

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Efecto del vidrio reciclado en el diseño de mezcla asfáltica
convencional mediante método Marshall**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Wenche Milagros Quispe Cutipa

Asesor:

Mg. Rina Luzmeri Yampara Ticona

Juliaca, diciembre de 2023

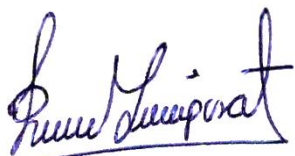
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Mg. Rina Luzmeri Yampara Ticona, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL MEDIANTE MÉTODO MARSHALL”** del autor **Wenche Milagros Quispe Cutipa**, tiene un índice de similitud de 17% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 28 días del mes de diciembre del año 2023.



Mg. Rina Luzmeri Yampara Ticona

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 28 día(s) del mes de diciembre del año 2023 siendo las 10:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Herson Osvaldo Rami Guasi el (la) secretario(a): Mg Henry Antonio Aguilar Echusquimia y los demás miembros: Ing. Moises Araca Chile y el (la) asesor(a) Ing. Rina Luzmeri

Yampara Licona con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Efecto del vidrio reciclado en el diseño de mezcla asfáltica convencional mediante método Marshall

del(los) bachiller(es): a) Wenche Milagros Guispe Lutiya
 b) _____
 c) _____

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Wenche Milagros Guispe Lutiya

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

Bachiller (b): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	

Bachiller (c): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior
 Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
 Presidente/a
[Firma]
 Asesor/a
[Firma]
 Bachiller (a)
[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Bachiller (b)
[Firma]
 Secretario/a
[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Bachiller (c)

ÍNDICE

Pág.

ÍNDICE DE TABLA	V
ÍNDICE FIGURA	VI
ÍNDICE DE ANEXOS	VII
1. Introducción.....	10
2. Materiales y métodos.....	13
2.1. Materiales	13
2.1.1. Agregados	14
2.1.2. Cal	15
2.1.3. Cemento asfáltico PEN 120/150.....	15
2.1.4. Vidrio reciclado.....	16
2.2. Briquetas	17
2.3. Métodos.....	18
3. Resultados y discusión.....	21
3.1. Dosificación	21
3.2. Método Marshall.....	22
3.3. Diseño de mezcla convencional con la incorporación de vidrio triturado	25
3.4. Gradación del vidrio reciclado.....	26
4. Conclusiones.....	32
Referencias Bibliográficas	34
Anexos	37

ÍNDICE DE TABLA

	Pág.
Tabla 1 <i>Propiedades del agregado grueso</i>	14
Tabla 2 <i>Propiedades del agregado fino</i>	15
Tabla 3 <i>Especificaciones del cemento asfáltico PEN 120/150</i>	16
Tabla 4 <i>Propiedades del vidrio reciclado triturado</i>	17
Tabla 5 <i>Características físico – químicas del vidrio reciclado</i>	17
Tabla 6 <i>Parámetros para mezcla de concreto bituminoso</i>	19
Tabla 7 <i>Porcentaje de dosificación de los agregados para la mezcla</i>	21
Tabla 8 <i>Valores resultantes de la rotura de briquetas a diferentes % C.A.</i>	23
Tabla 9 <i>Valores del asfalto convencional</i>	25
Tabla 10 <i>Valores del asfalto modificado</i>	28
Tabla 11 <i>Adherencia de la mezcla</i>	29

ÍNDICE FIGURA

	Pág.
Figura 1 <i>Equipo Marshall y su composición</i>	13
Figura 2 <i>Vidrio triturado</i>	17
Figura 3 <i>Briquetas de asfalto</i>	18
Figura 4 <i>El procedimiento de mezcla y elaboración de las briquetas</i>	20
Figura 5 <i>Curva granulométrica de la mezcla y parámetros MAC-2</i>	22
Figura 6 <i>Gráficos del ensayo Marshall</i>	23
Figura 7 <i>Metodología de gradación del vidrio triturado</i>	26
Figura 8 <i>Gradación de la arena natural y vidrio triturado</i>	27
Figura 9 <i>Porcentaje óptimo de vidrio triturado en la mezcla asfáltica</i>	29
Figura 10 <i>Análisis grafico comparativo</i>	31

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Evidencia de sumisión de tesis	37
Anexo B. Copia de Resolución.	39
Anexo C. Imágenes adicionales.....	40

Efecto del vidrio reciclado en el diseño de mezcla asfáltica convencional mediante método Marshall

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto que presta el vidrio reciclado al incorporarse al diseño de mezcla asfáltica como material innovador, reemplazando al agregado fino en porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20%. La metodología aplicada para la determinación de la estabilidad y deformación de las muestras fue el método de diseño Marshall, el cual busca establecer la combinación adecuada entre la mezcla de agregados y cemento asfáltico que brinde muestras capaces de garantizar los parámetros de calidad, por lo que tiene la factibilidad de determinar el porcentaje óptimo de cemento asfáltico en la muestra convencional y el porcentaje óptimo de vidrio reciclado incorporado al diseño de mezcla modificado. Realizadas las pruebas de rotura de briquetas, se determinó que el porcentaje óptimo de vidrio reciclado incorporado al diseño de mezcla es el 15 %, registrando una estabilidad máxima de 1166kg superior al obtenido convencionalmente el cual dio 1044kg, también se identificó las propiedades de la mezcla como el flujo a 3.11mm, %vacíos 3.42%, %vacíos de agregado mineral a 27.05% y % vacíos llenos de cemento asfáltico a 87.36%, todos estos resultados validados según los parámetros de la normativa peruana manual de carreteras eg-2013. De acuerdo a los resultados determinados se observa que no es necesario adicionar gran cantidad de vidrio a la mezcla para mejorar sus propiedades, si no la adecuada para que este se complemente y adhiera adecuadamente con los agregados y el cemento asfáltico.

Palabras clave: Vidrio reciclado; diseño de mezcla; Estabilidad Marshall; convencional; modificado.

Effect of Recycled Glass on Conventional Asphalt Mix Design Using the Marshall Method

ABSTRACT

The present research was carried out with the objective of determining the effect of recycled glass when incorporated into the design of asphalt mixture as an innovative material, replacing the fine aggregate in percentages of 0%, 10%, 15% and 20%. The methodology applied to determine the stability and deformation of the samples was the Marshall design method, which seeks to establish the appropriate combination between the mixture of aggregates and asphalt cement that provides samples capable of guaranteeing quality parameters, so it has the feasibility of determining the optimal percentage of asphalt cement in the conventional sample and the optimal percentage of recycled glass incorporated into the modified mix design. Performed briquette breakage tests, it was determined that the optimal percentage of recycled glass incorporated into the mixing design is 15 %, registering a maximum stability of 1166kg higher than the conventionally obtained which gave 1044kg, The properties of the mixture were also identified as the flow at 3.11mm, %empty 3.42%, %empty of mineral aggregate at 27.05% and % empty filled with asphaltic cement at 87.36%, all these results validated according to the parameters of the Peruvian manual highway regulation eg-2013. According to the determined results it is observed that it is not necessary to add a large amount of glass to the mixture to improve its properties, if not suitable for it to complement and adhere properly with aggregates and asphalt cement.

Keywords: Recycled Glass; Blend Design; Marshall Stabilit; Conventional; Modified.

1. Introducción

El pavimento flexible es el más empleado en Perú por la sensación confort que este brinda, pero difícil de conservar por las diferentes anomalías que este presenta a lo largo de su vida útil y esto conlleva a acelerar los procesos de mantenimiento, perjudicando la libre circulación de vehículos a sus diferentes destinos (Ríos Cotazo et al., 2020). Por lo cual buscar y encontrar soluciones que brinden un mayor soporte de resistencia en los pavimentos flexibles a diferentes sucesos climáticos es el principal problema en cuanto a infraestructura vial, debido a esto se busca mejorar las carreteras en su forma estructural y también sostenible con el medio ambiente (Oyeyi et al., 2023). Las fallas que se presentan en el asfalto son a causa de un inadecuado diseño de mezcla o un estudio de tráfico deficiente, estos componentes son los que difieren en gran magnitud al desgaste prematuro de los pavimentos (Harinder et al., 2023). La carpeta de rodadura es el expuesto visualmente cuando no se cumple con un buen proceso constructivo en este, compuesto por un material bituminoso dependiente de las participaciones del betún que enlazados con una porción adecuada de agregados se adhieran adecuadamente para lograr una resistencia estable, pero además de su proporción de aplicación depende de las propiedades de los agregados que lo conforman como es la piedra chancada, arena y cal, que aun respetando y cumpliendo con los parámetros establecidos por la normativa MTC 2014 (De La Cruz Vega et al., 2022); la estabilidad que este llega a alcanzar no es suficiente para suplir con las fallas superficiales que se presentan en los pavimentos.

