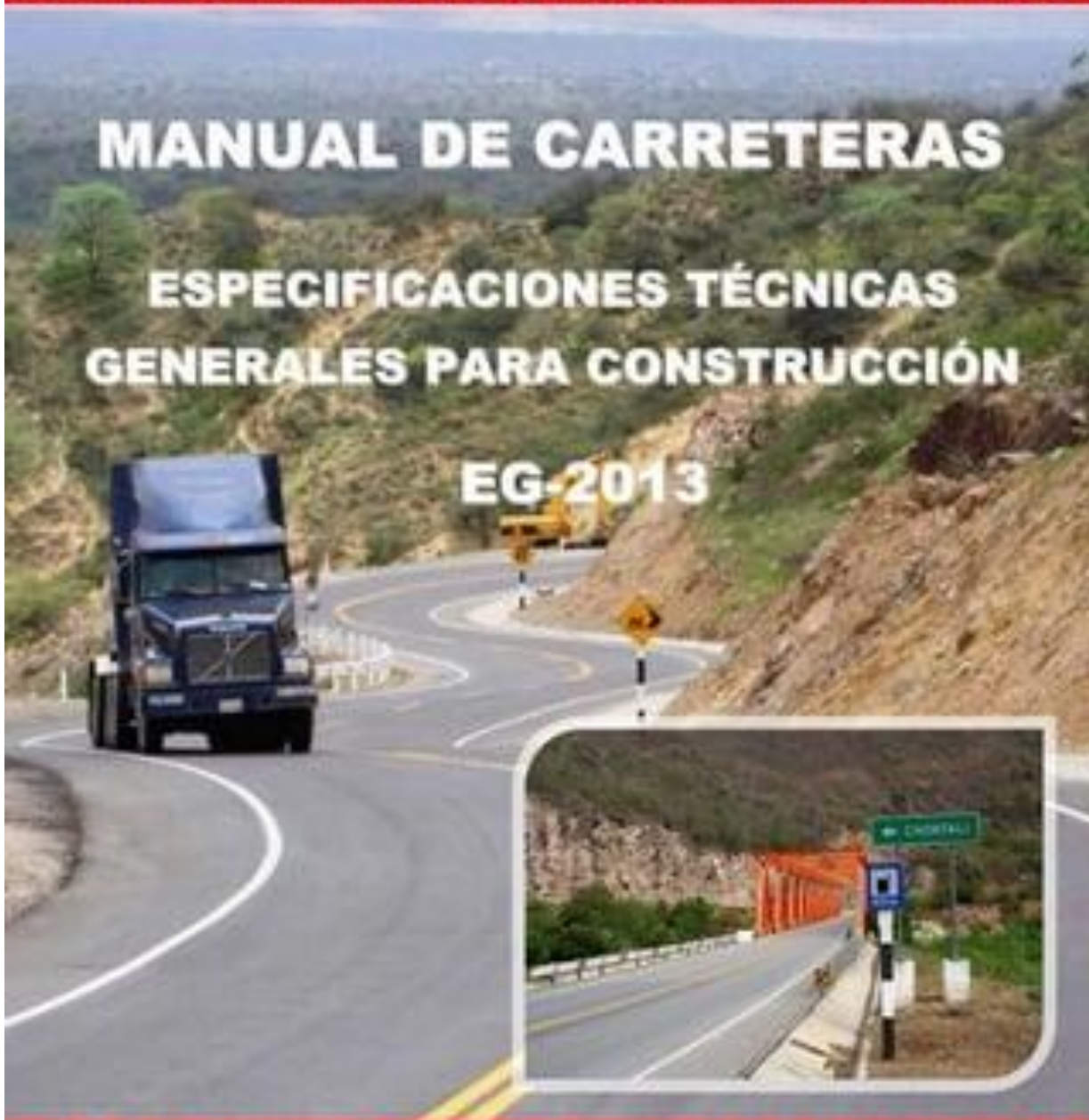
Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

