

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS DEL USO DE RESIDUOS PLÁSTICOS
RECICLADOS EN LA ESTABILIDAD,
DURABILIDAD E IMPERMEABILIDAD DE UNA
MEZCLA ASFÁLTICA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Fernanda Alejandra Balarezo Larriviere

Ricardo Tanaka Barboza

Asesor:

Mg. Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz

Trujillo - Perú

2022

DEDICATORIA

A mis padres Johnny Balarezo y Vanessa Larriviére por el apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida, quienes son mi ejemplo de superación y perseverancia. A mis hermanos, por siempre estar a mi lado. A mis abuelos y seres queridos, por todo el amor brindado.

Fernanda B. L.

Dedico este trabajo de investigación a mis padres Rosa y Aldo, quienes me brindaron un apoyo incondicional a lo largo de mi vida, me inculcaron los valores que me formaron como individuo, me brindaron un ejemplo de trabajo y esfuerzo, y a quienes les agradezco por su enorme sacrificio a lo largo de mi formación profesional.

Ricardo T. B.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, por darnos salud y sabiduría.

A mis padres y hermanos quienes son mi motivación. A nuestra institución, Universidad Privada del Norte y profesores por habernos cobijado a lo largo de la carrera, formándonos como profesionales. A nuestro asesor de tesis Ing. Mg. Josualdo Carlos Villar Quiroz por su tolerancia y valiosas observaciones las cuales fueron necesarias para realizar el presente trabajo. A mi compañero de Tesis, Ricardo Tanaka por la dedicación y esfuerzo empleado en nuestro trabajo.

Fernanda B. L.

A la Universidad Privada del Norte por darnos la oportunidad de recibir una enseñanza de calidad, por su constante apoyo durante nuestra formación profesional y por permitirnos ser grandes profesionales.

A mi asesor, el Mg.Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz, por su tiempo, esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, crítica, paciencia y

motivación ha conseguido que pueda desarrollar con éxito este trabajo de investigación.

A todos los docentes que me compartieron sus conocimientos, en las aulas y laboratorios, durante el transcurso de mi formación profesional.

A mi coautora Fernanda por sus consejos, apoyo, optimismo, cariño y paciencia a lo largo de mi formación profesional y personal.

Ricardo T. B.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	23
CAPÍTULO III. RESULTADOS	77
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	84
REFERENCIAS	92
ANEXOS	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Esquema de diseño no experimental tipo transversal.....	24
Tabla 2 Matriz de Clasificación de Variables	26
Tabla 3 Operacionalización de variables	27
Tabla 4 Tabla de muestra	28
Tabla 5 Valores recopilados.....	77
Tabla 6 Artículos que añadieron plástico entre el 0.1% hasta el 1.6%	78
Tabla 7 Artículos que añadieron plástico entre el 2% hasta el 2.5%	79
Tabla 8 Artículos que añadieron plástico entre el 3% hasta el 3.8%	79
Tabla 9 Artículos que añadieron plástico entre el 4% hasta el 5.5%	79
Tabla 10 Artículos que añadieron plástico mayor o igual al 6%	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de Investigación.....	24
Figura 2. Muestra	28
Figura 3. Histograma.....	39
Figura 4. Procedimiento para desarrollo de tesis.	40
Figura 5. Gráfico general de Estabilidad vs % de plástico	81
Figura 6. Gráfico de porcentaje de vacíos vs porcentaje plástico	82
Figura 7. Gráfico de promedios de Estabilidad.....	83
Figura 8. Porcentaje de Artículos que cumplen los porcentajes de vacíos	83

RESUMEN

La presente investigación se elaboró en base a los artículos científicos del mundo, se determinó el análisis del uso de residuos plásticos reciclados en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica, para la realización de la tesis se utilizó un diseño no experimental, descriptivo transversal, el muestreo fue no probabilístico por juicio de experto, la recolección de datos se realizó con la técnica de revisión documental, el instrumento utilizado fue cuadros o plantillas en Excel para una mejor organización de información de los artículos, el problema es que las pistas en el mundo presentan pésimas condiciones por no tener adecuadas propiedades físicas y mecánicas y esto ocasiona accidentes viales y una baja calidad de vida para las personas. Se determinó que la propiedad de estabilidad y la característica de porcentaje de vacíos, el cual afecta directamente a las propiedades de durabilidad e impermeabilidad, presentan valores satisfactorios si se utiliza un porcentaje de plástico adicionado en el rango de 0.1%-1.6%.

Palabras clave: Mezcla asfáltica, Residuos plásticos, Estabilidad, Durabilidad, Impermeabilidad.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Los pavimentos son estructuras que han revolucionado la forma de vivir de la sociedad en todo el mundo, ya que posibilitan el fácil transporte, ya sea de personas, insumos, materiales, etc.; y como cualquier estructura sufren constantemente deterioros, esto debido a que están sometidos permanentemente a cargas de tránsito y factores climáticos, ocasionando problemas e incomodidades para los usuarios. La búsqueda de soluciones dirigidas a dichos problemas ha estado presente desde los inicios de la construcción de los pavimentos y muchas radican en la mejora de las características físico-mecánicas de las mezclas asfálticas para reducir los impactos negativos que reciben a diario estas estructuras.

En Colombia, Bogotá Segura (2016) afirma que la utilización de materiales nuevos como agregado de las mezclas asfálticas, puede ayudar a resolver el constante deterioro actual de las vías en su país. Además, añade que, agregando material a las mezclas asfálticas en caliente se pueden cambiar las propiedades físicas y mecánicas de la nueva mezcla, garantizando mayor durabilidad y alargando su vida útil.

En el mismo país Modera (2018) comenta que al agregarle polisombra (polímero de alta densidad) a la mezcla asfáltica en contenidos de hasta el 1.5% existe una disminución de rigidez y estabilidad.

En Ecuador, Aimacaña (2017) recomienda reusar polímeros (en este caso son plásticos reciclados) porque no solo ayuda a la preservación del medio ambiente, sino que además con los resultados obtenidos en laboratorio demuestra que se al adherir polímeros a la

mezcla asfáltica mejora la estabilidad del pavimento en comparación a una mezcla tradicional. Aimacaña también afirma que las mezclas modificadas en comparación a las mezclas tradicionales demuestran mejores resultados respecto a la durabilidad dando oportunidad de adecuarlas según las necesidades del proyecto. Una de las comparaciones que siempre se tienen en cuenta al momento de determinar un proyecto es la aplicación de la mezcla y Terán (2015) comenta que los pavimentos de mezclas en caliente trabajan bien debido a que son diseñadas, producidas y colocada de manera que se logren obtener propiedades deseadas y estas incluyen la estabilidad, durabilidad, la impermeabilidad, trabajabilidad, resistencia a la fatiga, resistencia al deslizamiento y la flexibilidad.

En Costa Rica se producen 4.500 toneladas de residuos sólidos por día, de los cuales el 93,5% puede ser reutilizado o reciclado (Arguedas, et al.,2014), por ello Villegas (2021) propone la reutilización de residuos plásticos como modificante de los pavimentos asfálticos y con ello dar una solución a un problema del país el cual radica de la dificultad del manejo de desechos sólidos como lo es el plástico. En el desarrollo del proyecto CTQ (conjunto de requisitos del cliente) fueron contrastados con los requisitos técnicos dando como resultado una mezcla que cumple con los parámetros establecidos a nivel nacional, como la Estabilidad (ASTM D 6927) cuyo límite inferior es de 800 y en los ensayos alcanzan un valor promedio de 1636. Monturiol (2019) nos indica que el centro Nacional para la Tecnología del Asfalto (NCAT) publicó una lista de razones por las que se podría emplear polímeros en la modificación de mezclas asfálticas, entre ellas aumentar la durabilidad y resistencia al envejecimiento, incrementar la resistencia al ahuellamiento, disminuye la susceptibilidad térmica.

En el Perú también se han realizado múltiples aportes sobre estas técnicas de construcción para pavimentos, como el de Silvestre (2017) quien comenta que la construcción de carreteras por la misma necesidad y exigencia de las ciudades en la actualidad han hecho

que las técnicas de construcción sean más exigentes y cumplan con la demanda, lo cual hoy en día la tecnología en desarrollo de pavimentos ha ido innovando y se cuenta con diferentes y nuevas emulsiones asfálticas realizando diferentes pruebas o ensayos en los materiales que componen un asfalto, es por ello que en su investigación, se propuso evaluar las características de un asfalto reforzado o modificado en sus distintas características y así poder proponer un nuevo diseño.

Como es el caso de Osorio (2019) donde asegura que mejora la estabilidad y la resistencia a la deformación por rodadura en una vía transitada cuando se le incorpora plástico reciclado. Otro caso es el de Uribe (2020) quien al agregarle la proporción del 2.5% de plástico PET a la mezcla asfáltica, ésta alcanza una mayor estabilidad por lo cual aumenta su resistencia ante las deformaciones. De la misma forma a través del porcentaje de vacíos se demuestra que también aumenta la durabilidad del pavimento flexible. Arévalo y Lucho (2019) afirman que al agregar el plástico a la mezcla existe una reducción del porcentaje de vacíos en un 2.44% con un valor del 4.0% respecto a la mezcla convencional lo cual aporta un mejor comportamiento a la mezcla y satisface las propiedades de impermeabilidad de la mezcla.

Las entidades que regulan, formulan y evalúan los diseños estructurales para pavimentos son el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; a través de sus normativas y manual de carreteras.

Chochabot (2020) concluyó que cuando se le incorpora gránulos de plástico a la mezcla asfáltica ésta aumenta su estabilidad, incrementando su capacidad para soportar cargas, resistiendo una carga adicional de 96 kg, es decir, un 8.51% mayor si la comparamos con la mezcla de tipo convencional.

Salazar (2020) encontró que la adición de plástico reciclado genera una influencia positiva en la mezcla asfáltica; además contribuye a la reducción de la contaminación generada por los residuos sólidos, siendo factible su aplicación en pavimentos de tránsito pesado y mediano, asimismo, encontró que al aplicar plástico reciclado en sustitución del agregado mejora las propiedades del diseño de la mezcla asfáltica siguiendo la norma MTC Ensayo Marshall E 504 cuando se le aplica la dosificación óptima.

Pilatuña y Rodríguez (2021) comentan que la adición del plástico triturado PET por vía húmeda es compatible en óptimas cantidades con el ligante bituminoso y agregados, debido a que el plástico encontrándose en estado líquido recubre el agregado formando una película de poco espesor para luego adherirse con el ligante a altas temperaturas, además recalcan que se pudo evidenciar que con la incorporación de plástico PET mediante vía húmeda la mezcla asfáltica obtuvo incrementos en los valores de estabilidad siendo capaz de soportar mayores cargas y a su vez reduciendo los valores de deformación (flujo) dando como una primera idea que el asfalto modificado tendrá un desempeño óptimo.

De las investigaciones mencionadas anteriormente podemos reflexionar la gran importancia que tienen las innovaciones en los procesos de nuevos diseños de mezclas asfálticas, con el fin, no solo de mejorar sus capacidades físicas y mecánicas para reducir los daños que sufren los pavimentos y alargar su vida útil, sino de reutilizar materiales en dicho diseño para aportar al reciclaje de desperdicios, y con ello, disminuir la contaminación ambiental que tanto está afectando al mundo.

En el 2011, la empresa Cosapi ejecutó uno de los primeros proyectos con asfalto modificado en el Perú denominado Servicio de Gestión y Conservación por Niveles de Servicio de la Carretera Pativilca-Conococha-Huaraz-Caraz-Molinopampa y Chiquián-

Aquí, en donde se utilizó el producto llamado EMultec cqs 1hp (emulsión asfáltica de rotura controlada con polímeros). El problema que presentaba la obra era que la carpeta de rodadura se encontraba totalmente fatigada con presencia de fisuras tipo piel de cocodrilo, desprendimientos de la carpeta asfáltica y huecos. La solución que propusieron los especialistas fue de reciclar la carpeta asfáltica fatigada y base, para posteriormente colocar como superficie de rodadura un micropavimento, el cual presentó resultados positivos que se reflejan hasta la fecha. El proyecto mencionado fue el primero en aplicar micropavimentos en el Perú.

En el mismo año, el grupo TDM contratado por la entidad ABC (ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERAS) empezaron a ejecutar distintos de proyectos en el altiplano boliviano como el proyecto “REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA ACHACACHI-ESCOMA”. EL problema que presentaban las carreteras eran fisuraciones por contracción térmica que se genera a los elevados cambios de temperatura lo cual sumado al volumen de tránsito pesado el cual se viene incrementando de manera exponencial debido al crecimiento económico de Bolivia, lo que provoca que las carreteras se vuelvan más susceptibles a la deformación permanente y fisuración térmica. La solución a este problema fue ejecutar los proyectos de pavimentación con un asfalto modificado con polímeros los cuales consiguen atender la necesidad de grado de desempeño y volumen de tráfico recomendado por las especificaciones SUPERPAVE.

En la actualidad, distintas partes del mundo presentan una gran problemática respecto a las pésimas condiciones en las que se encuentran la mayoría de vías de tránsito vehicular, las fallas presentes en una estructura de pavimento flexible son: Fisuras y grietas (por fatigamiento, en bloque, de borde, longitudinales y transversales), deterioro superficial (parche superficial, baches y ahuellamientos) y otro tipo de deterioros (la separación de

la berma y el pavimento, descenso de la berma); las principales causas que generan los problemas mencionados son la carencia de mezclas asfálticas con las propiedades necesarias para satisfacer las necesidades cada vez mayores que presenta la población, ya que sufrimos un gran crecimiento poblacional y vehicular; así también, los cambios climáticos y factores ambientales como las lluvias, temperaturas altas y bajas, erosión, etc.; las fallas en los procesos constructivos; y el uso de materiales de baja calidad o inadecuados para dicho proyecto.

Por ello, el presente trabajo de investigación buscará analizar la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad, así como el uso de residuos plásticos reciclados en mezclas asfálticas, con el fin de ofrecer una alternativa con mejores resultados en el desempeño de las vías de tránsito vehicular, ya que, el uso de estas vías es cotidiano y fundamental para cualquier recorrido o movimiento que deseamos realizar, y si no tratamos de mantener en buenas condiciones a dichos caminos, esto afectaría nuestras tareas cotidianas y hasta pondría en peligro nuestras vidas y la de los demás.

1.2. Antecedentes

Cárdenas, Vaca, Cote y Flores (2020), Analizaron el desempeño que tienen los desperdicios plásticos en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas modificadas como la estabilidad y relación de vacíos en base de la recopilación de investigaciones nacionales e internacionales. La investigación incluye la discusión sobre las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas como la estabilidad, relación de vacíos y los parámetros de variación que se tiene entre la mezcla asfáltica convencional y la mezcla asfáltica modificada con plástico. Se determinó que los ensayos recopilados tienden a tener porcentajes muy altos y mínimos respecto a sus propiedades mecánicas.

Este estudio sirvió de guía para realizar recopilaciones de artículos y trabajos de investigación tanto nacionales como internacionales y con ello se pudo realizar un correcto análisis estadístico de los datos obtenidos como lo son el porcentaje óptimo de vacíos con un valor de 0.4% y la estabilidad de 1175.28 kg.