Según investigaciones realizadas en la incorporación del vidrio como material de construcción en agregados demuestran que este presenta propiedades mecánicas que mejoran la durabilidad y resistencia donde se le incorpore como material adicional (Nour et al., 2023); su adaptación se puede dar de diferentes maneras o formas según la aplicación que se quiera, en pavimentos mayormente se reemplaza el vidrio molido por un porcentaje de agregados (arena) con el objetivo de mejorar las propiedades físico mecánicas de estos (Olukanni et al., 2021); estos se elaboran triturándolos hasta darle una gradación similar a la

arena natural, para posteriormente adecuarlo en proporciones que mejoren la estabilidad y resistencia del diseño de mezcla de la carpeta de rodadura. Sin embargo, al exceder el uso del vidrio molido este podría perjudicar la estabilidad del asfalto generando que el flujo aumente mediante los espacios vacíos, esto debido a la carencia de adherencia que posee el vidrio (Suresha et al., 2023); una solución a este problema vendría a ser realizar pruebas de briquetas con diferentes proporciones de vidrio mediante el método Marshall, para obtener el porcentaje óptimo donde el vidrio molido obtenga mayor estabilidad y menor flujo de acuerdo al diseño de mezcla establecido en ensayos premonitorios.

El método Marshall es un ensayo habitual en el proceso de diseño de mezcla asfáltica en caliente, debido a sus características este proporciona el porcentaje óptimo de bitumen para el asfalto según su estabilidad y flujo, lo cual ayuda a evaluar las mejores condiciones y propiedades óptimas para acondicionar a la carpeta de rodadura (Tunde Akinleye et al., 2020). Según Melendrez et al. al incorporar vidrio molido al 10%, 15%, 20%, al asfalto incrementa su estabilidad en 1154kg, 1271kg, 1141kg y flujo de 3.95mm, 3.20mm, 3.46mm, teniendo como porcentaje óptimo de vidrio molido al asfalto 15% (Melendez Caucha & Pinedo Pinedo, 2020). Según Wahed et al. Al incorporar polvo de vidrio como aditivo en el diseño de mezcla de un pavimento asfáltico recuperado (RAP) a un 0.26% incremento el desempeño del pavimento y cumplió con todos los parámetros establecidos, según los porcentajes de RAP que se añadían al pavimento virgen, al 25% de RAP y 0.26% de polvo de vidrio sus parámetros eran los mismos que el convencional, en cambio al 50% de RAP y 0.26% de polvo de vidrio este superaba y mejoraba el desempeño en la pavimentación, logrando reducir en un 21% el costo total (Abdel-wahed et al., 2020). Tobi et al. Incorporo vidrio triturado de desechos de botellas como parte de la composición de la capa ligante del asfalto, para este proceso preparo 24 muestras, 12 para determinar el porcentaje óptimo de cemento asfáltico mediante el método Marshall, el cual resulto 6.2% el porcentaje de betún para cada porción de muestra, y 12 para conocer los efectos a diferentes porcentajes de fibra de vidrio, el cual comprobó que los resultados obtenidos son coherentes de acuerdo a los parámetros del libro inverso de

carreteras y puentes de Nigeria de 1997 (Tobi et al., 2021). Según Jintao et al. El factor más influyente en la resistencia de una carretera con un diseño de mezcla epoxi es la longitud de fibra de vidrio que se le aplica, los cuales se determinaron realizando diferentes pruebas como son de tracción, flexión, fatiga, Marshall. Ejecutados los ensayos mencionados dan como resultados que al agregar 9mm de fibra de vidrio al 5% de la mezcla apoxi este genera que el pavimento aumente su estabilidad Marshall en 43.5%, como también la flexión y tracción en un 33.7%, comprobando que el vidrio es un material beneficioso para fortalecer las propiedades de la mezcla apoxi en carreteras (Wei et al., 2022). Según Chung et al. Es más adecuado y factible el uso de áridos de vidrio triturado que agregado fino natural en el concreto, calificándolos como más llevaderos y livianos para la preparación de hormigón de asfalto, debido a las características obtenidas de acuerdo a métodos como microscopia (SEM), tomografía (CT) y análisis de imagen (RapidAir), estos se determinan realizando un análisis comparativo preparando una probeta de asfalto reemplazando la arena fina natural por vidrio triturado y otra convencional, dando como resultados de usabilidad al hormigón de asfalto con vidrio triturado (Chung et al., 2017).

De acuerdo a los estudios ya realizados obtenemos que el vidrio es un material apropiado para mejorar las propiedades físico mecánicas del asfalto, asegurando la confiabilidad de optimizar la resistencia, estabilidad Marshall y durabilidad del diseño de mezcla. La investigación actual es experimental cumpliendo con las especificación y parámetros dados según la normativa MTC para los agregados de la mezcla. Para lo cual se utilizó 25 briquetas para la determinación del porcentaje óptimo de cemento asfáltico según el método Marshall, 5 briqueta convencionales y 15 briquetas con la incorporación de diferentes porcentajes de vidrio molido reciclado, las cuales son de 10%, 15% y 20%.

2. Materiales y métodos

Se realizaron un total de 50 briquetas para la validación de datos y experimentación del diseño de mezcla del asfalto convencional y modificado. Los cuales 30 briquetas sirvieron para determinar el %óptimo de cemento para la mezcla y 20 para el proceso experimental e incorporación de vidrio reciclado en 0%, 10%, 15%, 20%, considerando cinco muestras de briquetas por porcentaje, esto basándose en antecedentes de investigaciones ya realizadas descritas en la introducción de la investigación.

2.1. Materiales

Para ello se utilizaron moldes cilíndricos con un diámetro de 102mm y 64mm de altura, acompañado con un collar de extensión, para facilitar el proceso de apisonamiento con el martillo en el pedestal de compactación, para posteriormente situar las briquetas en las mordazas semicilíndricas y finalmente realizar la prueba de estabilidad y flujo en la maquina Marshall como se muestra en la figura 1.

Figura 1

Equipo Marshall y su composición



Nota. Fuente: Elaboración propia.

2.1.1. Agregados

Como materiales utilizados para la mezcla de asfalto a 3824msnm tenemos la piedra chancada de tamaño máximo nominal $\frac{3}{4}$ plg., proveniente de la cantera Cabanillas perteneciente al departamento de Puno – Perú, con peso específico de 2.57 gr/cm³, 1.04% de absorción con tamaños de muestra de 12.5mm, 9.5mm y 4.75mm. La piedra chancada es un material triturado separado por diferentes tamaños usados en la conformación de la carpeta asfáltica por ser un material adherente, permeable y cohesivo al igual que la arena chancada (Mao & Yang, 2020), con peso específico de 2.5 gr/cm³ y 3.05% de absorción. Otro material en la conformación del diseño de mezcla es la arena zarandeada natural, material proveniente del hormigón el cual es separado y tamizado de acuerdo al tamiz pasante N°4 y retenido en el tamiz N°200, siendo indispensable en el proceso constructivo de pavimentos (Muciño-Vélez et al., 2022), teniendo como tamaño máximo nominal de 4.75mm proveniente de la cantera Isla perteneciente al departamento de Puno – Perú con una gradación bien gradada, peso específico de 2.43 gr/cm³ y 2.87% de absorción.