MANUAL DE CARRETERAS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN

EG-2013





PERU Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles



MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES



Edición Mayo de 2016



PANEL

FOTOGRAFICO

Figura 1. ENSAYO MARSHALL

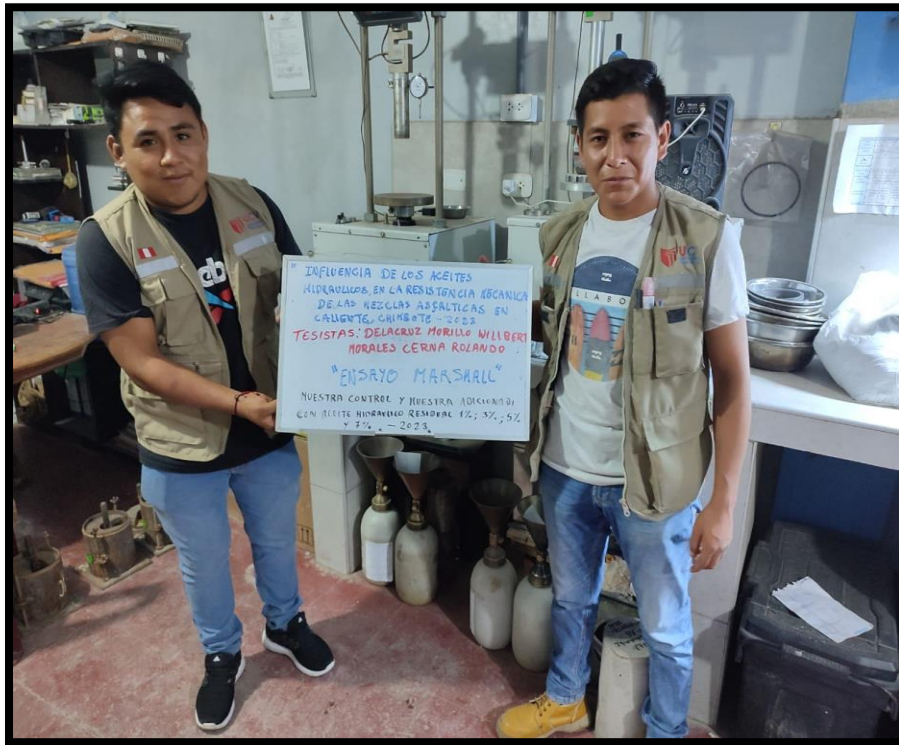


Figura 2.

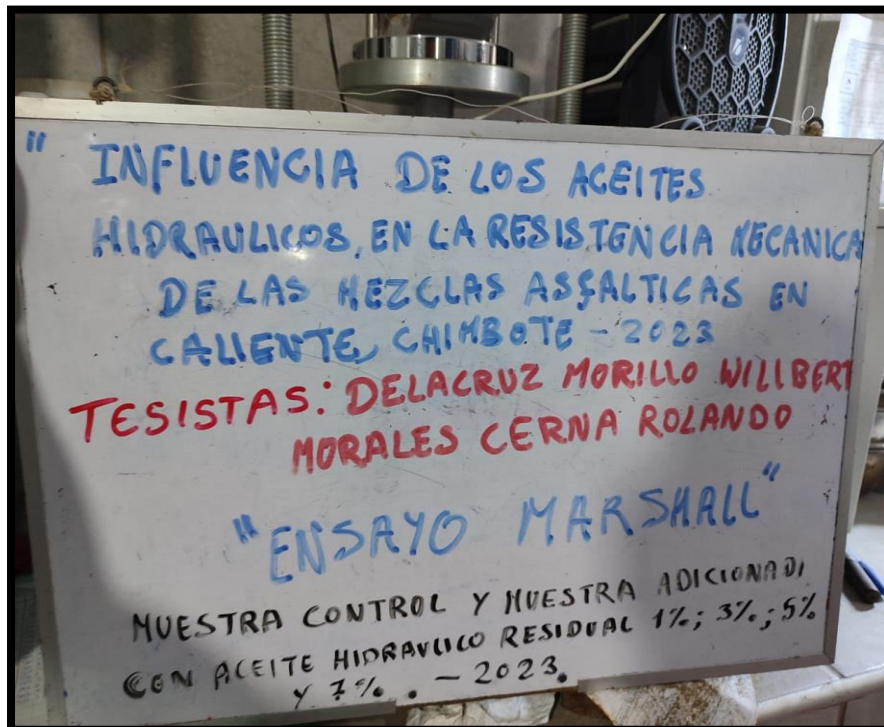


Figura 3.