Infante y Vásquez (2016) Este estudio pretende realizar un análisis a las dos mezclas asfálticas modificadas con polímeros en el ensayo Marshall teniendo como muestra patrón la mezcla asfáltica convencional. Las consideraciones para ambas mezclas fueron las mismas, en cuanto agregados y gradación, la diferencia fue el tipo de polímero añadido a la mezcla asfáltica. Los polímeros adheridos a la mezcla asfáltica modificada fueron el polímero EVA y SBS, dando como resultado una estabilidad superior a la mezcla asfáltica convencional y un mejor comportamiento e incremento de la vida útil del pavimento.

Este estudio de investigación concluyó que los dos tipos de polímeros mejoraban el desempeño de la mezcla asfáltica; sin embargo, la mezcla asfáltica modificada con EVA mejoró en un 150.54% obteniendo una estabilidad de 1345 kg utilizando 4% como porcentaje óptimo de polímero en la mezcla asfáltica, mejorando la resistencia, agrietamiento y durabilidad del asfalto.

Zambrano (2018) El estudio tuvo como objetivo principal evaluar el comportamiento tanto de parámetros reológicos como las propiedades físico mecánicas de una mezcla asfáltica con la adición de Polímeros Modificados utilizada en la vía Macusani. Para realizar el estudio se fabricó 18 especímenes repartidos en grupos de mezcla asfáltica convencional y mezcla asfáltica modificada con adición del 2%, 2.5%, 3% y 4% de polímero. Se identificó la muestra asfáltica modificada con 3% de adición de polímero la más favorable incrementando la vida útil de la carpeta asfáltica.

La presente investigación aportó información acerca del porcentaje óptimo de plástico reciclado que se puede utilizar en una mezcla asfáltica, mejorando satisfactoriamente las características de esta, aumentando su estabilidad en un 15.8% en relación a la convencional con un valor de 1060 kg y un porcentaje de vacíos de 4%.

Aimacaña (2017) El estudio presentó como objetivo analizar y mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica mediante la adición de polímeros mediante el ensayo Marshall. La incorporación de polietileno en la mezcla asfáltica modificada incrementó la Estabilidad respecto a la mezcla asfáltica convencional obteniendo una estabilidad de 2086.53 kg.

El estudio científico mencionado sirvió para comparar los resultados de los ensayos de Marshall a dos tipos de mezclas: Convencional y modificada con 1% de polímero; además, señaló que el material reciclado es una alternativa viable para la mejorar considerablemente la estabilidad de la mezcla asfáltica.

Uribe (2020), Analizó de qué manera influye la Aplicación Del Polietileno (PET) en los porcentajes de vacíos en el pavimento flexible para determinar el comportamiento Físico-Mecánico en La Av. Los Geranios, Huaral 2020. La investigación incluyó el análisis de tres tesis que manejan las mismas variables. Se determinó que el porcentaje óptimo de polietileno es de 2.5% de polietileno, aumentando significativamente la estabilidad a 774 kg y disminuyendo el porcentaje de vacíos de 15.4% hasta 12.8%.

La investigación de Uribe nos brindó que con un porcentaje de polietileno en el análisis de tres tesis que contenían las mismas variables, esta nos permitió conocer la mejoría en cuanto a la durabilidad de un pavimento flexible con la aplicación de Polietileno (PET) ya que este provocó una reducción en el porcentaje de vacíos, no obstante, no cumple la normativa de INVIAS 2013.

Bastidas y Ramírez (2019), analizaron el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica adicionada con PET en parcial del agregado fino a través del diseño Marshall. El estudio incluyó la elaboración de 45 briquetas de mezclas asfálticas modificadas y 15 de mezclas asfálticas convencionales. La investigación presenta el análisis comparativo de los porcentajes de vacíos que presentan la mezcla asfáltica modificada con PET y la convencional. Se determinó que no existe una variación entre los especímenes, por lo que la adición de PET al 1% no influye en el porcentaje de vacíos.

Bastidas y Ramírez nos permitieron tener una idea general de la influencia del PET en cuanto al porcentaje de vacíos de una mezcla asfáltica, lo que nos sirvió de referencia ya que el porcentaje de vacíos conecta directamente con la propiedad de impermeabilidad y durabilidad.

1.3. Bases Teóricas

1.3.1. Mezcla asfáltica

Está constituida por agregados con un ligante asfáltico, haciendo que los agregados quedan cubiertos por una lámina de este, a lo cual se realiza un proceso de compactación. Las proporciones de los agregados determinan las propiedades físicas de la mezcla, así como su rendimiento. La mezcla asfáltica se compone de un 5% de ligante asfáltico y un 90 % de agregados finos y gruesos, Estos determinan las propiedades de la mezcla que son: durabilidad, estabilidad, impermeabilidad, trabajabilidad, flexibilidad, resistencia a la fatiga y resistencia al deslizamiento, todos estos componentes son de vital importancia para un buen funcionamiento del pavimento (Dávalos, 2015).

1.3.1.1. Características de la mezcla asfáltica

1.3.1.1.1 Densidad de la mezcla

De la mezcla compactada su densidad está definida como su peso unitario (kg/m^3) este valor se obtiene de multiplicar la densidad del agua por gravedad específica total de la mezcla (Terán, 2015).

1.3.1.1.2 Vacíos de aire

Las mezclas asfálticas en caliente deben poseer un cierto porcentaje de vacíos, donde pueda fluir el asfalto para una compactación adicional bajo el tráfico. Por ello la durabilidad de un pavimento depende del porcentaje de vacíos, si tiene menor al 3% estas mezclas serán muy rígidas a lo cual 27 al poco tiempo se producirá fisuramiento y si tiene mayor al 10% esta será muy permeable (Terán, 2015).

1.3.1.1.3 Contenido de asfalto

Es la proporción óptima de cemento asfáltico que se debe utilizar para la fabricación de mezcla asfáltica, dependiendo de las peculiaridades del agregado, como son: capacidad de absorción y granulometría. Esta cantidad es importante y se debe determinar en laboratorio, el contenido de asfalto va a depender del tipo de mezcla que deseemos elaborar (Terán, 2015).

1.3.1.2. Propiedades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica

Según Terán (2015), las mezclas asfálticas tienen las siguientes propiedades:

1.3.1.2.1 Estabilidad

Es la capacidad para resistir desplazamiento y deformación bajo las cargas del tránsito. Las especificaciones de estabilidad deben ser lo suficiente altas para soportar adecuadamente el tránsito esperado.

1.3.1.2.2 Durabilidad

La durabilidad de un pavimento asfáltico son las propiedades que tiene para evitar la oxidación del asfalto y la separación del agregado, esas propiedades son debidas a la acción del clima que produce la oxidación del cemento asfáltico y la carga del tránsito que genera las separaciones de las películas del cemento asfáltico con los agregados.

1.3.1.2.3 Impermeabilidad

La impermeabilidad de un pavimento asfáltico es la resistencia al paso del aire y agua hacia su interior. Esta característica está relacionada con el contenido de vacíos de la mezcla compactada estos porcentajes de vacíos tiene que estar en un rango de 3 – 8 por ciento para que cumplan con esta característica.

1.3.1.2.4 Trabajabilidad

Esta característica de las mezclas asfálticas esta descrita con su manejo en obra para la colocación y compactación de la misma.

1.3.1.2.5 Flexibilidad

Es la capacidad de un pavimento asfáltico para acomodarse sin que este produzcas fisuras ni asentamientos en el pavimento. La flexibilidad es una característica deseable en todo pavimento asfáltico debido a que todas las sub-rasantes se asientan bajo cargas o se expanden por expansión del suelo.

1.3.1.2.6 Resistencia a la Fatiga

La resistencia a la fatiga de un pavimento es la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas del tránsito. Además, si las mezclas contienen porcentajes de vacíos bajos esta resistencia a la fatiga disminuye, al igual que cuando tenemos asfaltos envejecidos u oxidados.

1.3.1.2.7 Resistencia al deslizamiento

Es la resistencia que tienen las ruedas de los vehículos para evitar deslizamiento sobre el pavimento, particularmente cuando la superficie está mojada. Para obtener buena resistencia al deslizamiento, el neumático debe ser capaz de mantener contacto con las partículas de agregado de pavimento en vez de rodar sobre una película de agua. Por lo tanto, el agregado que se debe utilizar en el pavimento tiene que ser rugoso y fracturado, con lo cual tendrá mayor resistencia al deslizamiento.

1.3.1.3. Mezcla asfáltica modificada

1.3.1.3.1 Definición

Las mezclas asfálticas modificadas son aquellas que sufrieron cambios en sus propiedades y características, con el fin de mejorarlas para su uso en los diferentes proyectos de construcción vial.

Según Maila (2013), la modificación de asfalto es una nueva técnica utilizada para el aprovechamiento efectivo de asfaltos en la pavimentación de vías. Esta técnica consiste en la adición de polímeros a los asfaltos convencionales con el fin de mejorar sus características mecánicas, es decir, su resistencia a las deformaciones por factores climatológicos y del tránsito. Los agentes modificadores utilizados en los asfaltos, mejoran el comportamiento reológico de los mismos. Se puede decir que un asfalto modificado es un ligante hidrocarbonado resultante de la interacción física y/o química de los polímeros con un ligante asfáltico. Un asfalto puede modificarse con rellenos minerales, cauchos, plásticos o hidrocarburos. Los asfaltos se caracterizan por variar su comportamiento según la temperatura a la que se encuentren; es por ello que a distintas temperaturas el asfalto posee distintas consistencias, propiedad que se denomina susceptibilidad

térmica, la cual debería ser lo más baja posible, de modo que a bajas temperaturas y tiempos cortos de aplicación de cargas, sean lo suficientemente flexibles para evitar el fisuramiento y a tiempos prolongados de aplicación de cargas, sean resistentes a las deformaciones.

1.3.2. Residuos plásticos reciclados

1.3.2.1. Definición

Según Silvestre (2017), los plásticos son materiales compuestos por resinas, proteínas y otras sustancias, y son fáciles de moldear y modificarlas ya sea de tamaño contextura o forma colocándole a una determina compresión y temperatura.

Para la revista Reinforced Plastics and Composites magazin (2011), por lo general, los plásticos son polímeros que se moldean a partir de la presión y el calor. Una vez que alcanzan el estado que caracteriza a los materiales que solemos denominar como plásticos, resultan bastante resistentes a la degradación y a la vez son livianos.

1.3.2.2. Reciclado

Es el proceso de recuperación y acopio de desechos de plásticos con la finalidad de su reutilización como materia prima para poder elaborar diferentes nuevos productos (Silvestre, 2017).

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es el análisis del uso de residuos plásticos reciclados en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica en el mundo, 2022?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Analizar el uso de residuos plásticos reciclados en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica en el mundo, 2022.

1.5.2. Objetivos específicos

O.E.1 Recopilar los porcentajes de plástico, estabilidad y porcentaje de vacíos de las investigaciones sobre el uso de residuos plásticos en una mezcla asfáltica en el mundo, 2022.

O.E.2 Realizar gráficos estadísticos consecuencia de la comparación de la estabilidad y porcentaje de plástico de una mezcla asfáltica con uso de residuos plásticos en el mundo, 2022.

O.E.3 Realizar gráficos estadísticos consecuencia de la comparación del porcentaje de vacíos y porcentaje de plástico de una mezcla asfáltica con uso de residuos plásticos en el mundo, 2022.

O.E.4 Determinar el porcentaje óptimo de residuos plásticos en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica en el mundo, 2022.

1.6. Hipótesis

El análisis del uso de residuos plásticos reciclados en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica nos permitirá contrastar un porcentaje óptimo de residuos plásticos adicionados del 0.1% al 1.5%, 2022.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Enfoque de investigación

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo ya que se aspira recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes. “Los estudios de corte cuantitativo pretende buscar la exactitud de mediciones o indicadores con la finalidad de generalizar sus resultados a poblaciones o situaciones amplias” (Galeano, 2004).

2.2. Tipo de investigación

2.2.1. Por el propósito:

El presente estudio de investigación es del tipo aplicada, ya que se busca convertir el conocimiento adquirido en base a investigaciones, en conocimiento práctico y útil para la civilización humana, “De esta manera genera riqueza por la diversificación y progreso al sector productivo” (Lozada, 2014).

2.2.2. Según el diseño de investigación:

El presente estudio de investigación pertenece al tipo de investigación no experimental descriptiva. “La investigación no experimental es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables” (Kerlinger, 1979). El diseño descriptivo es un diseño que se basa en la teoría que se crea mediante la recopilación y el análisis de datos.

2.2.3. Según el nivel:

El presente estudio pertenece al nivel de investigación descriptiva. “La investigación descriptiva o también conocida como estadística describe datos y características de la población o fenómeno de estudio” (Marroquín, 2012), este nivel de estudio responde a las preguntas: quién, qué, cómo, dónde y cuándo.

2.3. Diseño de investigación

El diseño del presente trabajo de investigación es no experimental por lo que resulta imposible manipular las variables y se basa en la observación, transversal por su recolección de datos en un momento dado y descriptivo, ya que, la recolección de datos tiene el propósito de describir las variables, contemplando los fenómenos en su estado natural para luego analizarlos en un mismo tiempo.



Figura 1. *Diseño de Investigación*

Tabla 1

Esquema de diseño no experimental tipo transversal

Estudio	T1
M: 50 artículos de investigación que contengan el uso de residuos plásticos reciclados en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad.	O: Mezcla asfáltica.

Donde:

- M: Muestra
- O: Observación y descripción de la variable tal como se muestra en su entorno natural

2.4. Variables

2.4.1. Variables

- Uso de residuos plásticos reciclados (V1)

El plástico o también llamado polímero es un derivado del petróleo, que a su vez es un recurso no renovable, uno de los productos de polímero con más consumo en el mercado son las botellas plásticas para su utilización en la comercialización

de líquidos especialmente, también conocido como tereftalato de polietileno (PET), fue inscrito con la denominación de un polímero para fibra por los autores: J. R. Whinfield y J. T. Dickson en 1941. La fabricación de manera lucrativa de fibra de poliéster a nivel industrial comenzó en 1955; a partir de ese año, el tereftalato de polietileno ha demostrado un potencial avance tecnológico hasta obtener altos niveles de calidad fundada en el incremento de la demanda del producto plástico a nivel mundo y a la gran variedad de productos derivados al que se le puede dar uso (Quishpe, 2018).

- Estabilidad (V2)

Es la capacidad de un pavimento flexible para resistir las cargas de tránsito sin que se produzcan deformaciones (Rodríguez, 2008). Las especificaciones de estabilidad deben ser lo suficiente altas para soportar adecuadamente el tránsito esperado.

- Durabilidad (V3)

La durabilidad de un pavimento asfáltico son las propiedades que tiene para evitar la oxidación del asfalto y la separación del agregado, esas propiedades son debidas a la acción del clima que produce la oxidación del cemento asfáltico y la carga del tránsito que genera las separaciones de las películas del cemento asfáltico con los agregados. La durabilidad de un pavimento asfáltico es función del contenido de vacíos (Rodríguez, 2008).

- Impermeabilidad (V4)

La impermeabilidad de un pavimento asfáltico es la resistencia al paso del aire y agua hacia su interior. Esta característica está relacionada con el contenido de vacíos de la mezcla compactada estos porcentajes de vacíos tiene que estar en un

rango de 3 – 8 por ciento para que cumplan con esta característica. Resistencia del pavimento a ser penetrado por el aire y el agua (Rodríguez, 2008).