Tabla 1

Propiedades del agregado grueso

Ensayo	Norma	Agregado grueso		Piedra chancada
		Parámetros de acuerdo a la longitud		
		≤ 3000 msnm	≥ 3000 msnm	
Durabilidad	MTC E 209	18% máx.	15% máx.	13.67%.
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.	58.5%
Abrasión los ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.	32.76%
Partículas chatas y alargadas	ASTM D - 4791	10% máx.	10% máx.	8.81%
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70	89/66
Absorción	MTC E 209	1% máx.	1% máx.	1.04 %
Sales solubles	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.	0.07
Adherencia	MTC E 517	+95	+95	+95

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2*Propiedades del agregado fino*

Ensayo	Norma	Agregado fino		Arena natural	Arena chancada
		Parámetros ≤3000 msnm	Parámetros ≥3000 msnm		
Durabilidad	MTC E 209	18% máx.	15% máx.	7.92%	4.98%
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.	45.2	44.9
Índice de plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP	NP	NP
Índice de plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	4 máx.	NP	NP	NP
Equivalente arena	MTC E 114	60% min.	70% min.	85.10%	71.40%
Angularidad	MTC E 222	30% min.	40% min.	42.2%	44.1%
Sales solubles	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.	0.09%	0.07%
Absorción	MTC E 205	0.5% máx.	0.5% máx.	2.88%	3.05%
Azul metileno	AASTHO TP 57	8% máx.	8% máx.	6.75%	-

Nota. Fuente: Elaboración propia.

2.1.2. Cal

Las briquetas tienen como material aglomerante la cal hidratada debido a sus propiedades que intensifican su estabilidad, adhesividad y su función como material espesante al reducir el contenido de humedad de la mezcla (Kikut Cruz et al., 2020), el cual se optó por su uso de acuerdo a las recomendaciones establecidas en el manual de carreteras EG – 2013, teniendo como principales factores la altitud de la región Puno – Perú y el factor climático. Este es un material producido y distribuido en Perú, conocido también como filler, tiene un peso específico de 2.22 gr/cm³, humedad de 0.65 %.

2.1.3. Cemento asfáltico PEN 120/150

Se utilizó el cemento asfáltico PEN 120/150 aplicado en el diseño de mezcla en caliente MAC, caracterizado por sus propiedades aglomerantes e impermeabilizantes, los cuales tornan a la carpeta asfáltica en una estructura con alta resistencia, durabilidad y flexibilidad, cumpliendo con los parámetros de calidad exigidos en la NTP 321.051: 2014. Para la

determinación del tipo del cemento asfáltico se consideró las características climáticas de la región Puno – Perú según su temperatura media anual, resultando estar entre 15°C - 5°C el cual según al manual de carreteras EG-2013 correspondería el uso del cemento asfáltico PEN 120/150.

Tabla 3

Especificaciones del cemento asfáltico PEN 120/150

Parámetros	NORMAS	Cemento asfáltico 120/150	
		Min.	Máx.
Penetración a 25°C, 100g. 5s. 01mm	MTC E 304	120	150
Ductilidad a 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100	-
Punto de inflamación	MTC E 312	218	-
Solubilidad de tricloro-etileno, %	MTC E 302	99	-
Índice de penetración	MTC E 304	-1	-

Nota. Fuente: Elaboración propia.

2.1.4. Vidrio reciclado

El vidrio utilizado en esta investigación fue derivado de botellas domesticas desechas en la ciudad de Juliaca – Puno - Perú, lavadas y posteriormente trituradas mediante el ensayo abrasión Los Ángeles fijadas en la gradación A con 12 esferas a 500 revoluciones en dos fases, realizado este ensayo el vidrio obtiene partículas de gradación similar al de la arena natural zarandeada mostradas en la figura 2. Este material remplazara a la arena en el diseño de mezcla asfáltico al momento de realizar las briquetas en porcentajes de 10%, 15% y 20%, con la intención de que este adicione propiedades de estabilidad Marshall a la muestra, como se sabe el vidrio es un material que contiene características que aumentan la durabilidad, resistencia al desgaste, estabilidad al diseño de mezcla y conserva las propiedades del asfalto (Hamid et al., 2023), con características y composición representadas en la tabla 4 y 5.

Tabla 4

Propiedades del vidrio reciclado triturado

Ensayo	Norma	Vidrio triturado
Peso específico	MTC E 206	1.76%
Absorción	MTC E 206	0.31%
Porosidad	ASTM C 642	1.96%

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5

Características físico – químicas del vidrio reciclado

Características físico – químicas	Unidad	Resultado
Vidrio reciclado	%	63
Carbonato de sodio	%	21
Carbonato de calcio	%	16

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 2

Vidrio triturado



Nota. Fuente: Elaboración propia.

2.2. Briquetas

Se realizaron en total 50 briquetas de asfalto con un peso de 1200 gr cada una, 102mm de diámetro y 64mm de altura representada en la figura 4, del total se usaron 30 briquetas para determinar el porcentaje de cemento asfáltico óptimo para el diseño de mezcla

de la carpeta asfáltica según el método Marshall, se elaboraron 5 briquetas con la adición de cemento asfáltico en porcentajes de 6%, 6.5%, 7%, 7.5%, 8% y 7.1% cada una.

Del total de briquetas realizadas 20 se consideran para el proceso experimental, 5 muestras para briquetas convencionales y 15 con la adición de porcentajes de vidrio triturado de 10%, 15% y 20% considerando 5 muestras para cada una, esto con la finalidad de determinar el efecto que estas causan en un diseño de mezcla asfáltica convencional en cuanto a sus propiedades de estabilidad y flujo.

Figura 3

Briquetas de asfalto.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

2.3. Métodos

El método de preparación de las briquetas de asfalto se realizó según el diseño de mezcla asfáltica en caliente mediante el método Marshall, el cual consiste en realizar 5 briquetas con diferentes porcentajes de prueba entre 6%, 6.5%, 7%, 7.5%, 8% de cemento asfáltico en una muestra total de 1200 gr., compuesto por piedra chancada, arena chancada, arena natural y cal, de los cuales se determina un porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño de mezcla convencional, estos se determinan mediante el ensayo Marshall (Martínez & Quintana, 2020). Los cuales deben cumplir con los siguientes parámetros fijados en tabla 5.

Tabla 6

Parámetros para mezcla de concreto bituminoso.

Especificaciones	Tipo de mezcla (A)
Total, de golpes de compactación	75
Estabilidad (mínima requerida)	815 kg
Flujo	2-4 mm
% de vacíos	3-5
% de vacíos de agregado mineral	14 min.
% de vacíos llenos de C.A.	65-75
Relación polvo - asfalto	0.6 – 1.3
Estabilidad/flujo	1700-4000 kg/cm
% de estabilidad retenida	75% min.
% de índice de compactibilidad	5% min.
Resistencia tracción indirecta	80 min

Nota. Fuente: Normativa Manual de carreteras EG-2013.

El procedimiento de mezcla y elaboración de las briquetas para el asfalto convencional se realizó respetando una secuencia de pasos, empezando por determinar las proporciones adecuadas de agregados de acuerdo a la gradación MAC-2, la cual resulto un 34% de piedra chancada, 15% de arena chancada, 48% de arena natural y 3% de cal, de acuerdo a estas proporciones se procedió a recalcularlos adicionando los porcentajes de cemento asfálticos los cuales son 6%, 6.5%, 7%, 7.5% y 8% para cada muestra de mezcla de 1200gr. Se empieza por calentar el cemento asfáltico a una temperatura de 140°C y los agregados a 35°C, una vez alcanzada la temperatura se dispone a la mezcla de agregados según las proporciones establecidas, la mezcla debe ser inmediata durante 30 segundos antes y después de agregar la cal. Unificada la mezcla ponemos como base el papel filtro en el molde cilíndrico calentado previamente a 60°C. Para fijar la mezcla asfáltica la apisonamos con una varilla 10 veces alrededor y 15 veces al centro, esto para darle forma y que las partículas de la mezcla se adhieran, luego se procede a tapar la muestra con papel filtro y trasladarlo al pedestal de

compactación, donde se compacto 75 golpes ambas caras con el matillo apisonador de 4.5 kg de peso cada golpe. Realizada la compactación se espera un tiempo pertinente para que la muestra en el molde alcance una temperatura ambiente para extraerla y determinar su peso específico, posterior a ello se deja reposando por 40 minutos en agua a una temperatura constante de 60°C, cumplido el tiempo de reposo se realiza el ensayo en el equipo Marshall para determinar su estabilidad y flujo, este proceso no debe tardar más de 30 segundos.