Figura 4.



Figura 5. PESO UNITARIO



Figura 6. ANALISIS GRANULOMETRICO

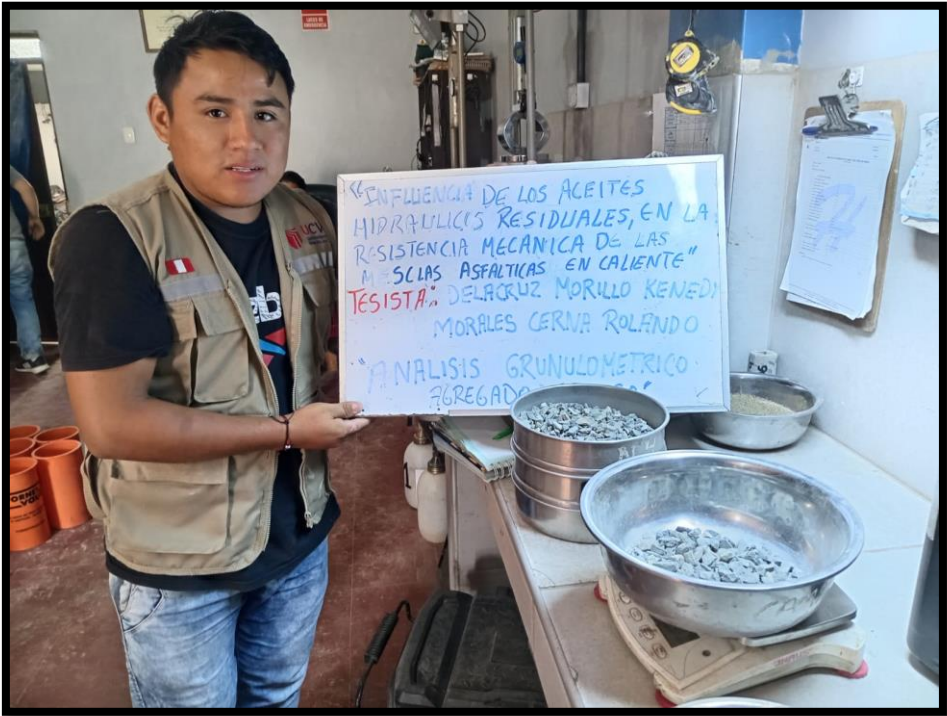


Figura 7. TAMIZADO AGREGADO GRUESO



Figura 8. TAMIZADO AGREGADO FINO



Figura 9.



Figura 10. LIMITES DE CONSISTENCIA



Figura 11.