2.4.2. Clasificación de variables (matriz de clasificación de variables)

Tabla 2

Matriz de Clasificación de Variables

VARIABLES	CLASIFICACIÓN			
	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Uso de residuos plásticos reciclados	Cuantitativa Continua	Razón	Multidimensional	Indirecta
Estabilidad	Cuantitativa Continua	Razón	Multidimensional	Indirecta
Durabilidad	Cuantitativa Continua	Razón	Multidimensional	Indirecta
Impermeabilidad	Cuantitativa Continua	Razón	Multidimensional	Indirecta

2.4.3. Operacionalización de variables /Matriz de operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES
Uso de residuos plásticos reciclados	Residuos urbanos plástico, utilizado para fabricar envases, bolsas, etc. (Pérez y Merino, 2013)	Recopilación en tesis o artículos, de resultados de ensayos que analicen la Estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de la mezcla asfáltica con uso de residuos plásticos reciclados.	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentajes de plástico, estabilidad y porcentaje de vacíos
Estabilidad	Es la capacidad de un pavimento flexible para resistir las cargas de tránsito sin que se produzcan deformaciones (Rodríguez, 2008).	Recopilación en tesis o artículos, de resultados de ensayos que analicen la Estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de la mezcla asfáltica con uso de residuos plásticos reciclados.	<ul style="list-style-type: none"> • Gráficos estadísticos consecuencia de la comparación de la estabilidad y porcentaje de plástico
Durabilidad	Capacidad de un pavimento de resistir la desintegración debido al tránsito, al clima y pérdida de cohesión al paso del tiempo (Zúñiga, 2015)	Recopilación en tesis o artículos, de resultados de ensayos que analicen la Estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de la mezcla asfáltica con uso de residuos plásticos reciclados.	<ul style="list-style-type: none"> • Gráficos estadísticos consecuencia de la comparación del porcentaje de vacíos y porcentaje de plástico
Impermeabilidad	Resistencia del pavimento a ser penetrado por el agua y aire (Zúñiga, 2015)	Recopilación en tesis o artículos, de resultados de ensayos que analicen la Estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de la mezcla asfáltica con uso de residuos plásticos reciclados.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el porcentaje óptimo de residuos plásticos en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad

2.5. Población y muestra

2.5.1. Población

Todos los estudios experimentales que hayan evaluado la estabilidad, durabilidad o impermeabilidad en mezclas asfálticas modificadas con plástico, en el mundo 2022.

2.5.2. Muestra

El presente estudio utilizará la técnica de muestreo no probabilístico por juicio de experto. Es un muestreo no probabilístico ya que las muestras son seleccionadas basadas en un juicio subjetivo en lugar de hacer la selección al azar. Es por juicio de experto ya que se puede acceder fácilmente a los artículos seleccionados bajo ciertos criterios, como los siguientes:

- Antigüedad menor a 10 años.
- Artículos de investigaciones experimentales y descriptivos.
- Artículos que contengan dos o más variables de nuestro estudio.

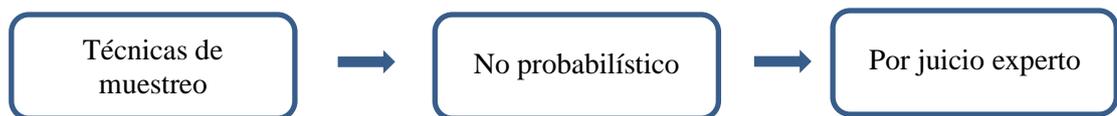


Figura 2. *Muestra*

Tabla 4

Tabla de muestra.

Artículos	Título
01	Diseño de mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios plásticos.

02 Desarrollo de una mezcla asfáltica utilizando residuos plásticos.

03 Comparación de propiedades y características mecánicas entre una mezcla asfáltica en caliente normal y una mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros (tapas plásticas de botellas) por vía seca.

04 Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío.

05 Análisis de la estabilidad Marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de rueda cargada de Hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de tereftalato de polietileno reciclado en la ciudad del cusco-2018

06 Efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

07 Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden

08 Influencia de la incorporación del tereftalato de polietileno en el comportamiento de los parámetros del diseño Marshall del concreto asfáltico-Juliaca,2018

09 Diseño de carpeta asfáltica aplicando gránulos de plástico reciclado para mejorar la transpirabilidad del Jr. San Martín, distrito de Tabalosos-2018

10 Incorporación de tereftalato de polietileno como agente modificador en el asfalto

11 Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de plástico paletizado LDPE-2019

12

Diseño de un pavimento adicionado tereftalato de polietileno
como material constituido junto con ligante asfáltico AC-20

13 Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas
tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad
de Lima-2017

14 Pavimentos Ecológicos: Mejoramiento de las propiedades
mecánicas de una mezcla densa en caliente (MDC-2)
modificada con desechos plásticos

15 Estudio técnico de factibilidad para el reparcho de vías de
tráfico liviano usando plástico reciclado PET y asfalto en la
comuna N°7, Barrio La Serranía de la Ciudad de Villavicencio,
Meta

16 Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla densa
en caliente modificada con un desecho de polietileno de baja
densidad (PEBD)

17 Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con
polímeros SBR y SBS, con agregados provenientes de la
cantera de Guayllabamba

18 Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19

19 Análisis de la incorporación del PET y PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico

20 Comportamiento de dos mezclas asfálticas venezolanas en caliente, modificadas con desecho de policloruro de vinilo

21 Diseño del pavimento flexible de una carpeta asfáltica mejorada agregando residuos plásticos reciclados en la avenida Cuzco, Ventanilla, Callao

22 Análisis del uso de bolsas plásticas recicladas tipo PE de baja densidad, empleadas para la protección del banano como aditivo para la durabilidad de mezclas asfálticas densas

23 Mezclas asfálticas en caliente adicionando tereftalato de polietileno como agregado por el método de Marshall.

24 Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando Pet en la
calle las Amapolas de la Asoc. Nueva Primavera, Santa Clara-
2019

25 Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con
polímeros provenientes de botellas PET recicladas

26 Análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros y
tradicional para optimizar propiedades mecánicas en
pavimento flexible-lima 2018

27 Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas
con polímeros reciclados HDPE y SBR, para pavimentos
en la ciudad de Huancavelica

28 Análisis del efecto de los polímeros en los asfaltos
provenientes de la refinería de Talara a fin de mejorar su
comportamiento para su aplicación en los pavimentos de la
ciudad de Piura, departamento de Piura

29 Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adición de PET

30 Diseño de mezclas asfálticas adicionando elastómeros y PET reciclado para cargas de tránsito pesado en vías metropolitanas, Lima 2018.

31 Análisis técnico - económico de mezclas asfálticas con tereftalato de polietileno reciclado para la construcción de carreteras asfaltadas.

32 Influencia de los residuos plásticos al añadirlos a una mezcla asfáltica modificada en caliente, Trujillo.

33 Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, mediante la incorporación de material triturado de productos reciclados de tereftalato de polietileno (PET), utilizando los agregados de la mina del río Pita en la ciudad de Quito, mediante la determinación del módulo de rigidez.

34 Incorporación de plástico reciclado mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica en caliente utilizando agregados pétreos del cantón Guamote.

35 Aporte estructural de mezcla asfáltica en caliente con inclusión de plástico PET por vía seca a estructuras de pavimento flexible para vías de bajo tráfico según especificaciones INVIAS.

36 Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019.

37 Diseño de pavimento flexible adecuado para carpeta asfáltica mejorada adicionando residuos plásticos reciclados, en Lomas de Carabayllo – Lima – 2020.

38 Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adiciones de PET

39 Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole Polietileno de Tereftalato (PET) en porcentajes de 0.75%, 1% y 1.25%, Nuevo Chimbote, Ancash-2020

40 Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019

41 Estudio de una mezcla asfáltica MDC – 19 modificada con adición de polipropileno de baja densidad (PBD) por vía seca.

42 Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo

43 Incorporación de plástico reciclado vía seca en mezcla asfáltica caliente utilizando agregados pétreos del cantón Guamote.

44 Influencia de los desperdicios plásticos en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas modificadas

45 Viabilidad técnica de obtención de un diseño de mezcla asfáltica adicionada con 1.6% de fibra de PET, con porcentajes de asfalto entre el 4.5% y el 6%, que cumpla con la normatividad del invias.

46 Incorporación del Plástico Reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la Mezcla Asfáltica en la Avenida Herbay Alto, Cañete 2020

47 Influencia de la incorporación de poliestireno en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, Lima-2019

48 Obtención de mezclas asfálticas mediante la adición de material reciclado: poliestireno expandido.

49 Análisis comparativo del comportamiento mecánico de mezclas de concreto asfáltico tipo 2 (MDC-19) con adición de polímeros.

50 Influencia de la mezcla asfáltica modificada con polímeros en zonas cálidas de Perú.

2.5.3. Materiales

Se utilizaron laptops para la elaboración de la investigación, internet para la búsqueda de tesis, artículos, libros, etc., y el software Excel para una mejor organización y análisis de información adquirida en tesis y artículos.

2.6. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.6.1. Técnicas de recolección de datos

2.6.1.1. Técnica de revisión Documental

La presente tesis utilizó la técnica de revisión documental que consiste en la recopilación de información de libros, artículos científicos, etc.; en los cuales se procura analizar datos en base a una perspectiva externa, con el fin de ampliar los conocimientos y justificar la investigación.

2.6.2. Instrumentos de recolección y análisis de datos

2.6.2.1. Recopilación de datos

Como instrumentos se utilizará una matriz de recopilación de datos para una mejor organización de información de los artículos obtenidos en la revisión documental.

Ver anexo 3.

2.6.2.2. Análisis de datos

Se utilizarán cuadros o plantillas en Excel, así como gráficos para poder procesar y analizar los datos obtenidos anteriormente.

2.6.2.3. Validación del instrumento de recolección de datos

La presente investigación utilizará cuadros en Excel (tabla 5, anexos) la cual será validada por el ingeniero Josualdo Carlos Villar Quiroz, con colegiatura 106994 y el ingeniero Cesar Pol Arévalo Aranda, con colegiatura 139835.

Ver formato (anexo 4 y 5)

2.6.3. Análisis de datos

En el presente trabajo de investigación se clasifica en “Estadística descriptiva” ya que recolecta datos de diferentes fuentes de información como tesis o artículos científicos, con el fin de analizar sus características y comportamientos mediante tablas comparativas y gráficos.

Para dicho análisis se hará uso de los tipos de gráficos denominados Histogramas, ya que nuestras variables son cuantitativas continuas según su naturaleza; además se utilizarán gráficos de dispersión para poder detallar cuanto afecta una variable a otra.

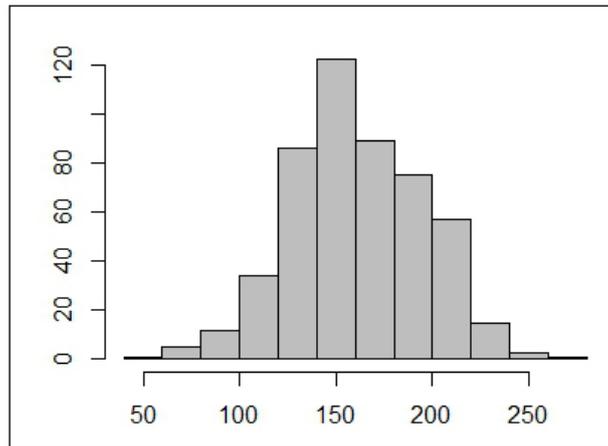


Figura 3. *Histograma*

Fuente: “Como un huevo a una castaña. Diferencias entre un diagrama de barras y un histograma.”

2.7. Procedimientos

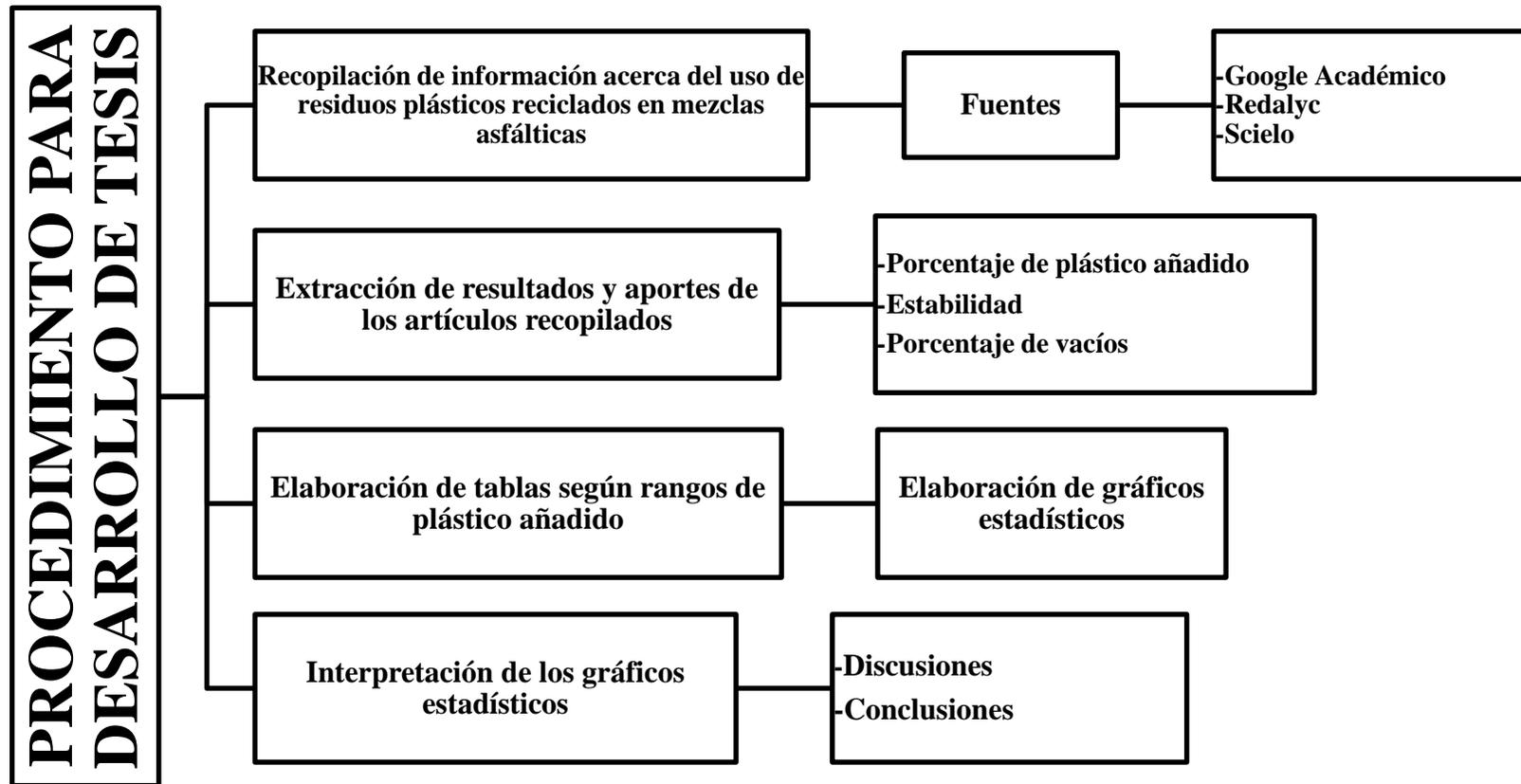


Figura 4. Procedimiento para desarrollo de tesis.