Figura 4

El procedimiento de mezcla y elaboración de las briquetas



Nota. **(a)** Proporciones de agregados más el vidrio mezclado. **(b)** Calentamiento del betún y agregados. **(c)** Apisonamiento de la mezcla en los moldes. **(d)** Compactación de la mezcla a 75 golpes. **(e)** Extracción de la briqueta. **(f)** Ensayo peso específico de briquetas. **(g)** Reposo de briquetas en el baño María. **(h)** Ensayo estabilidad Marshall. Fuente: Elaboración propia.

3. Resultados y discusión

3.1. Dosificación

La dosificación se determinó de acuerdo a la granulometría y gradación de los agregados para el diseño de mezcla, el porcentaje que pasa cada agregado fue considerado y seleccionado para realizar un proceso de conjugación de dosificación de cada material, para que cumpla con los parámetros regidos según la gradación MAC – 2, plasmada en una representación gráfica. De acuerdo a este proceso se determinó los porcentajes de dosificación para el diseño de mezcla fijados en la tabla 7.

Tabla 7

Porcentaje de dosificación de los agregados para la mezcla

Tamiz	Porcentaje que pasa de los agregados				Parámetros MAC -2	% Que pasa Mezcla
	Piedra Chancada	Arena Chancada	Arena natural	Filler		
	34%	15%	48%	3%		
19.0 mm (3/4")	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100.00
12.5 mm (1/2")	76.10	100.00	100.00	100.00	80-100	88.80
9.5 mm (3/8")	36.10	100.00	100.00	100.00	70-88	79.60
4.75 mm (N.º 4)	0.00	100.00	99.94	100.00	51-68	65.90
2.00 mm (N.º 10)	0.00	26.39	80.76	100.00	38-52	44.73
0.84 mm (N.º 20)	0.00	4.53	59.94	100.00	-	35.32
0.425 mm (N.º 40)	0.00	0.17	34.98	100.00	17-28	25.43
0.18 mm (N.º 80)	0.00	0.00	11.68	100.00	8-17	16.78
0.15 mm (N.º 100)	0.00	0.00	6.59	99.60	-	11.44
0.075 mm (N.º 200)	0.00	0.00	0.27	97.57	4-8	7.49

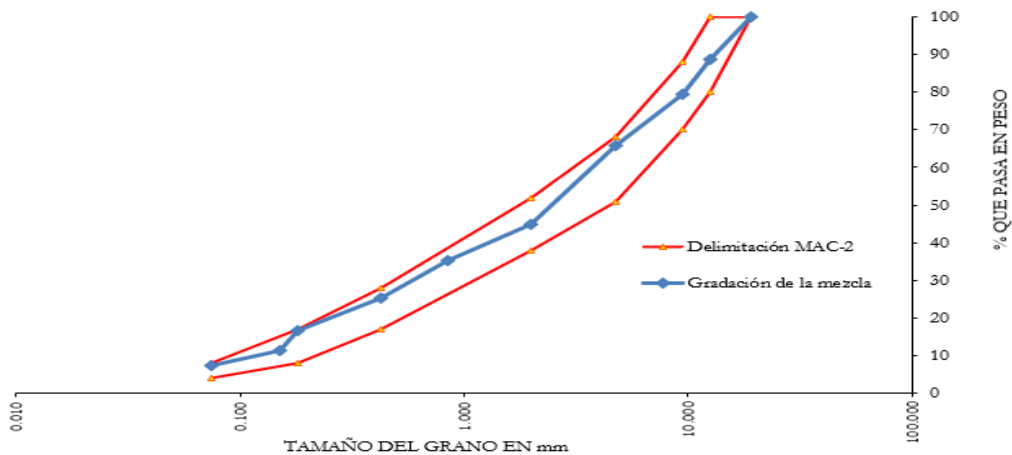
Nota. Fuente: Elaboración propia.

La gradación de la mezcla con una muestra inicial de 1200 gr cumple con los parámetros de la MAC – 2 mostradas en la figura 7, resultados que indican que la mezcla tiene una gradación estable por lo cual esta será compacta y resistente capaz de generar lasos de

adherencia y cohesión entre partículas las cuales serán aglutinadas por el cemento asfáltico PEN 120/150, encargado de que las partículas de la mezcla se unan dando forma a una briqueta estable.

Figura 5

Curva granulométrica de la mezcla y parámetros MAC-2.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Método Marshall

Mediante el método Marshall se determinó el porcentaje óptimo de cemento asfáltico a aplicar al diseño de mezcla el cual fue de 7.1%, de acuerdo a las propiedades obtenidas de peso unitario, porcentaje de vacíos, estabilidad, vacíos de agregado mineral, flujo y porcentaje de vacíos llenos del cemento asfáltico.

En cada porcentaje de cemento adicionado a la mezcla en 6%, 6.5%, 7%, 7.5%, 8% se determinaron las propiedades ya mencionadas y mostradas en la tabla 8, en el cual se pudo ver que las briquetas desde el 7%. hasta el 7.5% se tornaron más compactas y adherentes en todas sus muestras, cumpliendo con los parámetros del método Marshall, dichos resultados se plasmaron en una representación gráfica la cual expuso el porcentaje óptimo de cemento asfáltico. Según los resultados del peso unitario y/o estabilidad y direccionándolas se obtuvo que 7.1 es el porcentaje adecuado para el diseño de mezcla convencional, debido a que este

cumple con todos los parámetros establecidos por el método Marshall demostradas en la figura 6. Para determinar las propiedades se llevó las briquetas ya hechas por cada proporción establecida a la máquina de estabilidad Marshall representada en la figura 1, para su rotura y determinación de estabilidad máxima que estas alcanzan y su flujo.

Tabla 8

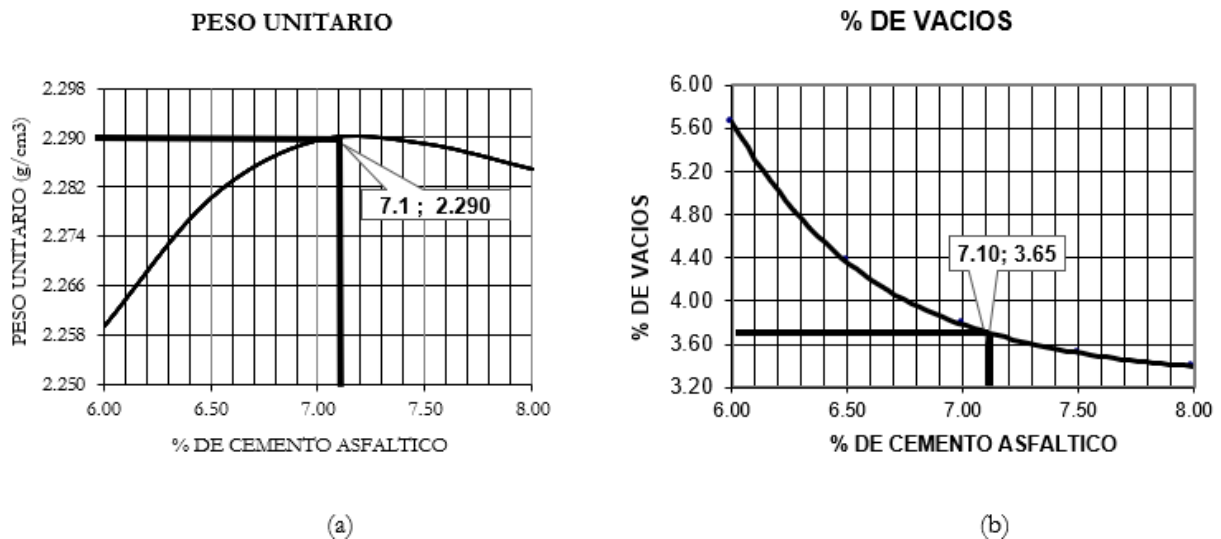
Valores resultantes de la rotura de briquetas a diferentes % C.A.