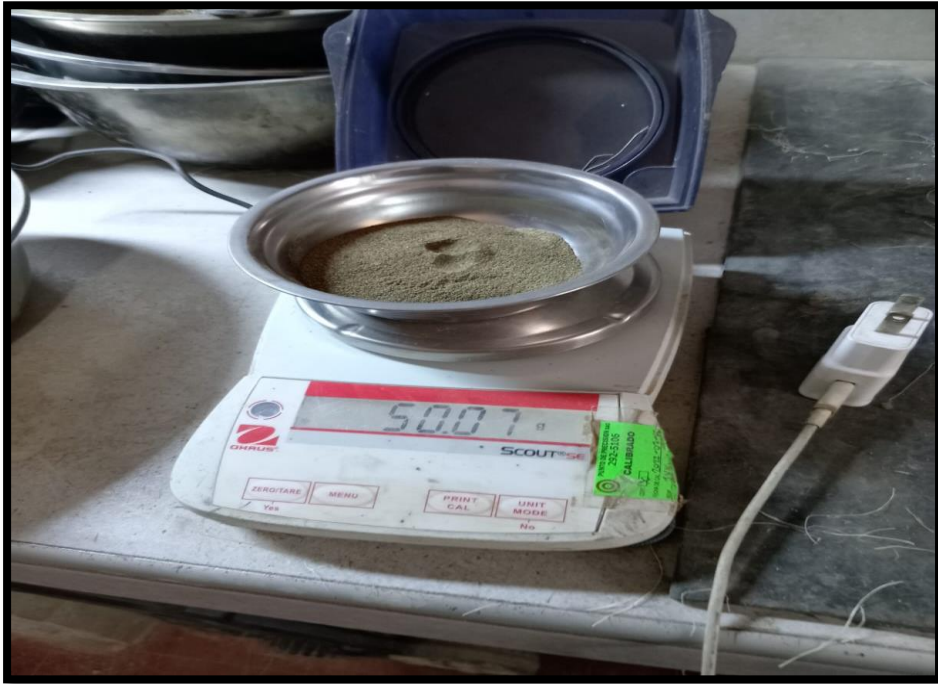


Figura 12. LIMITE DE PLASTICIDAD



Figura 13. COPA CASA GRANDE



Figura 14.