2.7.1. Recopilación de información acerca del uso de residuos plásticos reciclados en mezclas asfálticas

Como primera medida se procedió a la etapa de recopilación de información de artículos relevantes para el presente estudio de investigación, para la cual se utilizaron como fuentes o motores de búsqueda el Google académico, Redalyc y Scielo. En esta etapa se buscó artículos que tenían como objetivo analizar las propiedades de estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de mezclas asfálticas que contenían algún tipo de residuo plástico que pudiera modificar dichas características con el fin de evaluar la factibilidad de su aplicación en pavimentos flexibles.

2.7.2. Extracción de resultados y aportes de los artículos recopilados

Luego de recopilar los artículos de investigación relevantes, se procedió a extraer los resultados y aportes más importantes de los estudios, dichos resultados y aportes referidos al análisis de las propiedades de estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de las mezclas asfálticas, para el cual, se tomaron las tablas y figuras que evidenciaban los resultados de porcentaje de plástico, estabilidad y porcentaje de vacíos, ya que dichas propiedades fundamentan la influencia de los residuos plásticos en una mezcla asfáltica.

2.7.3. Elaboración de tablas según rangos de plástico añadido

Posterior a la etapa de extracción de resultados y aportes, se procedió a la elaboración de tablas separando los resultados en rangos de porcentajes de plástico para una comparativa más específica, los rangos fueron: 0.1%-1.6%; 2%-2.5%; 3%-3.8%; 4%-5.5% y $\geq 6\%$. Utilizando el software “Microsoft Excel” se elaboraron

las tablas y posteriormente los gráficos estadísticos que nos muestran la comparativa de las propiedades de las mezclas asfálticas, evidenciando así, los diferentes valores de estabilidad y porcentaje de vacíos para su posterior interpretación.

2.7.4. Interpretación de los gráficos estadísticos

Finalmente entramos a la etapa de interpretación de los resultados, en la cual, tomamos como evidencia el análisis comparativo realizado anteriormente con los gráficos estadísticos, y con ello, se elaboró la discusión y las conclusiones del presente estudio de investigación.

2.8. Aspectos Éticos

El presente trabajo de investigación tiene como principal aspecto ético a la honestidad, debido a que, al ser una investigación descriptiva, el trabajo rescata datos obtenidos de 50 trabajos de investigación; sin embargo, los resultados son propios y todo aporte o frase destacada de alguna otra investigación se encuentra citada y posee referencia.

2.9. Desarrollo de tesis

La presente tesis empezó su desarrollo con la recopilación de información acerca del uso de residuos plásticos reciclados en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica. Los artículos recopilados fueron 50 en total.

A partir de la obtención de dicha información, se procedió a extraer de forma específica los resultados, conclusiones y/o aportes que se consideraron relevantes para el presente trabajo de investigación:

Artículo N°1: *“Diseño de mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios plásticos.”*

Después de determinar el porcentaje óptimo de asfalto de 6.73% y utilizar el método Marshall, en el Anexo N.º 6 se puede observar que, en los 3 casos, refiriéndonos al número de golpes, el porcentaje óptimo de desperdicio de plástico añadido a la muestra Marshall es de 0.4%, donde su estabilidad máxima de las tres curvas es 2591,06 Lb.

Conclusión del artículo de investigación:

“El porcentaje óptimo que mejora de manera substancial las propiedades mecánicas del asfalto esta alrededor de 0,4% del porcentaje de desperdicios plásticos con respecto al peso de la muestra, sin embargo, para porcentajes bajos entre el 0,1 y 0,2% de desperdicio plástico, el efecto para las muestras compactadas con 25 y 50 golpes es perjudicial, ya que en vez de aumentar la estabilidad lo que hace es disminuirla en un porcentaje bastante alto del orden del 55%, con respecto a si no se introdujera trozos de desperdicio plástico, circunstancia que también se observa para valores mayores al óptimo del orden de 0,45%.”

Artículo N°2: *“Desarrollo de una mezcla asfáltica utilizando residuos plásticos.”*

Como se observan en las tablas del anexo N.º. 7 y 8, la incorporación de polímero en la mezcla asfáltica mejora la estabilidad en todos los casos.

Del ensayo Marshall tanto para la adición de Carcasas como la de Diskettes, el tratamiento 5 es el que proporciona resultados satisfactorios (buena estabilidad) lo que demuestra que el porcentaje de polímero debe ser menor o igual al 6%.

Se determinó el óptimo de asfalto siendo el 4.9% el elegido para mezclas, siendo el mismo de la mezcla patrón. El análisis de Marshall y las condiciones económicas influyeron en el porcentaje de polímero escogido el cual diseño de la muestra fue del 5% de plástico fino y el 4.9% de asfalto.

Según la norma colombiana la estabilidad debe ser mayor a 900 Kg. Los ensayos confirman que mejora la estabilidad de la mezcla con la adición del polímero; así mismo, la norma considera las mezclas con un porcentaje máximo de vacíos de un 10% y las mezclas modificadas con polímeros cumplen este requerimiento como se puede observar en la tabla del anexo N.º 9.

Conclusión del artículo de investigación:

“Según el ensayo Marshall la adición de Carcasas y de Diskettes en un porcentaje menor o igual al 6% proporciona buena estabilidad. Finalmente se optó analizar la mezcla adicionándole 5% de polímeros y un 4.9% de asfalto bajo el análisis de flujo.

En cuanto a la fatiga, la norma colombiana nos dice que la estabilidad debe ser mayor a 900 kg, al realizar el ensayo se obtuvo que después de la mezcla patrón la mezcla con carcasas resistió más ciclos que la mezcla de diskettes antes de agrietarse, y en cuanto a la deformación, al someterse las mezclas a 100,200 y 400 kPa, se obtuvo que a mayor carga la mezcla que demostró una mayor deformación fue la mezcla con adición de carcasas.”

Artículo N.º3: *“Comparación de propiedades y características mecánicas entre una mezcla asfáltica en caliente normal y una mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros (tapas plásticas de botellas) por vía seca.”*

Como podemos observar en la figura del anexo N.º 10, la estabilidad en la mezcla tiende a aumentar a medida que incrementa la cantidad de plástico.

Se puede observar en la figura del anexo N.º 11, como los vacíos tienden a disminuir en primera instancia, sin embargo, vuelven a presentarse cuando se coloca una gran cantidad de polipropileno.

Conclusión del artículo de investigación:

“El valor de la estabilidad en la mezcla modificada con plástico al 5 %, aumenta aproximadamente 500 psi con respecto a la mezcla normal, lo que conlleva a tener una mezcla más rígida, capaz de soportar una mayor fuerza de impacto. Vale aclarar, que el poseer valores excesivos de estabilidad no es bueno, ya que producen que la mezcla se torne demasiado rígida, comprometiendo la durabilidad del pavimento.”

“El porcentaje de vacíos (VA) en la mezcla modificada con plástico al 5 %, es de 4.5%, mientras que el porcentaje de vacíos (VA) de la mezcla normal es de 7.5%. Con lo expuesto, se puede verificar una reducción de VA de 3%, valor que permite reducir las deformaciones del pavimento, cuando el mismo se encuentre sometido a fuerzas provenientes de la carga vehicular. Es importante mantener el VA en un rango del 3% al 5%, ya que esto permite que al elevarse la temperatura del ambiente el asfalto pueda llenar los vacíos y no se provoque una exudación hacia el exterior.”

Artículo N°4: *“Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío.”*

Se realizaron ensayos con 3 tipos de tamaños nominales de polietileno, utilizados para el ensayo de estabilidad como se pueden apreciar en los anexos N.º 12, 13 y 14.

Se fabrican briquetas con adición 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%, 0.6% y 0.7% para tránsito liviano, medio y pesado.

Para tránsito pesado, la mezcla con una adición de plástico del 5% presenta mejores condiciones en cuanto a volumen y eficiencia ya que disminuye los días de secado.

Conclusión del artículo de investigación:

Se concluye que la mezcla de asfalto en frío con adición de fibra de polietileno reduce sus propiedades y se vuelve más inestable y no se recomienda el uso de este, para ningún tipo de tránsito.

La muestra más relevante fue la mezcla para el tránsito pesado fue a la que se le adiciono un 5% adicional de polietileno, y el resultado fue que aumentó su volumen en un 12.8% y disminuyó un día el secado de la emulsión asfáltica.

Artículo N°5: *“Análisis de la estabilidad marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de rueda cargada de hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de tereftalato de polietileno reciclado en la ciudad del cusco-2018.”.*

En cuanto a la estabilidad, podemos ver la tabla del anexo N.º 15 y darnos cuenta de que el porcentaje de 0.2 % PET muestra la estabilidad más alta mientras que el 4% PET muestra la más baja.

Conclusión del artículo de investigación:

El porcentaje óptimo de asfalto es de 6.15% y el contenido óptimo de fibras PET es 1.2%, obteniendo una estabilidad de 856.3 kg, este disminuye en un 9.6% en comparación a la mezcla convencional. En la tabla del anexo N.º 16 podemos observar que el porcentaje de vacíos en la mezcla modificada cumple los valores mínimos establecidos en la norma.

Artículo N°6: *“Efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018”*

Se realizaron 3 especímenes de 63.5 mm de altura y 101.6 de diámetro por cada porcentaje de fibra de polipropileno (0.5, 1.5 y 2.5) y 3 especímenes de una mezcla convencional por cada porcentaje de C.A. (4.5, 5.0, 5.5 y 6.0).

En la figura del anexo N.º 17 se puede apreciar como la mezcla modificada con fibra de polipropileno incrementa la estabilidad soportando una carga adicional de 55 kg, lo que representa un 2.21% con respecto a la mezcla convencional. Por lo tanto, indica que las fibras de polipropileno mejoran la resistencia.

Conclusión del artículo de investigación:

Se puede concluir que la mezcla asfáltica con 1.4% de fibra de polipropileno y 5.3% de óptimo de asfalto, mejora la resistencia en 2.21% en comparación con la mezcla convencional obteniendo una estabilidad de 1270 kg y se obtuvo un 4% de vacíos en la mezcla modificada la cual tiene el mismo resultado de % de vacíos en cuanto a la convencional como se puede observar en la tabla del anexo N.º 18, por último se concluyó que la mezcla modificada con 1.5% de fibra de polipropileno reduce en un 0.96% la pérdida del material lo cual aumenta la durabilidad de la carpeta asfáltica.

Artículo N°7: *“Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden.”*

Para el presente proyecto se realizó una mezcla añadiendo distintos porcentajes de plástico (10%, 15% y 20%) respecto al peso del cemento asfáltico. De acuerdo a las

especificaciones generales para la construcción de caminos la estabilidad debe ser mínimo de 1800 libras.

Conclusión del artículo de investigación:

La estabilidad de las mezclas modificadas, están por encima casi duplicando la estabilidad de la muestra patrón obteniendo como estabilidad 4691.33 Lb, sin embargo, todas cumplen con la estabilidad Marshall para un asfalto de tráfico pesado. De acuerdo a las Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes, los porcentajes de vacíos deben oscilar entre 3% y 5%, el ensayo obtuvo como resultado un porcentaje de 4.84 de vacíos para una mezcla modificada con 3% de plástico, lo cual está dentro del rango como se puede observar en la tabla del anexo N.º 19.

Artículo N°8: *“Influencia de la incorporación del tereftalato de polietileno en el comportamiento de los parámetros del diseño Marshall del concreto asfáltico-Juliaca,2018”*

Este estudio tiene como finalidad analizar la influencia de la incorporación del tereftalato de polietileno en el comportamiento de los parámetros de diseño Marshall del concreto asfáltico. Para ello se fabricaron 5 tipos de muestras con diferentes porcentajes de PET (2.5%, 5.0%, 7.5%, 10.0%, 12.5% y 15.0%).

Conclusión del artículo de investigación:

Los resultados obtenidos para el diseño Marshall de concreto asfáltico modificado establece que el porcentaje óptimo de incorporación de tereftalato de polietileno es del 6.70%, debido a que permite alcanzar un ligero mejoramiento en el comportamiento de los parámetros de diseño, respecto a la Estabilidad no logra una mejora significativa ya que se obtuvo una Estabilidad de 12.20 KN en la mezcla modificada y una estabilidad

de 12 KN en la mezcla modificada, en cambio en cuanto al porcentaje de vacíos, si hubo un incremento de 3.96 en el porcentaje de la mezcla convencional a un 4.8% en la mezcla modificada como se puede identificar en la tabla del anexo N.º 20. El aumento de vacíos significa una disminución de la durabilidad de la mezcla, sin embargo, el valor todavía cumple con lo exigido por la norma.

Artículo N°9: *“Diseño de carpeta asfáltica aplicando gránulos de plástico reciclado para mejorar la transitabilidad del Jr. San Martín, distrito de Tabalosos-2018.”*

Podemos observar en el anexo 21 que la mezcla asfáltica modificada con gránulos de plástico presenta mayor estabilidad con un valor de 1201 kg.

Por otro lado, en cuanto al porcentaje de vacíos se puede observar una gran disminución en el anexo N.º. 22.

Conclusión del artículo de investigación:

Se verifica que la mezcla modificada a comparación de la convencional presenta mejor estabilidad, resistiendo a una carga adicional de 105 kg, es decir un 8.74% más, es de esta manera que nos indica que este tipo de mezcla de aplica gránulos de plástico es más resistente a las deformaciones y agrega mayor vida útil al pavimento.

Artículo N°10: *“Incorporación de tereftalato de polietileno como agente modificador en el asfalto”*

La finalidad de este artículo de investigación es encontrar el porcentaje óptimo de polietileno al ser incorporado como agente modificador en una mezcla asfáltica. Se realizó un diseño mediante el método Marshall utilizando tres porcentajes de PET (5%, 8% y 11%) de la masa total de asfalto.

En el anexo 23 se pueden observar los diferentes valores de estabilidad junto a la relación de %PET en la mezcla asfáltica modificada, encontrando que el 5% de PET muestra el mayor valor en esta propiedad.

Conclusión del artículo de investigación:

Se concluye que el PET al reemplazar un porcentaje de la arena altera el comportamiento de la mezcla modificada de una manera considerable, mejorando la estabilidad en un 79% con 5% de PET, sin embargo, al aplicar a la mezcla un 8% de PET, se obtuvo un aumento de en la deformación de la mezcla modificada en un 140% respecto a la mezcla patrón. En cuanto al porcentaje de vacíos al agregarle 5% de plástico a la mezcla asfáltica no varían los resultados en comparación a la mezcla asfáltica convencional por lo que la durabilidad se mantiene como se observa en el anexo 24.

Artículo N°11: *“Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de plástico peletizado LDPE-2019.”*

Este estudio tiene como finalidad analizar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente tradicional y en una mezcla asfáltica modificada con adición de plástico paletizado, se elaboraron 4 muestras patrón con 4 porcentajes distintos de cemento asfáltico 5, 5.5, 6, 6.5 (ver anexo 25), además se elaboraron 4 muestras por cada porcentaje de cemento asfáltico con tres porcentajes distintos de plástico y fueron sometidas al ensayo Marshall mostradas en las tablas 30, 31, 32 y 33.