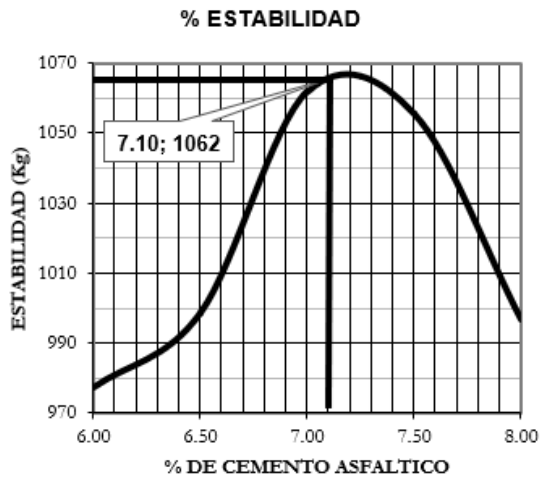
Especificaciones	Parámetros	Propiedades de la mezcla según el % CA				
		6.00%	6.50%	7.00%	7.50%	8.00%
Numero de muestras	-	5	5	5	5	5
Peso unitario (gr/cc)	-	2.259	2.280	2.290	2.289	2.285
Rice	-	2.394	2.384	2.380	2.372	2.365
Estabilidad (kg)	815 min.	977	999	1062	1056	997
Flujo	2 – 4	2.34	3.14	3.54	3.74	3.91
Vacios (%)	3 – 5	5.66	4.36	3.78	3.52	3.40
V.M.A. (%)	14 min.	14.37	14.03	14.14	14.62	15.24
V.L.L.C.A. (%)	65-75	60.70	68.94	73.27	75.93	77.69

Nota. Fuente: Elaboración propia.

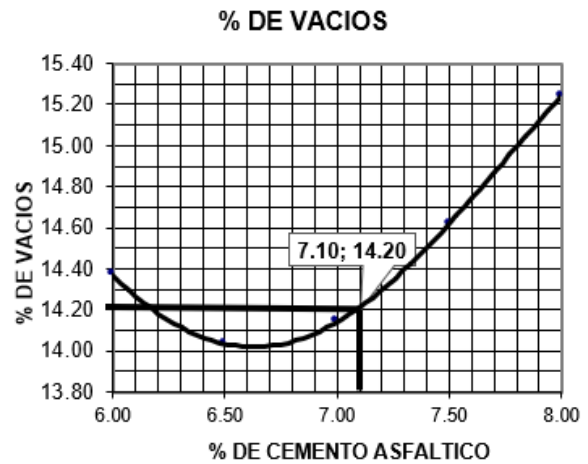
Figura 6

Gráficos del ensayo Marshall

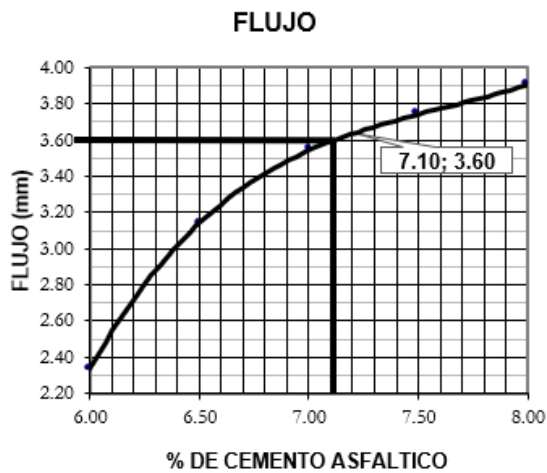




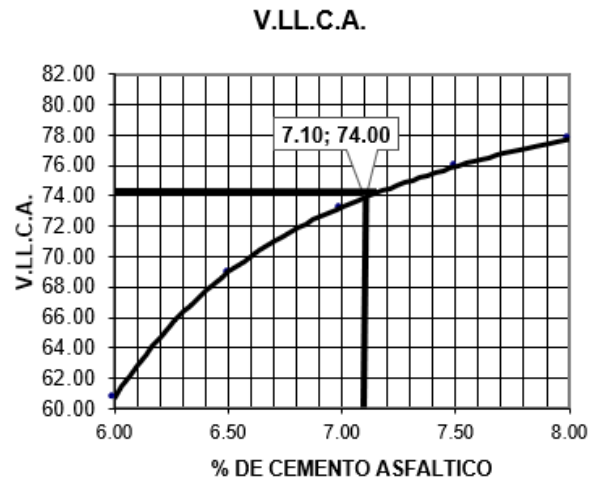
(c)



(d)



(e)



(f)

Nota. **(a)** valor máximo del %C.A. intersecado al P.U. **(b)** Valor intersecado entre el %C. A. definido y estabilidad. **(c)** Valor intersecado entre el %C. A. definido y %VMA. **(d)** Valor intersecado entre el %C. A. definido y %Vacíos. **(e)** Valor intersecado entre el %C. A. definido y flujo. **(f)** Valor intersecado entre el %C. A. definido y V.L.L.C.A. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Diseño de mezcla convencional con la incorporación de vidrio triturado

Para el diseño de mezcla convencional se realizó la preparación de 5 briquetas con la incorporación de 7.1% de cemento asfáltico, 31.60% de piedra chancada, 13.90% de arena chancada, 44.60% de arena natural y 3.00% de filler para muestras con 1200 gr de peso inicial, estos especímenes son la parte base de esta experimentación, de acuerdo a sus valores se comparó la diferencia y mejora que tiene el diseño de mezcla modificada con la incorporación de vidrio triturado. Los valores determinados según la rotura de briquetas se asemejan con los obtenidos en los gráficos de la figura 6, esto comprueba que el porcentaje de cemento asfáltico óptimo es adecuado para el diseño de mezcla convencional y modificado. Los cuales se presentan en la tabla 9, vistos los resultados se considera los determinados en la rotura de briquetas para posteriores comparaciones con el diseño de mezcla modificado.

Tabla 9

Valores del asfalto convencional.

Especificaciones	Parámetros	7.1% C.A. Según gráfico	7.1% C.A. Briquetas
Numero de muestras	-	-	5
Peso unitario (gr/cm ³)	-	2.290	2.294
Rice (gr/cm ³)	-	-	2.398
Estabilidad (kg)	815	1062	1044
Flujo (mm)	2 - 4	3.60	3.45
Vacios (%)	3 - 5	3.55	4.36
V.M.A. (%)	14 mín.	14.10	14.07
V.LL.C.A. (%)	65 - 75	74.00	69.01
Relación polvo – asfalto	0.6 – 1.3	-	1.03
Estabilidad/flujo (kg/cm)	1700 - 4000	2950	3023.59
Estabilidad retenida (%)	75 mín.	-	83.46
Índice de compactibilidad (%)	5 mín.	-	8.10
Resistencia tracción indirecta	80 mín.	-	90.30

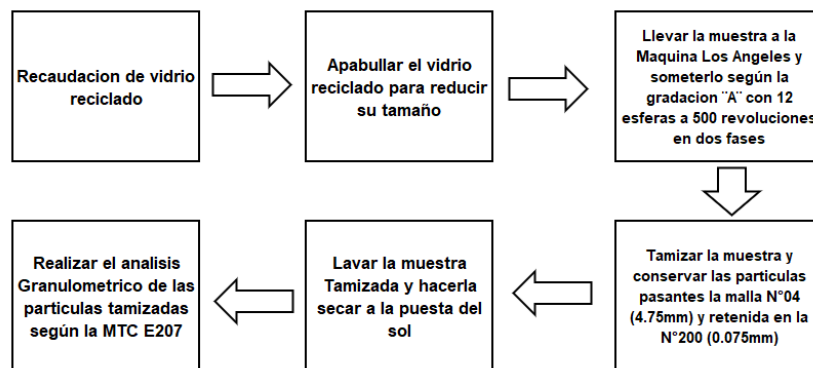
Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.4. Gradación del vidrio reciclado

Se recolecto 60 botellas de bebidas personales desechas para darle un segundo uso como material adicional para el diseño de mezcla asfáltica al 10%, 15%, 20%, remplazando al porcentaje total de la arena natural zarandeada. Por lo cual la gradación de las partículas del vidrio triturado debe ser similar al de la arena natural según la prueba de análisis granulométrico de agregados. La metodología que se realizó para obtener la misma gradación de la arena natural fue la siguiente:

Figura 7

Metodología de gradación del vidrio triturado.