Figura 15. MOLDES PARA BRIQUETAS



Figura 16. AGREGADO FINO Y PEND 60/70



Figura 17. ELABORACION DE BRIQUETAS PATRON



Figura 18. MUESTRA 1



AG. GRUESO: 43%

AG. FINO: 57%

PEN 60/70: 5%

Figura 19. MUESTRA 2



AG. GRUESO: 43%
AG. FINO: 57%
PEN 60/70: 5%

FIGURA 20. MUESTRA 3

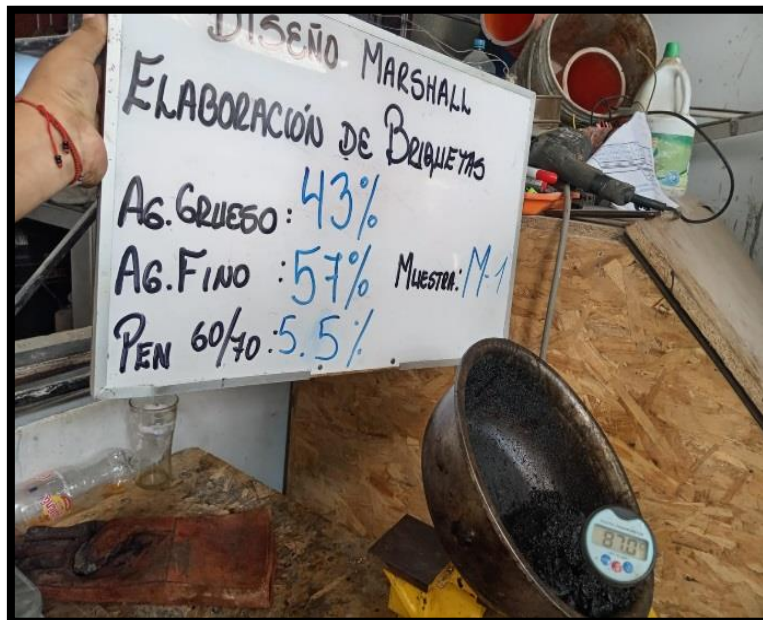


AG. GRUESO: 43%
AG. FINO: 57%
PEN 60/70: 5%

FIGURA 21. PEN 60/70: 5.5%



FIGURA 22. MUESTRA 1



AG. GRUESO: 43%

AG. FINO: 57%

PEN 60/70: 5.5%

FIGURA 23. MUESTRA 4



AG. GRUESO: 43%

AG. FINO: 57%

PEN 60/70: 5.5%

FIGURA 24. MUESTRA 3



AG. GRUESO: 43%

AG. FINO: 57%

PEN 60/70: 5.5%

FIGURA 25. PEN 60/70: 6%



AG. GRUESO: 43%
AG. FINO: 57%
PEN 60/70: 6%

FIGURA 26. MUESTRA 1



AG. GRUESO: 43%
AG. FINO: 57%
PEN 60/70: 6%

FIGURA 27. MUESTRA 2



AG. GRUESO: 43%

AG. FINO: 57%

PEN 60/70: 6%

FIGURA 28. MUESTRA 3



AG. GRUESO: 43%

AG. FINO: 57%

PEN 60/70: 6%

FIGURA 29. PEN 60/70: 6.5%



FIGURA 30. MUESTRA 1



AG. GRUESO: 43%

AG. FINO: 57%

PEN 60/70: 6.5%

FIGURA 31. MUESTRA 2



AG. GRUESO: 43%

AG. FINO: 57%

PEN 60/70: 6.5%

FIGURA 32. MUESTRA 3



AG. GRUESO: 43%

AG. FINO: 57%

PEN 60/70: 6.5%

FIGURA 33. ELABORACION DE BRIQUETAS CON ADICION DE ACEITE 1%