Conclusión del artículo de investigación:

Los resultados de los ensayos Marshall no coinciden con la hipótesis general planteada, es decir, la investigación realizada demuestra que la estabilidad de la mezcla asfáltica se incrementó en un 15 % al incorporar el 6% de plástico peletizado con respecto a la mezcla asfáltica patrón, sin plástico y no con 3% como decía lo planteaba la hipótesis. El incremento de la estabilidad permite tener mejor desempeño ante las cargas de tránsito y altas temperaturas, es decir, se incrementa el tiempo de vida del pavimento. El valor obtenido en la estabilidad es de 1200 kg y un % de vacíos de 4 como se puede observar en el anexo N.º 26.

Artículo N°12: *“Diseño de un pavimento adicionado tereftalato de polietileno como material constituido junto con ligante asfáltico AC-20”*

Este artículo tiene como finalidad encontrar el porcentaje óptimo de plástico, así como el tamaño de las partículas que favorezcan a la mezcla asfáltica en caliente. Se seleccionó un porcentaje entre 3% y 20% de PET; un porcentaje superior al 20% resultaría poco económico en obra. El PET se empleará en tres diferentes tamaños para realizar el ensayo Marshall, en fibras como se observa en el anexo 27, triturado pasante tamiz 3/8 y retenido en el tamiz N°4 y triturado pasante tamiz N°10 y retenido en tamiz N°40 como se muestra.

Conclusión del artículo de investigación:

Se concluyó que la mejor manera de incorporar PET es triturado retenido en el tamiz #40 y pasante del tamiz #10 con un porcentaje óptimo de plástico de 13.6%, ya que presenta una estabilidad superior en un 33.3% como se observa en el anexo 28, se obtuvo un 4% de vacíos en la mezcla lo que adicionado al porcentaje de la estabilidad resulta ser un pavimento más resistente y a su vez con mayor capacidad de deformación.

Artículo N°13: *“Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017.”*

El presente estudio tiene como principal objetivo comparar mezclas asfálticas convencionales con mezclas asfálticas con adición de plástico reciclado, para ello se realizó el ensayo Marshall, tomando parámetros de diseño como se puede observar en el anexo 29.

Conclusión del artículo de investigación:

Habiéndose realizado tres ensayos Marshall de la mezcla asfáltica modificada con plástico, con 45 briquetas como muestra con diferentes porcentajes de plástico (PET) con un 0.5%, 1% y 1.5% del agregado fino, se llegó a verificar que el contenido óptimo con el cual mejora las características físicas y estructurales la mezcla asfáltica es 1%. y un ensayo Marshall de la mezcla tradicional con 15 muestras de briquetas.

Se comprueba que la deformación por carga, obtenidas mediante el ensayo de diseño Marshall en la mezcla con incorporación de plástico mejora la resistencia a la deformación permanente en un 3.11% lo que implica mayor soporte de cargas frente al tradicional como muestra el anexo 30, además, en cuanto al porcentaje de vacíos se observa una reducción del 2.5% en comparación al tradicional, lo que mejora significativamente la estabilidad.

Artículo N°14: *“Pavimentos Ecológicos: Mejoramiento de las propiedades mecánicas de una mezcla densa en caliente (MDC-2) modificada con desechos plásticos”*

El presente estudio busca analizar ventajas y desventajas de la incorporación de residuos sólidos que son desechados antes de que su vida útil acabe, en mezclas asfálticas densas en caliente, por medio de ensayos de laboratorio. Entre los residuos utilizados como modificadores se encuentra el Tereftalato de polietileno (PET) y el Polietileno de Alta Densidad (PEAD), de los cuales solo resaltamos los resultados de estabilidad graficados en los anexos 31 y 32.

Conclusión del artículo de investigación:

Se concluyó que el residuo que mejor se comporta con la mezcla asfáltica es el PEAD como se puede observar en las gráficas de los anexos 31 y 32 en una proporción del equivalente al 0.5% de plástico y un contenido de asfalto de 5.5% obteniendo una estabilidad de 1321.13 Kg como se detalla en el anexo N.º 33.

Artículo N°15: *“Estudio técnico de factibilidad para el reparcho de vías de tráfico liviano usando plástico reciclado PET y asfalto en la comuna N° 7, Barrio La Serranía de la Ciudad de Villavicencio, Meta.”*

El presente estudio busca analizar la factibilidad obtenida de incorporar plástico reciclado (PET) en una mezcla de asfáltica utilizada en el reparcho de vías destinadas a tráfico liviano. Para ello se fabricaron muestras de mezcla, tanto la mezcla convencional como mezclas con la incorporación de 3 distintos porcentajes de plástico (5%, 8% y 11%). De todos los datos obtenidos del ensayo se rescata de este artículo los datos de estabilidad obtenidos mediante el ensayo Marshall como se puede observar en las figuras del anexo N.º 34 y N.º 35.

Conclusión del artículo de investigación:

Conforme el estudio técnico relacionado anteriormente, se pudo identificar que el material PET si es apto para usarse en una mezcla asfáltica, en este caso con un porcentaje del 5% el PET aporta una estabilidad considerable al ser mezclado con asfalto, sin embargo, el mismo estudio determina que un mayor porcentaje de PET añadido a la mezcla asfáltica aporta mayor rigidez lo hace que se esta se comporte de manera frágil.

Artículo N°16: *“Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla densa en caliente modificada con un desecho de polietileno de baja densidad (PEBD)”*

El presente artículo presenta los resultados de ensayar una mezcla asfáltica densa en caliente modificada con un desecho de polietileno de baja densidad. Para evaluar el comportamiento se realizó el ensayo Marshall.

El desecho obtenido del reciclaje de palillos utilizados para mezclar bebidas calientes se cortó de manera que las partículas pasaran por el tamiz N° 4 y retenidas en el tamiz N°10.

Se mezcló el cemento asfáltico y el desecho PEBD en relación de 1.0, 3.0, 5.0 y 7.5.

Se emplearon distintos porcentajes de asfalto en las muestras (4.5, 5.0, 5.5 y 6.0%) con el fin de determinar el contenido óptimo de asfalto. Para el presente trabajo se destacó el resultado obtenido de Estabilidad (Anexo N. °36).

Conclusión del artículo de investigación:

Al modificarse la mezcla asfáltica en con PEBD (5.0/5.0%) se experimenta un aumento del 36% en la estabilidad respecto a la mezcla asfáltica convencional, por ello se determina que al modificar una mezcla asfáltica con PEBD la resistencia bajo carga

monotónica incrementa notablemente, de igual manera la resistencia a la deformación permanente aumenta.

Artículo N°17: *“Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBR y SBS, con agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba.”*

El artículo N°17 nos describe el análisis que se realizó a mezclas asfálticas modificadas con dos tipos de polímeros diferentes (SBR y SBS) las cuales se sometieron a Ensayo Marshall obteniendo el porcentaje óptimo de asfalto, estabilidad (Anexo 37°) y el porcentaje óptimo de plástico; además, se determinó que tipo de polímero se desarrolla mejor en la mezcla asfáltica.

Conclusión del artículo de investigación:

El porcentaje óptimo de polímero SBS para la mezcla en caliente es de 2.5% obteniendo una estabilidad de 1150 lb y en cuanto al porcentaje óptimo de polímero en la mezcla en frío es de 3.0% obteniendo una estabilidad de 2667 lb, por lo que el incremento de la estabilidad de la mezcla modificada con SBS fue de 88.10% y de la mezcla asfáltica modificada con SBR fue de 3.68% donde se puede constatar que la mezcla modificada con SBS mejora notoriamente sus características.

Artículo N°18: *“Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19”*

El proyecto de investigación se enfoca en evaluar el comportamiento de una mezcla asfáltica MDC-19 modificada por Vía seca y vía húmeda, por medio del ensayo Marshall a diferentes dosificaciones del desecho de polietileno de baja densidad (PEBD) obtenido de bolsas plásticas recicladas que será mezclado con cemento asfáltico (CA) en relación al peso (PEBD/CA) del 0.5% , 1.0%, 1.5% y 2.0% tanto a la mezcla modificada por vía seca como a la mezcla modificada por vía húmeda, de los resultados obtenidos, este estudio se enfoca solo en los resultados de estabilidad y porcentaje de vacíos como se aprecia en los anexos 38,39,40 y 41.

Conclusión del artículo de investigación:

El porcentaje óptimo de PEBD por vía húmeda se establece en 1% debido a que la estabilidad que presenta mejor comportamiento está cercana al 1% teniendo como estabilidad 1587.05 kg y 7.74 en porcentaje de vacíos. Por otro lado, el porcentaje óptimo de PEBD por vía seca se establece al 1.5% obteniendo una estabilidad de 2056.05 kg y un porcentaje de vacíos de 5.35.

Se concluyó que el mejor método para mezclar el modificador es por vía seca debido al análisis realizado evidenció sus variaciones positivas en cuanto a sus propiedades con gran diferencia en comparación al método por vía húmeda.

Artículo N°19: *“Análisis de la incorporación del PET y PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico.”*

El presente artículo desarrolla el análisis comparativo en cuanto a la flexibilidad y resistencia a la deformación de un pavimento ecológico denominado con ese nombre por lo que se modificó con adición de materia PET y PEAD. El análisis se realiza en base a resultados obtenidos del ensayo Marshall, tanto para la mezcla con incorporación PET y

PEAD, de los cuales solo seleccionamos los resultados de Estabilidad como se puede observar en los anexos 42 y 43.

Conclusión del artículo de investigación:

Según el presente estudio es recomendable el uso de desechos plásticos tipo PET en utilizando el 3% de este en la mezcla asfáltica debido a que al implementar PET disminuyen las propiedades de flexibilidad, pero manteniéndose dentro de rango, por otro lado, al sustituir PEAD en la mezcla asfáltica daña las propiedades físicas del asfalto volviéndolo rígido.

Artículo N°20: *“Comportamiento de dos mezclas asfálticas venezolanas en caliente, modificadas con desecho de policloruro de vinilo.”*

El artículo presenta ensayos de dos mezclas asfálticas densas denominadas tipo M19 y M12 las cuales son modificadas con un desecho de policloruro de vinilo (PVC). Para el análisis del comportamiento de las mezclas asfálticas tanto la convencional como la modificada se realizó el ensayo Marshall. El proceso de modificación de la mezcla asfáltica se realizó por vía húmeda.

Se puede observar en la tabla del anexo N.º 44, los datos de estabilidad obtenidos a partir del ensayo Marshall en mezcla asfáltica M19 con la variación de porcentaje de PVC incorporado. Asimismo, se puede observar en el anexo N.º 45, los datos de estabilidad obtenidos a partir del ensayo Marshall en mezcla asfáltica M12 con la variación de porcentaje de PVC incorporado.

Conclusión del artículo de investigación:

En general, las mezclas asfálticas modificadas con desecho de PVC tienden a poseer un comportamiento rígido. A bajas temperaturas de servicio estas mezclas pueden tener un comportamiento frágil, llevando a pensar que tendrían un mejor desempeño en climas

cálidos. Los mayores valores de estabilidad bajo carga monotónica se obtienen cuando se modifican con PVC las mezclas M19 siendo este de 1912.7 kg y el valor de estabilidad de la mezcla asfáltica modificada con M12 de 1395.62 kg. Las mezclas asfálticas modificadas con desecho de PVC, experimentan un incremento notable en la resistencia mecánica bajo carga monotónica en comparación con las mezclas convencionales.

Artículo N°21: *“Diseño del pavimento flexible de una carpeta asfáltica mejorada agregando residuos plásticos reciclados en la avenida Cuzco, Ventanilla, Callao.”*

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar un pavimento flexible con la adición de residuos plásticos reciclados en la Av. Cusco, en el distrito de Ventanilla-Callao. Se fabricaron muestras de mezcla asfáltica convencional añadiendo 1%, 3%, 5% y 7% de residuos plásticos.

Conclusión del artículo de investigación:

El trabajo de investigación determinó que se obtiene un diseño óptimo al incorporar 3% de residuos plásticos reciclados a la mezcla asfáltica convencional teniendo como resultado una estabilidad de 1098 kg, además, se define que con la adición de residuos plásticos reciclados aumenta la resistencia en un 6.11%

Artículo N°22: *“Análisis del uso de bolsas plásticas recicladas tipo PE de baja densidad, empleadas para la protección del banano como aditivo para la durabilidad de mezclas asfálticas densas”*

El siguiente estudio consiste en realizar una comparación de dos mezclas asfálticas con igual agregado pétreo y granulometría, la diferencia radica en que un diseño contiene cemento asfáltico y el otro diseño contiene cemento asfáltico con plástico reciclado de baja densidad en una proporción del 3%.

Conclusión del artículo de investigación:

Mediante el método Marshall de diseño de mezclas se obtuvo en la mezcla asfáltica modificada con plástico tipo PE de baja densidad una estabilidad de 1825 kg siendo mayor a la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional la cual tuvo un resultado de 1675 kg, por otro lado, se obtuvo un porcentaje de vacíos de 4% siendo un valor en ambas mezclas asfálticas como se puede apreciar en el anexo N.º 46 y N.º 47.

Artículo N°23: *“Mezclas asfálticas en caliente adicionando tereftalato de polietileno como agregado por el método de Marshall”*

El presente artículo de investigación pretende dar un mejor uso al tereftalato de polietileno (PET) debido a la contaminación ambiental, siendo este uno de los desechos reciclables no tratados, sin embargo, este proyecto tiene como objetivo principal comparar las propiedades mecánicas y características de una mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica modificada con PET como agregado.

Conclusión del artículo de investigación:

La mezcla asfáltica modificada con tereftalato de polietileno (PET) tiene deficiencias notables comparándose con una mezcla asfáltica convencional, como es el caso de la estabilidad, en el ensayo del diseño de mezcla asfáltica convencional se obtuvo un resultado de 2682.01 lb y en la mezcla asfáltica modificada con PET se obtuvo una

estabilidad de 1690.99 lb un resultado mucho menor al primero como se observa en el anexo N.º 48.

Artículo N°24: *“Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando Pet en la calle las Amapolas de la Asoc. Nueva Primavera, Santa Clara-2019”*

El presente artículo de investigación pretende abordar un diseño nuevo de mezclas asfálticas modificadas con PET a partir de un diseño de mezcla asfáltica convencional y así poder determinar si el uso del Tereftalato de polietileno (PET) influye en el diseño de la mezcla de forma positiva. Para ello la adición del PET será en valores de 3%, 6% y 9% del agregado grueso.

Conclusión del artículo de investigación:

Se determinó que el porcentaje óptimo de asfalto para la mezcla es de 5.3% y que al adicionar un porcentaje de plástico PET en porcentajes de 3%, 6% y 9%, ninguno mejora de manera favorable las características del diseño de la mezcla asfáltica. El porcentaje que mejor se comporta en cuanto a estabilidad es el de 3% ya que se obtuvo un resultado de 872.8 que aún se encuentra dentro de parámetro como se puede comprobar en el anexo 49.