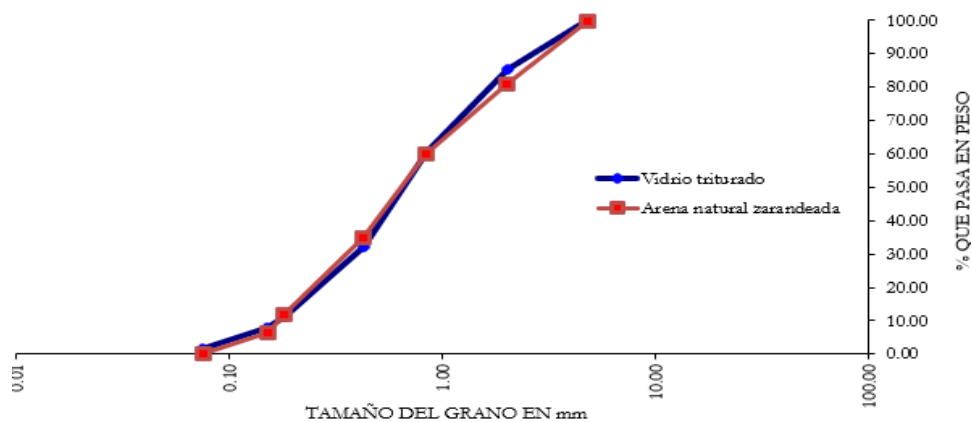


Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para un proceso constructivo industrial de pavimento flexible con la adición de vidrio en grandes cantidades se debe seguir la misma metodología visto la figura 7 para asegurar la calidad de gradación del vidrio. Pero con la optimización y redimensionamiento de maquina Los Ángeles a escalas mayores que abarque la cantidad vidrio triturado a necesitar según su diseño de mezcla, al igual que una zaranda con malla N°04 y lavadero con lugar para que seque la muestra a la puesta del sol. En el diseño de mezcla modificado adicionado con vidrio triturado se tuvo como factor indispensable que la gradación del vidrio triturado sea similar a la arena natural, la cual se muestra en la figura 8, este proceso tuvo como precedentes los valores ya estimados de la mezcla convencional. Se realizaron 15 briquetas modificadas con la adición de 10%, 15% y 20% de vidrio triturado de las cuales se distribuyó en 5 especímenes para cada porcentaje.

Figura 8

Gradación de la arena natural y vidrio triturado.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Las dosificaciones de los agregados y cemento asfáltico tuvieron variaciones solo en las proporciones de arena natural y vidrio triturado, al 10% la arena bajo a 35.3%, en 15% a 33.66% y al 20% a 26.01% de la dosificación convencional. Se determinó que el porcentaje óptimo de vidrio triturado es el 15 % mostrado a la figura 9, debido a que en el 10% las briquetas cumplían con todos los parámetros pero su estabilidad fue menor a las muestra de

especímenes convencionales, en cambio al 15% fue lo contrario tiene mejores resultados de estabilidad, dando valores que superan a los convencionales y también cumple con los parámetros regidos por la norma, las briquetas en este porcentaje se tornaron compactas y aun en su rotura no tuvieron mayores deformaciones solo mínimas fisuras, todo lo contrario al 20% en esta dosificación las briquetas se desprendieron en la rotura, viéndose afectadas por la gran cantidad de vidrio suministrada en la mezcla ya que se tornaba de manera similar a la arena natural, en este porcentaje de adición de mezcla, el cemento asfáltico y los agregados no se adhirieron con el vidrio, mostrando que este material no tiene porosidad en su interior lo cual afecta en la formación de enlaces con los demás agregados, generando espacios vacíos que dejan la libre circulación del agua al interior de la muestra debilitándola hasta volverla frágil, esto debido a la gran cantidad de vidrio suministrada en esta dosificación por lo cual se comprueba que al 20% de adición al diseño de mezcla este baja su estabilidad. Los valores determinados en el ensayo de estabilidad Marshall se presentan en tabla 9.

Tabla 10

Valores del asfalto modificado.

Especificaciones	Parámetros	0% Vidrio Triturado	10% Vidrio Triturado	15% Vidrio Triturado	20% Vidrio Triturado
Numero de muestras	-	5	5	5	5
Peso unitario (gr/cc)	-	2.294	2.223	2.180	2.142
Rice (gr/cc)	-	2.398	2.321	2.276	2.238
Estabilidad (kg)	815	1044	1012.40	1166.16	1013.40
Flujo (mm)	2 – 4	3.45	2.89	3.11	3.48
Vacíos (%)	3 – 5	4.36	4.20	4.16	4.30
V.M.A. (%)	14 mín.	14.07	14.20	14.26	14.21
V.LL.C.A. (%)	65 - 75	69.01	70.42	70.84	69.75
Estabilidad/flujo (kg/cm)	1700 - 4000	3023.59	3509.04	3745.70	2910.12
Estabilidad retenida (%)	75 mín.	83.46	83.81	83.98	83.72
Resistencia tracción indirecta	80 mín.	90.3	92.22	92.40	92.20

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11

Adherencia de la mezcla.

Especificaciones	Parámetros	% de vidrio triturado			
		0%	10%	15%	20%
Adherencia MTC E 521	+95	+95	+95	+95	+95

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 9

Porcentaje óptimo de vidrio triturado en la mezcla asfáltica.



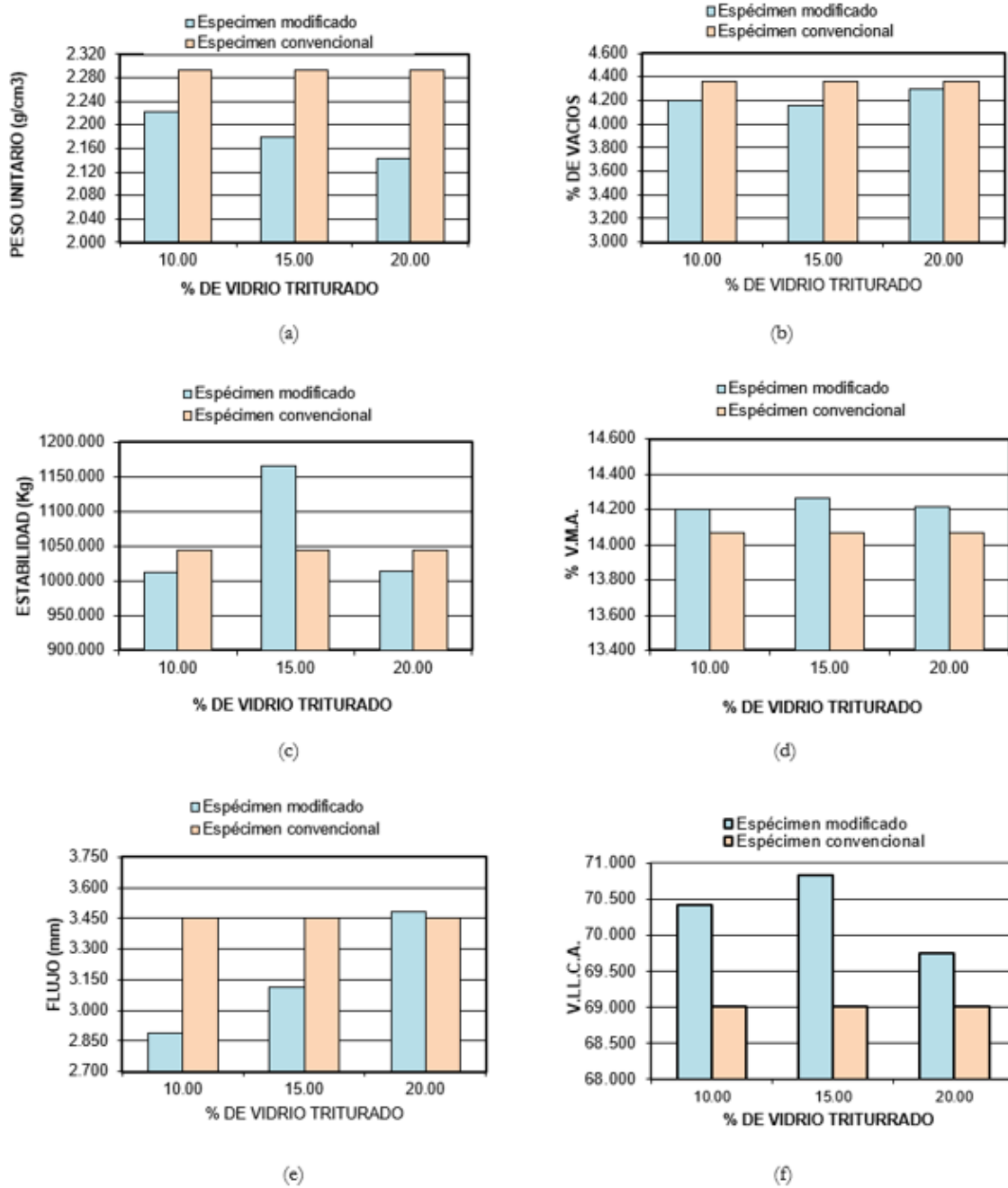
Nota. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados detallados en la tabla 10, se realizó el análisis gráfico comparativo de acuerdo a los resultados determinados en la máquina de estabilidad Marshall. El peso unitario de las briquetas convencionales es mayor a las briquetas modificadas de 10% y 20%, todo lo contrario, a la muestra de 15% es mayor esto nos indica que la muestra modificada es reversible a la filtración de agua al interior de la biqueta y que la mezcla en conjunto no es absorbente ni poroso, lo cual queda detallado en el gráfico % de vacíos, indicando que los especímenes de 15% tienen menos proporción de áreas vacías seguidas de las muestras