FIGURA 34. ELABORACION DE BRIQUETAS CON ADICION DE ACEITE 3%



FIGURA 35. ELABORACION DE BRIQUETAS CON ADICION DE ACEITE 5%

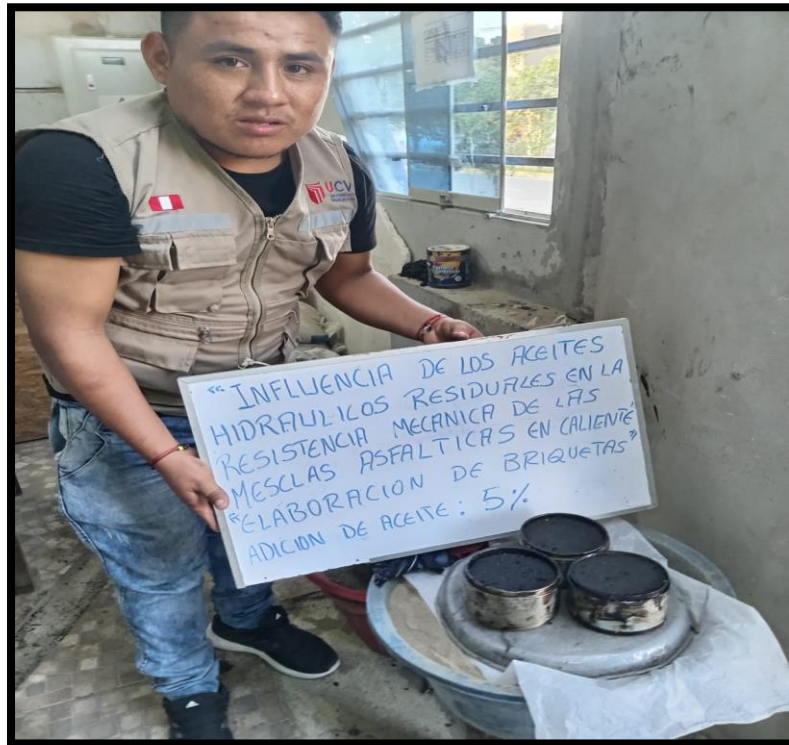


FIGURA 36. ELABORACION DE BRIQUETAS CON ADICION DE ACEITE 7%



FIGURA 37. BAÑO MARIA

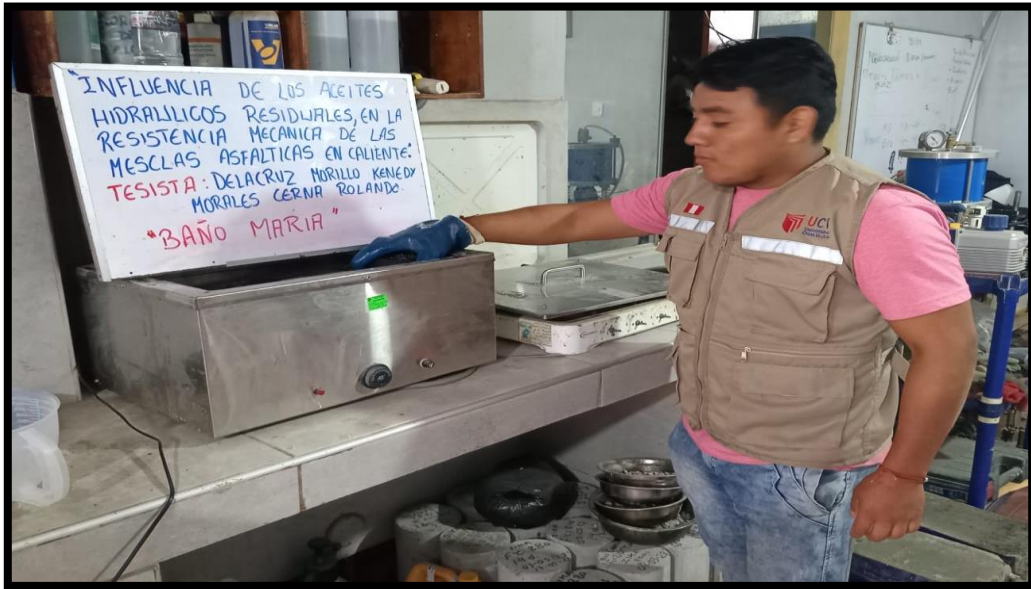


FIGURA 38. LAVADO ASFALTICO



FIGURA 39. ENSAYO DE BRIQUETAS



FIGURA 40. PRENSA MARSHALL

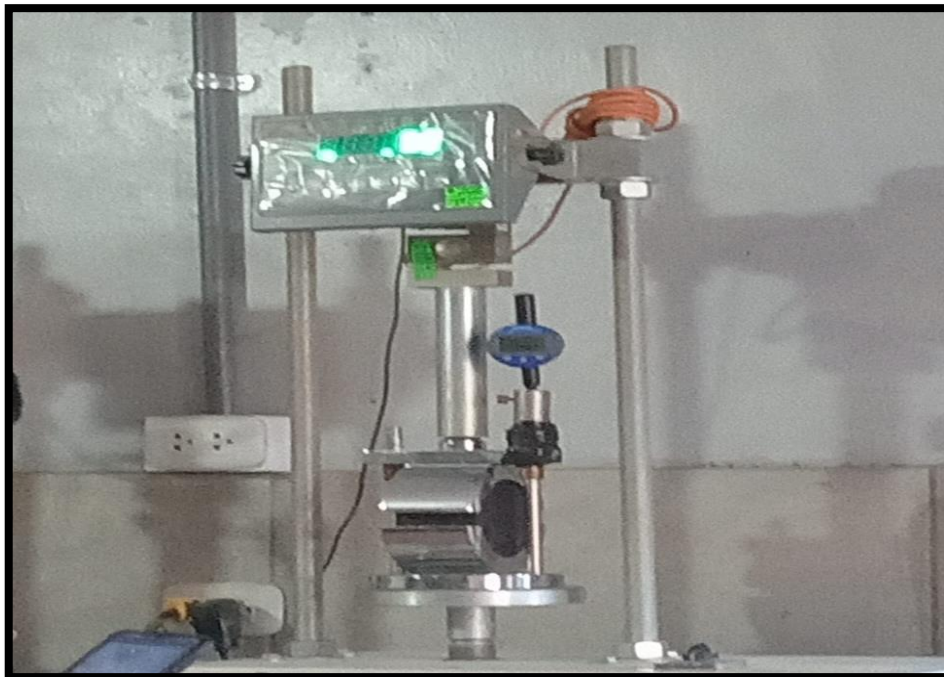


FIGURA 41.



FIGURA 42.



FIGURA 43. ENSAYO DE PORCENTAJE EN VACIOS



FIGURA 44.





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LEGENDRE SALAZAR SHEILA MABEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "INFLUENCIA DE LOS ACEITES HIDRÁULICOS RESIDUALES, EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, CHIMBOTE – 2023", cuyos autores son DELACRUZ MORILLO WILLBERT KENNEDY, MORALES CERNA ROLANDO DEL PIERO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, 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.

CHIMBOTE, 08 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
LEGENDRE SALAZAR SHEILA MABEL DNI: 41594332 ORCID: 0000-0003-3326-6895	Firmado electrónicamente por: SLEGENDRE el 08- 07-2023 22:22:01

Código documento Trilce: TRI - 0580318