Artículo N°25: *“Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros provenientes de botellas PET recicladas”*

En el presente trabajo se estudia el comportamiento de una mezcla asfáltica cuando se le adiciona polímero PET (polietileno de tereftalato) obtenidos en el proceso de reciclaje, para poder comparar sus propiedades con las de una mezcla asfáltica convencional

(patrón). Para poder realizar el estudio se modificó progresivamente una mezcla asfáltica convencional con los porcentajes de 1, 2, 3 y 4% de PET, fabricándose 27 muestras.

Conclusión del artículo de investigación:

Se determinó que el porcentaje PET que cumple los requisitos de la norma Invias (2013) fueron el 1% y 2%, por tanto, el máximo % de PET utilizable para modificar una mezcla asfáltica es 2%. La estabilidad de la mezcla asfáltica fue de 15.5 kN (anexo N.º 50), incrementando un 5% en cuanto a la mezcla convencional sin modificación. Respecto al porcentaje de vacíos, se obtuvo un resultado de 9%, saliéndose significativamente del rango de la norma (anexo N.º 51).

Artículo N°26: *“Análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros y tradicional para optimizar propiedades mecánicas en pavimento flexible - Lima, 2018”*

Este trabajo tiene como principal objetivo determinar el análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros y mezclas asfálticas tradicionales para optimizar las propiedades en un pavimento flexible, para ellos se fabricaron 56 briquetas, 28 de ellas con asfalto modificado y las otras 28 briquetas con asfalto convencional.

Conclusión del artículo de investigación:

Mediante el ensayo Marshall se determinó que el porcentaje óptimo de asfalto es de 5.1% en una mezcla modificada, una estabilidad de 2291.4 (verificar anexo N.º 52), y un porcentaje de vacíos de 4% (anexo N.º 53) encontrándose dentro de norma.

Artículo N°27: *“Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas con polímeros reciclados HDPE y SBR, para pavimentos en la ciudad de Huancavelica”*

El presente trabajo de investigación pretende mejorar las características de la mezcla asfáltica convencional utilizando agentes modificantes obtenidos de botellas plásticas trituradas HDPE y neumáticos usados pulverizados SBR. Para la elaboración de probetas se utilizó un 4% del peso total.

Conclusión del artículo de investigación:

Se obtuvo como resultado mediante el ensayo Marshall una estabilidad de 1735.84 (ver anexo 54) y un porcentaje de vacíos de 4.05% (ver anexo N. °55) produciendo estos efectos significativos en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos en la ciudad de Huancavelica.

Artículo N°28: *“Análisis del efecto de los polímeros en los asfaltos provenientes de la refinería de Talara a fin de mejorar su comportamiento para su aplicación en los pavimentos de la ciudad de Piura, departamento de Piura”*

El presente trabajo de investigación busca comprobar si la adición del polímero (plastómero o elastómero) en este caso SBS mejora las características de una mezcla asfáltica acabando con los pavimentos deteriorados en la Ciudad de Piura debido al resultado del clima y el tráfico.

Conclusión del artículo de investigación:

Se obtuvo como resultado mediante el ensayo Marshall una estabilidad de 1283 Kg y un porcentaje de vacíos de un 3%; como se aprecia en el anexo N.º 56, lo cual aporta un incremento de dureza del pavimento y una mejora considerable en la recuperación elástica. Para que el SBS (polímero) influya positivamente en la mezcla asfáltica respecto a la estabilidad necesita ser aplicado en un 5%.

Artículo N°29: *“Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adiciones de PET”*

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo analizar la elaboración de mezclas asfálticas con adición de PET, analizando factibilidad y comportamiento para poder proponer el uso de este como una mejor alternativa en cuanto a ampliar la vida útil de la estructura y ahorrar en el mejoramiento y rehabilitación.

Conclusión del artículo de investigación:

Se obtuvo un factor de Estabilidad de 10.25 kN teniendo una Estabilidad mínima de 5.34 kN usando un porcentaje de 0.4 de plástico PET para el diseño ya que, al adicionarle un porcentaje mayor al mencionado, el PEN pierde su textura y propiedades y lo solidifica rápidamente formándose una bola.

Artículo N°30: *“Diseño de mezclas asfálticas adicionando elastómeros y PET reciclado para cargas de tránsito pesado en vías metropolitanas, Lima 2018.”*

El artículo presenta resultados obtenidos del ensayo Marshall con la incorporación de material reciclado PET en proporciones de 1%, 1.5% y 2%. Se utilizó un porcentaje óptimo de asfalto del 6.4%, obteniendo una estabilidad máxima de 1436.42 kg al incorporar 2% de PET como se puede observar en el anexo N° 57; asimismo, se puede

observar en el anexo N° 58, que el contenido de vacíos obtenido fue del 5.76% como mínimo, incumpliendo con las especificaciones técnicas del EG. 2013 del MTC la cual muestra que el rango de vacíos aceptado es de 3-5 %, esto debido a que el PET no es lo suficientemente fino para no generar mayores vacíos.

Conclusión del artículo de investigación:

“El agregar PET reciclado en la mezcla mejora la estabilidad, los vacíos llenos de asfalto y reduce su deformación frente a un pavimento convencional. La propiedad mecánica de estabilidad incrementa en la mezcla modificada en la medida que se agregue aditivos alcanzando el máximo valor en el diseño de mezcla con PET reciclado al 2 % con un valor de 1604 kg. La mezcla asfáltica adicionada con PET reciclado incrementa el contenido de vacíos y reduce a la impermeabilidad de la mezcla. Llegando a 5.76% de vacíos con el diseño al 1% de adición de PET siendo el más bajo de los 3 diseños de mezcla la cual no llega a cumplir con las especificaciones del EG-2013.”

Artículo N°31: *“Análisis técnico-económico de mezclas asfálticas con tereftalato de polietileno reciclado para la construcción de carreteras asfaltadas.”*

El artículo presenta resultados de estabilidad y durabilidad mediante el ensayo Marshall y el ensayo de Cántabro con una dosificación de escamas de PET al 1, 3, 5 y 7 %, como parcial de agregado fino. Se puede observar en el anexo N° 59, los resultados de estabilidad de acuerdo al ensayo Marshall, donde la mezcla convencional presenta un valor de 905.00 kg y con el 1 % de PET adicionado se ve incrementado a un valor de 949.00 kg.

Conclusión del artículo de investigación:

“Del análisis técnico – económico de mezclas asfálticas con tereftalato de polietileno reciclado, se tiene que éste mejora el desempeño estructural y durabilidad, además no varía significativamente el costo para la construcción de carreteras asfaltadas bajo un contenido óptimo de 1 % de PET en relación al agregado fino.”

Artículo N°32: *“Influencia de los residuos plásticos reciclados al añadirlos a una mezcla asfáltica modificada en caliente, Trujillo.”*

El artículo presenta resultados de 3 diseños de mezclas asfálticas modificadas en caliente, añadiendo porcentajes de plástico reciclado en 5%, 5.5% y 6% en sustitución del agregado fino. Se puede observar en los anexos N° 60 y N° 61, los resultados de los ensayos de estabilidad y porcentaje de vacíos respectivamente, notando que la adición de plástico reciclado en 5.5% obtuvo una estabilidad de 1346 kg y un porcentaje de vacíos de 0.932, siendo así el porcentaje de adición que mejores resultados arrojó. Si observamos el anexo N° 62, podemos ver la comparativa entre dicha mezcla y la convencional, encontrando una mejora significativa en la estabilidad de 5.49% y un 73.4% de mejora en el porcentaje de vacíos, lo que conlleva a una mayor durabilidad de la mezcla asfáltica.

Conclusión del artículo de investigación:

“Se evaluó a las 37 muestras las cuales se sometieron al ensayo Marshall, para determinar si tenían una mejora en sus propiedades mecánicas, las cuales nos dio como resultado el porcentaje insuperable de restos plásticos reciclados es 5.5% que obtuvo la estabilidad de 1346 kg y vacío de aire de 0.932%. Al diseñar una m. a en caliente convencional tiene la estabilidad 1276 kg. A comparación de una m. a en caliente modificada con residuos plásticos reciclados, nos dio como resultado una estabilidad 1346 kg.”

Artículo N°33: *“Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, mediante la incorporación de material triturado de productos reciclados de tereftalato de polietileno (pet), utilizando los agregados de la mina del río Pita en la ciudad de Quito, mediante la determinación del módulo de rigidez.”*

El artículo realiza la sustitución del polímero por agregado fino que pasa el tamiz N° 8 y retiene el tamiz N.º 16; en proporciones de 3% - 4% - 5% - 6% - 7%. Se puede observar en el anexo N° 63 y N° 64, los resultados de la estabilidad y porcentaje de vacíos según las diferentes adiciones de PET, de las cuales se determinó que el porcentaje óptimo de PET añadido es del 5%, obteniendo así una estabilidad de 3700 lb-f y un porcentaje de vacíos de 4%, (ver anexo N° 65).

Conclusión del artículo de investigación:

“Las briquetas diseñadas con mezcla asfáltica modificada con 7.2% de asfalto y 5% de plástico PET en sustitución del material granular fino retenido en el tamiz N.º 16, obtienen como valor promedio de estabilidad 3700 psi, lo cual nos dice que, según la MTOP, la estabilidad cumple satisfactoriamente el requisito mínimo.”

Artículo N°34: *“Incorporación de plástico reciclado mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica en caliente utilizando agregados pétreos del cantón Guamote.”*

El artículo adiciona el material modificador PET mediante vía húmeda en porcentajes de 5%, 9%, 10%, 15% y 20%, en relación con el porcentaje en peso de la mezcla asfáltica,

obteniendo un porcentaje óptimo del 9% PET como se muestra en el anexo N° 66, obteniendo así una estabilidad de 3300 lb y un porcentaje de vacíos de 5%.

Conclusión del artículo de investigación:

“Se pudo evidenciar que con la incorporación de plástico PET mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica tuvo incrementos en los valores de estabilidad siendo capaz de soportar mayores cargas y reduciendo los valores de deformación (flujo), con respecto a los resultados obtenidos de la mezcla asfáltica convencional, dándonos una primera idea de que este asfalto modificado tendrá un desempeño óptimo.”

Artículo N°35: *“Aporte estructural de mezcla asfáltica en caliente con inclusión de plástico pet por vía seca a estructuras de pavimento flexible para vías de bajo tráfico según especificaciones invias”*

El artículo analizó 6 estudios con diferentes porcentajes de PET añadido a la mezcla asfáltica, con los cuales procedió a comparar las propiedades de la mezcla asfáltica, obteniendo en el anexo N° 67, una estabilidad de 20Kn con 14% de PET añadido, mientras que, si observamos el anexo N° 68, se obtuvo 5.8 % de vacíos con aire.

Conclusión del artículo de investigación:

“La estabilidad de Marshall demostró que únicamente en el estudio 5 se logra mantener acorde a la muestra patrón, obteniendo la mayor estabilidad con 14% de PET añadido. Respecto a los vacíos de aire, estos tienden a aumentar en relación al incremento del porcentaje de PET, por lo tanto, la influencia del tamaño de partículas y el método de adición son primordiales.”

Artículo N°36: *“Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019”*

El artículo analiza 2 estudios para determinar el porcentaje óptimo de plástico reciclado de polietileno de tereftalato “PET”, del anexo N° 69 se puede observar que el mejor comportamiento en cuanto a estabilidad se obtiene con el 3% de PET, obteniendo así un valor de 2400lb, mientras que para el porcentaje de vacíos se puede ver en el anexo N° 70 que el valor aumenta hasta 6% de vacíos utilizando un 3% de PET, lo cual no es muy favorable para la mezcla asfáltica.

Conclusión del artículo de investigación:

“Aplicar plástico reciclado genera una influencia positiva en la mezcla asfáltica; además contribuye a la reducción de la contaminación generada por los residuos sólidos, siendo factible su aplicación en pavimentos de tránsito pesado y mediano.”

Artículo N°37: *“Diseño de pavimento flexible adecuado para carpeta asfáltica mejorada adicionando residuos plásticos reciclados, en Lomas de Carabayllo – Lima - 2020”*

El artículo analiza mezclas asfálticas incorporando 1%,3%,5% y 7% de plástico reciclado, obteniendo que al utilizar el 3% se obtienen los mejores resultados en las propiedades físicas y mecánicas, posteriormente compara dichos resultados con los del asfalto convencional como se puede ver en el anexo N° 71, con un valor en la estabilidad de 1128kg y un valor de 8.2% para porcentaje de vacíos.

Conclusión del artículo de investigación:

“Se concluye que cuando se le incorpora gránulos de plástico a la mezcla asfáltica ésta aumenta su estabilidad, incrementando su capacidad para soportar cargas, resistiendo una carga adicional de 96 kg, es decir, un 8.51% mayor si la comparamos con la mezcla de tipo convencional.”

Artículo N°38: *“Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adiciones de PET”*

El artículo analiza los agregados y su granulometría para determinar si están aptos para un diseño de mezcla asfáltica, al realizar distintos ensayos variando el porcentaje de arena, piedra, asfalto y plástico reciclado, ningún ensayo cumplió con los parámetros que exige la normativa.

Conclusión del artículo de investigación:

“Dados los ensayos y los resultados no óptimos para una propuesta experimental, se prescribe de manera rotunda que el PET no es apto para el diseño de mezclas asfálticas.”

Artículo N°39: *“Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole*

*Polietileno de Tereftalato (PET) en porcentajes de 0.75%, 1% y
1.25%, Nuevo Chimbote, Ancash-2020 ”*

El artículo realiza ensayos con una mezcla patrón y otras 3 mezclas con 0.75%, 1% y 1.25% de PET añadido, determinando como se puede ver en el anexo N° 72, que el porcentaje óptimo de PET es de 1%, con una estabilidad de 1199kg y un porcentaje de vacíos del 3.5%.

Conclusión del artículo de investigación:

“Se determinó que la adición de Polietileno de Tereftalato con 1.00% mejora las propiedades mecánicas ante la mezcla asfáltica estándar, obteniendo una estabilidad de 1022 Kg y un porcentaje de vacíos de 4.00%, mientras que para la mezcla asfáltica con PET presenta una estabilidad de 1199 Kg y un porcentaje de vacíos de 3.5%.”

Artículo N°40: *“Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019”*

El artículo analiza mezclas asfálticas modificadas con 0.3%, 0.6% y 0.9% de granos de plástico reciclado, comparándolas con una muestra patrón convencional, del anexo N° 73 se puede observar que la mayor estabilidad se logra utilizando 0.9% de plástico añadido, con un valor de 1429.9 Kg, mientras que, si observamos el anexo N° 74, podemos ver que el porcentaje de vacíos incrementa a medida que se añade más plástico, obteniendo así, un porcentaje de vacíos de 4.44%.

Conclusión del artículo de investigación:

“Se determinó que las mezclas asfálticas modificadas con 0.9% de plástico reciclado mejoró las propiedades mecánicas como la deformación, durabilidad e índice de rigidez de la mezcla asfáltica respecto a una mezcla asfáltica patrón o convencional. De esta manera mejoró el problema encontrado en la avenida Trapiche-Chillón, que presentó inestabilidad y poca durabilidad en la carpeta asfáltica.”

Artículo N°41: *“Estudio de una mezcla asfáltica mdc – 19 modificada con adición de polipropileno de baja densidad (pbd) por vía seca.”*

El artículo realizó el análisis a mezclas asfálticas modificadas con una incorporación de plástico en porcentajes de 1%, 2% y 3%, a partir del cual, se obtuvo la estabilidad más alta con el 1% de plástico añadido, siendo dicho valor de 15.39kN como se muestra en el anexo N° 75.