convencionales. En cuanto a la estabilidad de la briqueta modificada al 15 % fue ampliamente superior a la convencional y a los de los demás porcentajes, esto debido al efecto del vidrio en la mezcla, el cual en la proporción adecuada de suministración le añadió propiedades de resistencia a la muestra experimental, al igual que el factor de flujo que oscila dentro de los parámetros establecidos, el vidrio le proporciono propiedades que ayudan a que la muestra no presente deformación como asentamientos y agrietamientos, plasmándolo más compacto. El porcentaje de vacíos de material mineral cumple con los parámetros establecidos, estos resultados indican que los espacios de aire entre los agregados es el adecuado para que la mezcla sea más compacta, teniendo agregados ligeramente permeables.

Figura 10

Análisis grafico comparativo



Nota. (a) P.U. y %Vidrio (b) %Vacíos y %Vidrio. (c) Estabilidad y %Vidrio. (d) % V.M.A. y %Vidrio (e) Flujo y %Vidrio (f) V.L.L.C.A. y %Vidrio. Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones

Se logro determinar los efectos que causa el vidrio molido en las propiedades de los especímenes de acuerdo a los porcentajes que se le agregan a la mezcla, los cuales remplazan a la arena natural en un 10%, 15% y 20% de su proporción total, se evaluó y comparo las propiedades del diseño de mezcla convencional y modificado y con los cuales se concluye que:

De acuerdo al proceso de diseño de mezcla según el método Marshall, se identificó que el porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño de mezcla convencional y modificado es el 7.1% según la representación gráfica, posterior a ello se comprobó la eficacia de esta proporción en 5 briquetas convencionales las cuales presentaron valores similares al ya determinado por los gráficos cumpliendo con todos los parámetros de estabilidad, flujo, %VMA, y V.LL.C.A.

Se realizo el diseño de mezcla modificado con la incorporación de 10%, 15% y 20% de vidrio reciclado el cual remplazo a la arena natural zarandeada en su dosificación total, debido a que su gradación fue similar. Realizadas 15 briquetas con la incorporación de vidrio triturado 5 muestras a cada una se determinó que el porcentaje optimo se alcanzaba en el 15% con una estabilidad de 1166 kg, este se identificó de acuerdo a la estabilidad máxima que se obtuvo en la prueba Marshall, obteniendo valores que superan las ya determinadas en las muestras convencionales, lo cual nos indica que el vidrio es un material que mejora las propiedades de la mezcla en un 15%.

Se reconoció las propiedades en el asfalto modificado con el remplazo de vidrio reciclado a la arena natural en los siguientes valores como la estabilidad, el cual al 10% y 15% estaba en ascenso teniendo el valor máximo de 1166kg, en caso del flujo resulto que los valores ascendían de acuerdo a la incorporación de los porcentajes de vidrio, indicando que a más suministración de este material el flujo aumentaba por lo cual se considera adecuado el valor que esté relacionado a la estabilidad máxima el cual fue al 15% con 3.11 mm de flujo, en

cuanto a los porcentajes de vacíos al 10% y 20% presentaron valores superiores al de 15% con 4.16% , teniendo el valor más bajo el cual es favorable ya que representa que la muestra es compacta y no genera espacios vacíos por la filtración de agua, en cuanto a los vacíos de agregado mineral se determinaron valores que ascendían de acuerdo a los incrementos de porcentaje de vidrio, al igual que los vacíos llenos de cemento asfáltico.

La diferencia entre el diseño de mezcla convencional y modificado se vio determinante en la estabilidad de estos, puesto que el vidrio le añade más resistencia y compacidad a la mezcla de acuerdo a la proporción incrementada, obteniendo 1166kg al 15% un valor máximo que supero al convencional con 1044kg, otro factor determinante fue el flujo el cual al 15% con 3.11mm fue menor al convencional que tuvo 3.45mm, resultando adecuado el menor valor debido a los parámetros establecidos, al igual que el porcentaje de vacíos el modificado al 15% con 4.16% tuvo un resultado menor al convencional con 4.36%, en cuanto a los porcentajes de vacíos es más adecuado el menor valor debido a que esto nos indica que la muestra no presentara problemas de exudación ni filtración de agua, el valor de %VMA convencional fue de 14.07% en cambio en el modificado al 15% este aumento a 14.26% al igual que el % de V.LL.C.A. en el convencional obtuvo valores de 69.01% y en el modificado a 70.84% estos incrementos se debió a la incorporación de vidrio triturado.

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que el diseño de mezcla modificado con vidrio reciclado es más adecuado para el diseño de mezcla, debido a las propiedades que el vidrio adiciona al asfalto convencional, ya sea en su estabilidad, flujo, %vacíos, %VMA, %VLLCA, pero que adecuadamente en consideración de la proporción adecuada de vidrio el cual es de 15% es donde el asfalto alcanzaría una estabilidad compacta, lo cual es recomendable el remplazo de la arena natural por el vidrio triturado en un 15% de su dosificación.

Referencias Bibliográficas

- Abdel-wahed, T., Younes, H., Othman, A., & El-Assaal, A. (2020). Evaluation of Recycled Asphalt Mixture Technically and Economically. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 48(2), 360–370. <https://doi.org/10.21608/jesaun.2020.107603>
- Chung, S. Y., Elrahman, M. A., Sikora, P., Rucinska, T., Horszczaruk, E., & Stephan, D. (2017). Evaluation of the effects of crushed and expanded waste glass aggregates on the material properties of lightweight concrete using image-based approaches. *Materials*, 10(12), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ma10121354>
- De La Cruz Vega, S. A., Ibañez Ccoapaza, C. E., & Coaquira Cueva, D. Y. (2022). Determinación de índice de serviciabilidad y capacidad resistente. Caso práctico: pavimentos en Azángaro, Puno, Perú. *Infraestructura Vial*, 24(43), 1–8. <https://doi.org/10.15517/iv.v24i43.48563>
- Hamid, A., Ahmad, N., Zaidi, B., Khalid, R. A., Hafeez, I., Hussain, J., Khitab, A., & Kirgiz, M. S. (2023). Glasphalt: A Borosilicate Based Sustainable Engineering Material for Asphalt Pavements. *Sustainability (Switzerland)*, 15(5), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su15054277>
- Harinder, D., Anusha, P., Ramesh, A., & Peera, K. M. (2023). Evaluation of flexible pavement performance based on HDM-4 and international roughness index. *01202*, 1–9. <https://doi.org/doi.org/10.1051/e3sconf/202339101202>
- Kikut Cruz, K., Baldi, A., & Elizondo Salas, A. L. (2020). Beneficios del uso de cal hidratada en mezclas asfálticas: Revisión del estado del arte. *Infraestructura Vial*, 22(39), 12–19. <https://doi.org/10.15517/iv.v22i39.41618>
- Mao, R., & Yang, H. (2020). Permeability Properties of Crushed Stone Aggregates in Bedding Course of Urban Permeable Roads: An Experimental Study. *Advances in Civil Engineering*, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2020/8867375>