Conclusión del artículo de investigación:

“La mezcla modificada en adición del 1.0% de polipropileno de baja densidad mostró un aumento en su capacidad portante respecto a los especímenes convencionales y los modificados con adición de PBD del 2.0 y 3.0%.”

Artículo N°42: *“Estudio Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo.”*

El autor elaboró 10 mezclas asfálticas modificadas con diferente tamaño de plástico y diferente porcentaje de adición, del cual se puede destacar que el mejor resultado en cuanto a porcentaje de vacíos y estabilidad se obtuvo con la mezcla que utilizó 1% y tamaños que van desde 0.5-2.0 mm de PET, teniendo como valor 3.4% de vacíos y una estabilidad de 1367kg como se muestra en el anexo N° 76.

Conclusión del artículo de investigación:

“La conclusión más reveladora es que el PET triturado, incide positivamente en el desempeño de la mezcla asfáltica, representando las bondades que ya se describieron en su comportamiento mecánico.”

Artículo N°43: *“Incorporación de plástico reciclado vía seca en mezcla asfáltica caliente utilizando agregados pétreos del cantón Guamote.”*

El artículo analiza mezclas modificadas con adiciones de PET en porcentajes de 1%, 2%, 3%, 4%, 5% y 6%, obteniendo como se puede ver en el anexo N° 77, una estabilidad óptima de 2856.52 lb, cumpliendo con el valor mínimo normativo, rescatando un porcentaje óptimo de PET adicionado de 3.8%.

Conclusión del artículo de investigación:

“La evidencia presentada demuestra que si se puede incorporar plástico reciclado tipo PET por vía seca mientras no sean mayores al 6%, mientras que al incorporar porcentajes bajos de PET se evidencia una mejora de la estabilidad, pero afecta a la fluencia, mientras que al aumentar los porcentajes de PET disminuye la estabilidad, pero manteniéndola por encima de una mezcla convencional.”

Artículo N°44: *“Influencia de los desperdicios plásticos en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas modificadas.”*

El autor analiza en la presente tesis un total de 24 ensayos de mezclas asfálticas modificadas, las cuales tuvieron distintos valores de plástico añadido, desde un mínimo de 0.5% hasta un máximo de 13.60%. Si observamos el anexo N° 78, podemos apreciar que el ensayo N°12, obtiene los mejores resultados con un porcentaje de plástico añadido de 1%, con un valor para la estabilidad de 4600 lb y un porcentaje de vacíos de 3%.

Conclusión del artículo de investigación:

“Se puede observar que en el ensayo N.º 12 agregando el plástico a la mezcla asfáltica modificada se cumplió con todas las especificaciones generales de la tabla N.º 2 dando un 6.00 % de asfalto y 1.00 % de plástico incorporándolo en el porcentaje del agregado

fino resultando en una estabilidad de 4600 lb, un flujo de 9.00 (0.01”) y una relación de vacíos del 3.00 %.”

Artículo N°45: *“Viabilidad técnica de obtención de un diseño de mezcla asfáltica adicionada con 1.6% de fibra de PET, con porcentajes de asfalto entre el 4.5% y el 6%, que cumpla con la normatividad del Inviás.”*

El autor analiza mezclas asfálticas con adición de 1,6% de fibra de PET, variando el porcentaje de asfalto desde 4.5% hasta 6%. Del anexo N° 79 se puede observar que el valor máximo que alcanza la estabilidad supera los 22kN, sin embargo, este valor es demasiado alto lo que conlleva a un pavimento muy rígido, por lo que el valor óptimo para la estabilidad finalmente se encuentra en 20kN.

Conclusión del artículo de investigación:

“La estabilidad de los diseños de mezcla con porcentaje de asfalto por encima del 4,9% presentó un buen comportamiento, según los datos obtenidos mediante el ensayo Marshall, cumpliendo con lo estipulado por la norma INVIAS, esto quiere decir que en referencia a la estabilidad los porcentajes más óptimos de asfalto se encuentran en el rango de 4,9% a 5,7%.”

Artículo N°46: *“Incorporación del Plástico Reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la Mezcla Asfáltica en la Avenida Herbay Alto, Cañete 2020”*

El autor analiza mezclas asfálticas modificadas con 0%, 0.25%, 0.35% y 0.45% de PET añadido. Al observar el anexo N° 80, se puede ver que el máximo valor de la estabilidad

es de 1726.8 kg, cuando se usa un 0.25% de plástico. Mientras que en el anexo N° 81 se observa que el porcentaje óptimo también es de 0.25% arrojando un porcentaje de vacíos con aire de 4.0%, encontrándose dentro del intervalo de 3% - 5% en vacíos con aire, lo cual cumple con la normativa.

Conclusión del artículo de investigación:

“Se determinó que, la mezcla asfáltica en caliente con plástico Pet reciclado, mejoran las características del pavimento encontrado en la avenida Herbay Alto – Cañete, observando su evaluación en sus propiedades mecánicas.”

Artículo N°47: *“Influencia de la incorporación de poliestireno en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, Lima-2019”*

El artículo analiza mezclas asfálticas modificadas con adiciones de poliestireno en 0.2%, 0.3% y 0.5%. El autor luego de su análisis determina que el porcentaje óptimo de poliestireno es de 0.3%, ya que si observamos el anexo N° 82, se puede ver un aumento en la estabilidad de mezclas asfálticas al incorporar 0.3% de poliestireno, la estabilidad aumenta a un valor de 1610.8kg. Por otro lado, si observamos el anexo N° 83, se puede ver una reducción en el porcentaje de vacíos de la mezcla, obteniendo así un 4% de vacíos al utilizar 0.3% de poliestireno.

Conclusión del artículo de investigación:

“En el presente trabajo de investigación podemos concluir que la incorporación de poliestireno (expandido) mejora las propiedades de mezclas asfálticas en caliente con un porcentaje óptimo del 0.3% de poliestireno en relación al peso total de la mezcla.”

Artículo N°48: *“Obtención de mezclas asfálticas mediante la adición de material reciclado: poliestireno expandido.”*

El autor analiza adiciones de poliestireno expandido reciclado en medida de 20% y 40% en peso, al observar el anexo N° 84, podemos apreciar que se logra una estabilidad máxima de 806.17 kg con la adición de 40% de EPS. Por otro lado, el valor que se obtiene para el porcentaje de vacíos de la misma tabla es del 4.82%.

Conclusión del artículo de investigación:

“Se concluye que las mezclas asfálticas con adición de perlas de poliestireno expandido reciclado mejoran sus propiedades mecánicas en un 60%. La mezcla asfáltica con poliestireno expandido reciclado tuvo un incremento de su estabilidad en un 60% respecto de una mezcla asfáltica convencional. La mezcla con mejores propiedades mecánicas fue la mezcla asfáltica con adición 40% EPS.”

Artículo N°49: *“Análisis comparativo del comportamiento mecánico de mezclas de concreto asfáltico tipo 2 (MDC-19) con adición de polímeros.”*

El autor analiza mezclas asfálticas con adición de tiras de polisombra de 15 cm, en porcentajes de 0,5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%. Al comparar la estabilidad en el anexo N° 85, se puede observar el valor más alto de estabilidad en el porcentaje de 1.0%, con un valor de 1623,94 kg. Mientras que, si observamos el anexo N° 86, podemos apreciar que el porcentaje de vacíos también mejora con respecto al asfalto convencional, dejando un valor de 7.51% con el 1.0% de polisombra.

Conclusión del artículo de investigación:

“La comparación de los ensayos de laboratorio a las mezclas asfálticas tradicional y modificadas con porcentajes variables de adición de polímero sintético en tiras de polisombra de 15 cm, muestra que con la adición del 1,0% en peso del material de adición, refleja un comportamiento de estabilidad de la mezcla asfáltica con mejores resultados considerando la comparación con los rangos propuestos en el Manual de Diseño de Pavimentos de INVÍAS y que corresponde a la reglamentación para la construcción de pavimentos asfálticos en el país.”

Artículo N°50: *“Influencia de la mezcla asfáltica modificada con polímeros en zonas cálidas de Perú.”*

El autor analiza modificaciones de mezclas asfálticas con distintos tipos de polímeros: SBS, SBR y EVA. Si observamos el anexo N° 87, se puede observar que los valores más altos de estabilidad se consiguen con la adición de SBS, en un porcentaje de 4.95%, dejando un valor de estabilidad de 2304.4 kg.

Conclusión del artículo de investigación:

“De acuerdo al análisis del Desempeño de las mezclas asfálticas mediante la comparación de los resultados de los ensayos de desempeño, se determina que las mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBS y SBR brindan una mejora significativa respecto a la mezcla asfáltica convencional.”

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Porcentajes de plástico, estabilidad y porcentaje de vacíos.

Tabla 5

Valores recopilados

ARTICULOS	% de plástico	ESTABILIDAD (kg)	% de vacíos
1	0.	1175.28	-
2	6	1452.00	7.35
3	5	2650 psi	4.5
4	5	1515.00	-
5	1.2	856.30	4.85
6	1.4	1270.00	4
7	3	2127.95	4.85
8	6.7	1244.05	4.8
9	30	1201.00	3.3
10	5	1284.84	3.38
11	6	1380.00	4
12	16.8	784.71	4
13	1	1434.00	3.7
14	0.5	1321.13	-
15	5	1407.21	-
16	5	1566.40	-
17	2.5	703.07	-
18	0.1	1912.99	5
19	3	2309.00	-
20	1.5	1395.62	-
21	3	1098.00	4.3
22	3	1825.00	4
23	5	767.02	6.5
24	3	872.80	15.3
25	2	1529.57	9
26	5.1	2291.40	4
27	4	1735.84	4.05
28	5	1283.00	3
29	0.4	1045.21	-
30	2	1436.42	5.76
31	1	949.00	-
32	5.5	1346.00	0.932
33	5	1678.29	4
34	9	1496.86	5
35	14	2039.43	5.8
36	3	1088.62	6
37	3	1128.00	8.2
38	-	-	-

39	1	1199.00	3.5
40	0.9	1429.90	4.44
41	1	1569.34	-
42	1	1367.00	3.4
43	3.8	1295.70	3.8
44	1	2086.53	3
45	1.6	2039.43	-
46	0.25	1726.80	4
47	0.3	1610.80	4
48	40	806.17	4.82
49	1	1623.94	7.51
50	4.95	2304.40	-

En esta tabla se muestran los valores de Estabilidad, porcentaje de vacíos y porcentaje de plástico recopilados.

Tabla 6

Artículos que añadieron plástico entre el 0.1% hasta el 1.6%

ARTÍCULOS	% DE PLÁSTICO	ESTABILIDAD	
		(kg)	% DE VACÍOS
1	0.4	1175.28	-
5	1.2	856.30	4.85
6	1.4	1270.00	4
13	1	1434.00	3.7
14	0.5	1321.13	-
18	0.1	1912.99	5
20	1.5	1395.62	-
29	0.4	1045.21	-
31	1	949.00	-
39	1	1199.00	3.5
40	0.9	1429.90	4.44
41	1	1569.34	-
42	1	1367.00	3.4
44	1	2086.53	3
45	1.6	2039.43	-
46	0.25	1726.80	4
47	0.3	1610.80	4
49	1	1623.94	7.51
PROMEDIO		1445.13	

En esta tabla se muestran los valores de Estabilidad y porcentaje de vacíos de los artículos donde el valor de porcentaje de plástico que utilizaron se encuentra entre el 0.1% hasta el 1.6%.

Tabla 7

Artículos que añadieron plástico entre el 2% hasta el 2.5%

ARTÍCULOS	% DE PLÁSTICO	ESTABILIDAD (kg)	% DE VACÍOS
17	2.5	703.07	-
25	2	1529.57	9
30	2	1436.42	5.76
PROMEDIO		1223.02	

En esta tabla se muestran los valores de Estabilidad y porcentaje de vacíos de los artículos donde el valor de porcentaje de plástico que utilizaron se encuentra entre el 2% hasta el 2.5%.

Tabla 8

Artículos que añadieron plástico entre el 3% hasta el 3.8%

ARTÍCULOS	% DE PLÁSTICO	ESTABILIDAD (kg)	% DE VACÍOS
7	3	2127.95	4.85
19	3	2309.00	-
21	3	1098.00	4.3
22	3	1825.00	4
24	3	872.80	15.3
36	3	1088.62	6
37	3	1128.00	8.2
43	3.8	1295.70	3.8
PROMEDIO		1468.13	

En esta tabla se muestran los valores de Estabilidad y porcentaje de vacíos de los artículos donde el valor de porcentaje de plástico que utilizaron se encuentra entre el 3% hasta el 3.8%.

Tabla 9

Artículos que añadieron plástico entre el 4% hasta el 5.5%

ARTÍCULOS	% DE PLÁSTICO	ESTABILIDAD (kg)	% DE VACÍOS
3	5	2650 psi	4.5
4	5	1515.00	-
10	5	1284.84	3.38
15	5	1407.21	-
16	5	1566.40	-
23	5	767.02	6.5
26	5.1	2291.40	4
27	4	1735.84	4.05
28	5	1283.00	3
32	5.5	1346.00	0.932

33	5	1678.29	4
50	4.95	2304.40	-

PROMEDIO 1561.76

En esta tabla se muestran los valores de Estabilidad y porcentaje de vacíos de los artículos donde el valor de porcentaje de plástico que utilizaron se encuentra entre el 4% hasta el 5.5%.

Tabla 10

Artículos que añadieron plástico mayor o igual al 6%

ARTÍCULOS	% DE PLÁSTICO	ESTABILIDAD (kg)	% DE VACÍOS
2	6	1452.00	7.35
8	6.7	1244.05	4.8
9	30	1201.00	3.3
11	6	1380.00	4
12	16.8	784.71	4
34	9	1496.86	5
35	14	2039.43	5.8
48	40	806.17	4.82

PROMEDIO 1300.53

En esta tabla se muestran los valores de Estabilidad y porcentaje de vacíos de los artículos donde el valor de porcentaje de plástico que utilizaron se encuentra entre valores mayores o iguales al 6%.