- Martinez, J. G. B., & Quintana, H. A. R. (2020). Caracterización de mezclas de concreto asfáltico. In *Caracterización de mezclas de concreto asfáltico*. Doi: 10.2307/j.ctv2cw0t4h. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2cw0t4h>
- Melendez Caucha, J., & Pinedo Pinedo, W. A. (2020). *Efecto del vidrio molido en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, utilizando agregados de la cantera La Soledad*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44315?show=full>
- Muciño-Vélez, A., Guillén Guillén, C. A., Tahuiton-Mora, A., & Orozco-Mendoza, E. (2022). Influencia de la arena en la resistencia mecánica del mortero empleando diferentes marcas de cemento. *CIENCIA Ergo-Sum*, 29(1), 1–10. <https://doi.org/10.30878/ces.v29n1a9>
- Nour, L. A. A., Gamal, M. M., & Ghoniem, A. G. (2023). Glass fiber for improved behavior of light expanded clay aggregate concrete beams : an experimental study. *Frattura Ed Integritá Stutturale*, 65, 1–16. <https://doi.org/10.3221/IGF-ESIS.65.01>
- Olukanni, E. O., Oyedepo, O. J., & Ajani, A. M. (2021). Performance and Microstructural Evaluation of Asphalt Concrete Produced with Hydrated Lime, Glass Powder and Cement Modifiers. *Nigerian Journal of Technological Development*, 18(4), 296–301. <https://doi.org/10.4314/njtd.v18i4.5>
- Oyeyi, A. G., Ni, F. M. W., & Tighe, S. (2023). In-Service Performance Evaluation of Flexible Pavement with Lightweight Cellular Concrete Subbase. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(8), 1–19. <https://doi.org/10.3390/app13084757>
- Ríos Cotazo, N. X., Bacca Cortés, B., Caicedo Bravo, E., & Orobio Quiñónez, A. (2020). Revisión de métodos para la clasificación de fallas superficiales en pavimentos flexibles. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 30(2), 109–127. <https://doi.org/10.18359/rcin.4385>
- Suresha, B., Vidyashree, S., & Bettegowda, H. (2023). Effect of Filler Materials on Abrasive

Wear Performance of Glass/Epoxy Composites. *Tribology in Industry*, 45(1), 111–120.

<https://doi.org/10.24874/ti.1386.10.22.01>

Tobi, G. A., Abidemi, O. R., & Felix, O. M. (2021). The use of Crushed Waste Glass as a Partial Replacement of Fine Aggregates in Asphalt Concrete Mixtures (Glassphalt). *Journal of Engineering Research and Reports*, 21(4), 1–10.

<https://doi.org/10.9734/jerr/2021/v21i417455>

Tunde Akinleye, M., Jimoh, Y. A., Salami, L. O., & Stability, M. (2020). Marshall properties evaluation of hot and warm asphalt mixes incorporating dissolved plastic bottle modified bitumen. *Journal of Materials and Engineering Structures*, 7, 439–450.

<https://doi.org/revue.ummt0.dz/index.php/JMES>

Wei, J., Mao, X., Xu, W., Xi, C., Yan, S., Sun, T., Hu, X., Wang, Y., & Chi, F. (2022).

Experimental Research on the Effect of Fiberglass on the Performance of Epoxy Asphalt Concrete. *Sustainability (Switzerland)*, 14(22), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su142214724>

Anexos

Anexo A. Evidencia de sumisión de tesis

Revista: Frattura ed Integrità Strutturale

Link: <https://www.fracturae.com/index.php/fis/index>

Envío:

Frattura e integritad estructural

← Volver a Envíos

4692 / Quispe Cutipa et al. / Efecto del vidrio reciclado en el diseño de mezclas asfálticas convencionales mediante el método Mars 🔍 Biblioteca

Flujo de trabajo **Publicación**

Envío **Revisar** Edición de copia Producción

Archivos de envío 🔍 Buscar

▶	23391 Efecto del vidrio reciclado en el diseño de mezclas asfálticas convencionales utilizando el método Marshall.DOCX	23 de noviembre de 2023	Primera presentación: papel como archivo word. OBLIGATORIO (.docx, máximo 100 Mb)
---	--	-------------------------	---

Descargar todos los archivos

Recepción:

[FIS] Acuse de recibo de envío Recibidos x



Francesco Iacoviello via Italian Group Fracture <fracturae@gruppofrattura.eu>
para mí ▾

Jueves, 23 de noviembre de 2023, 16:34 ☆ 😊 ↶ ⋮

Traducir al español X

Wenche Milagros Quispe Cutipa:

Gracias por enviar el manuscrito "El efecto del vidrio reciclado en el diseño de mezclas asfálticas convencionales utilizando el método Marshall" a Frattura ed Integrità Strutturale. Con el sistema de gestión de revistas en línea que estamos utilizando, podrá seguir su progreso a través del proceso editorial iniciando sesión en el sitio web de la revista.

URL del manuscrito: <https://www.fracturae.com/index.php/fis/authorDashboard/submit/4692>

Nombre de usuario: wenche_milagros

Si tiene alguna pregunta, comuníquese conmigo. Gracias por considerar esta revista como un lugar para su trabajo.

Deseo recordarles que la Frattura ed Integrità Strutturale (Fractura e Integridad Estructural) cuenta con el apoyo financiero del Grupo Italiano de Fractura y de crowdfunding y es completamente gratuita tanto para los lectores como para los autores. No se requieren cargos de procesamiento ni cargos de envío. Agradecemos su contribución a nuestra revista y por ser parte de nuestra gran comunidad.

Francesco Iacoviello

Prof. Francesco Iacoviello

Fractura e Integridad Estructural, Editor Jefe
Italian Fracture Group (IGF), Presidente Emérito
Universidad de Cassino y Sur del Lacio - DICeM
via G. Di Blasio 43, 03043 Cassino (FR), Italia
tel. +39.07762993681

↶ Responder

↷ Reenviar



Anexo B. Copia de Resolución.



"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

RESOLUCIÓN N° 0039-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Naña 28 de febrero de 2023

VISTO:

El expediente de **Wenche Milagros Quispe Cutipa**, identificado(a) con Código Universitario N° 201712288, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Wenche Milagros Quispe Cutipa**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Mejoramiento de la carpeta asfáltica con vidrio reciclado para la Av. Circunvalación - Juliaca 2022" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 28 de febrero de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Mejoramiento de la carpeta asfáltica con vidrio reciclado para la Av. Circunvalación - Juliaca 2022**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar como asesor a **Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona** para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Moises Araca Chile e Ing. Herson Duberly Pari Cusi**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

Anexo C. Imágenes adicionales.

Imagen 1: Exploración de canteras.



Imagen 2: Recolección de vidrio.

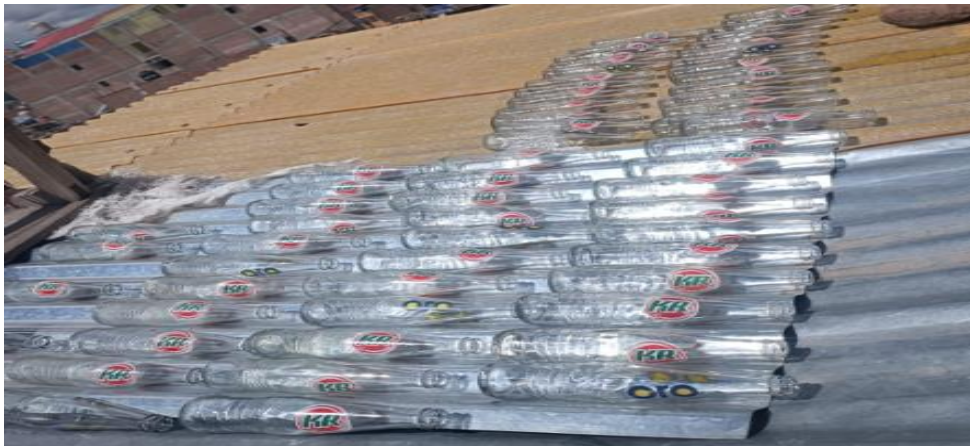


Imagen 3: Ensayos físicos en laboratorio.



Imagen 4: Ensayos mecánicos en laboratorio



Imagen 5: Ensayo de estabilidad Marshall en laboratorio.