3.2. Gráficos estadísticos consecuencia de la comparación de la estabilidad y porcentaje de plástico.

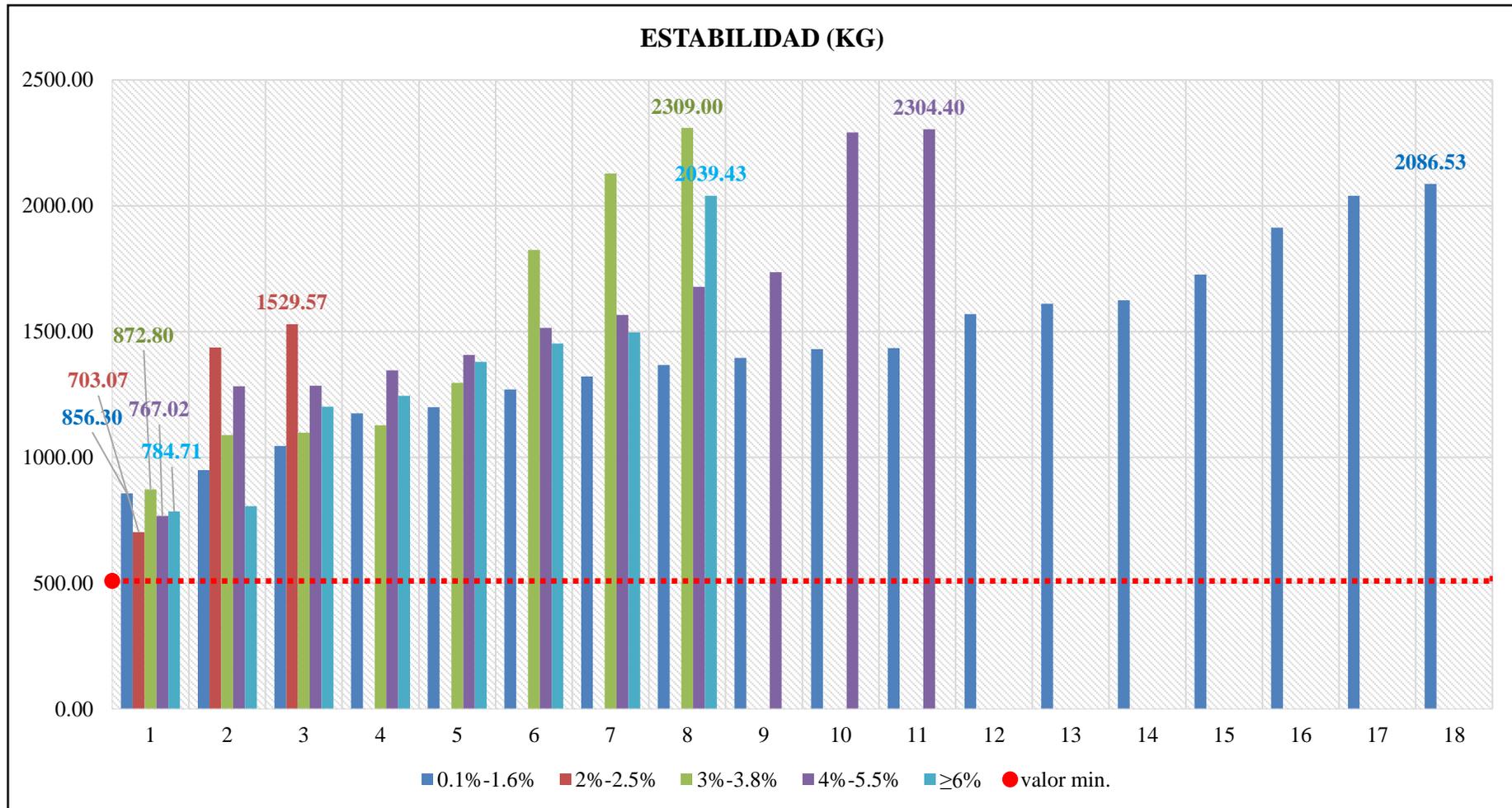


Figura 5. Gráfico general de Estabilidad vs % de plástico

Gráfico donde se muestran los valores de la estabilidad por cada porcentaje de plástico y su valor mínimo bajo la norma INVIAS 2013.

3.3. Gráficos estadísticos consecuencia de la comparación del porcentaje de vacíos y porcentaje de plástico.

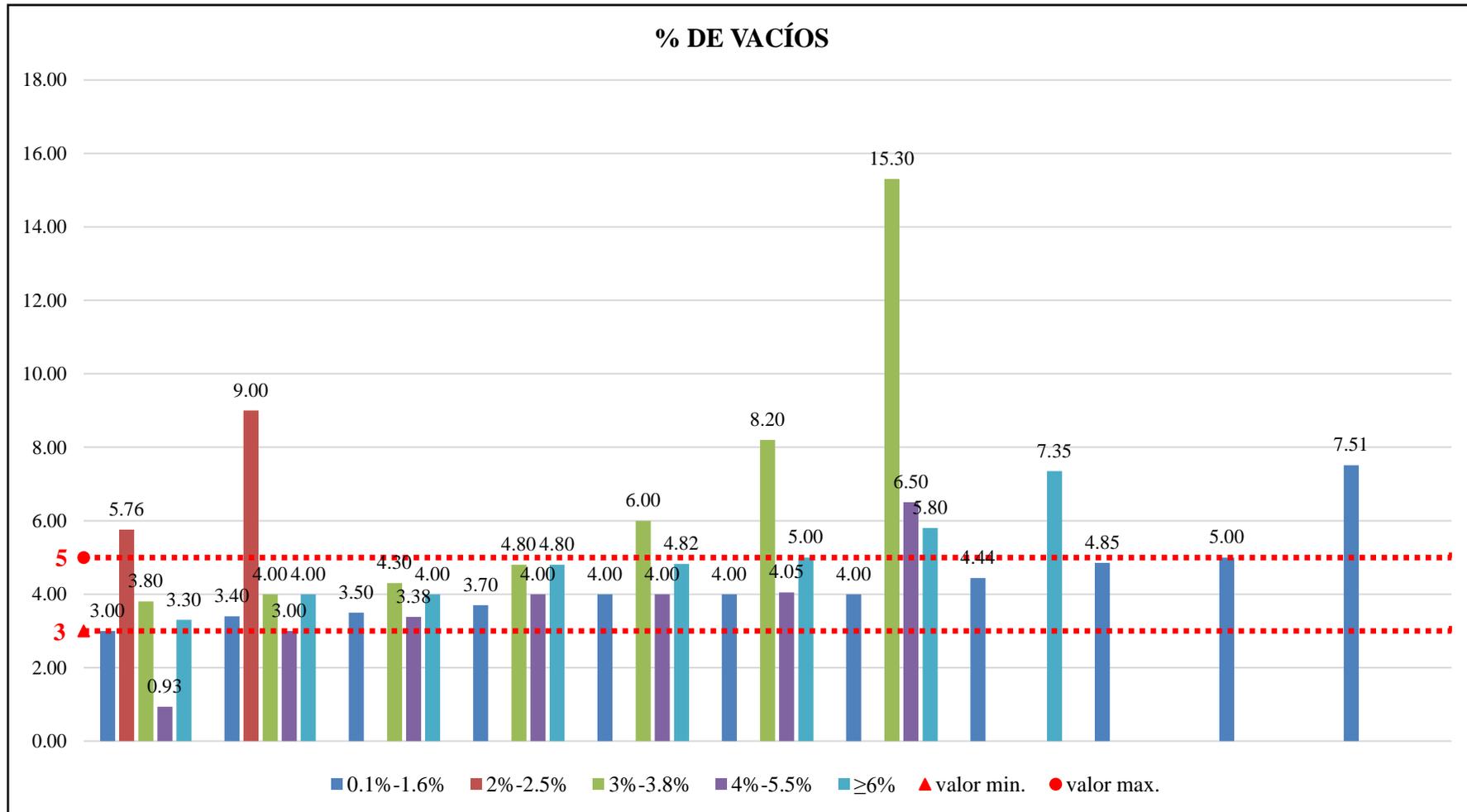


Figura 6. Gráfico de porcentaje de vacíos vs porcentaje plástico
Gráfico de porcentaje de vacíos y los límites bajo la norma INVIAS 2013

3.4. Determinar el porcentaje óptimo de residuos plásticos en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad.

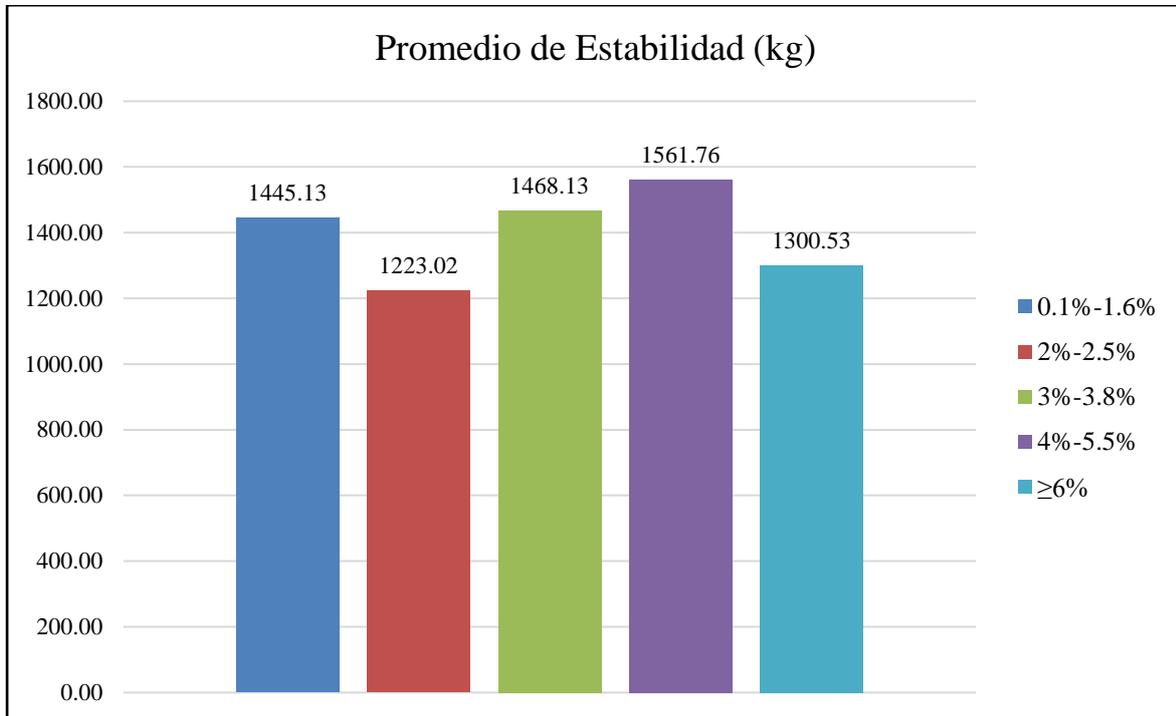


Figura 7. Gráfico de promedios de Estabilidad

Gráfico de valores promedios de Estabilidad por cada grupo de porcentaje de plástico.

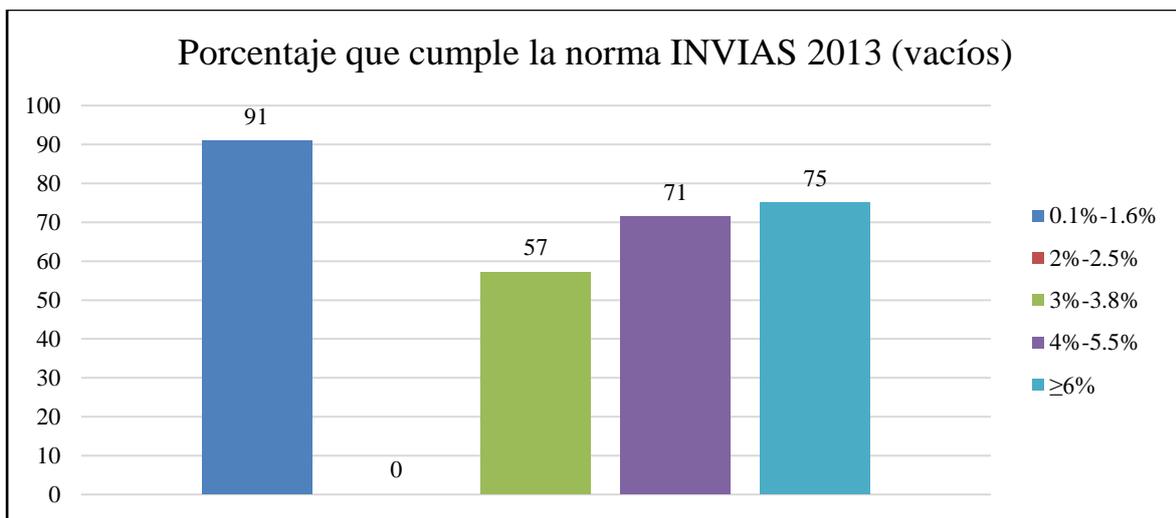


Figura 8. Porcentaje de Artículos que cumplen los porcentajes de vacíos

Gráfico del porcentaje de artículos que cumplen la norma INVIA 2013 por cada grupo de porcentaje de plástico.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

El análisis del uso de residuos plásticos reciclados en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica nos permitió contrastar un porcentaje óptimo de residuos plásticos adicionados del 0.1% al 1.6%, por lo tanto, se valida la hipótesis de la investigación. Este resultado es válido y fiable considerando la propiedad de estabilidad y el parámetro de porcentaje de vacíos en conjunto, ya que la figura 5 nos presenta el promedio de estabilidades en el cual el rango de 4%-5.5% es el más alto (1561.76 kg), sin embargo, analizándolo conjuntamente con la figura 8, en la cual el rango de 0.1%-1.6% presenta el mayor porcentaje de estudios que cumplen la norma INVIAS 2013, y siendo que este mismo rango presenta un valor promedio de estabilidad no muy diferente al más alto (1445.13 kg), podemos concluir que el porcentaje óptimo de residuos plásticos es el rango de 0.1%-1.6%.

Como se puede observar en la figura 5, todos los valores de estabilidad superan el mínimo que estipula la norma INVIAS 2013, que menciona que la estabilidad Marshall debe ser 509 kg (5kN) como mínimo, por lo que, si hablamos solo de dicha propiedad, cada porcentaje de plástico añadido serviría para su uso en la construcción de pavimentos flexibles. Por otro lado, si observamos el rango entre 0.1%-1.6%, el valor mínimo y máximo de estabilidad son de 856.30 kg y 2086.53 kg respectivamente, para el rango de 2%-2.5% los valores mínimos y máximos son de 703.07 kg y 1529.57 kg respectivamente, para el rango de 3%-3.8% los valores mínimos y máximos son de 872.80 kg y 2309.00 kg respectivamente, para el rango de 4%-5.5% los valores mínimos y máximos son de 767.02 kg y 2304.40 kg respectivamente y por último para el rango de $\geq 6\%$ los valores mínimos y máximos son de 784.71 kg y 2039.43 kg respectivamente; la estabilidad más baja de todo el estudio lo presenta el rango

de 2%-2.5% con 703.07 kg, mientras que el valor más alto lo presenta el rango de 4%-5.5% con 2304.40 kg. Como se puede ver, cada rango analizado en esta investigación presenta estabilidades que varían significativamente incluso dentro de su propio rango, sin embargo, la figura 7 nos proporciona los promedios de cada rango en cuanto a estabilidad, notándose así, que el promedio más alto lo presenta el rango de 4%-5.5%, mientras que el más bajo le pertenece al rango de 2%-2.5%. En cuanto a % de vacíos, al observar la figura 6, notamos que la mayoría logra estar dentro del rango de la norma INVIAS 2013, la cual estipula que el porcentaje de vacíos debe estar entre el 3% como mínimo y 5% como máximo, debido a que, “La durabilidad de un pavimento asfáltico está en función del contenido de vacíos, la razón de esto es que entre menor sea la cantidad de vacíos, menor va a ser la permeabilidad de la mezcla. Un contenido demasiado alto de vacíos proporciona pasajes, a través de la mezcla, por los cuales puede entrar el agua y el aire, y causar deterioro. Por otro lado, un contenido demasiado bajo de vacíos puede producir exudación de asfalto; una condición en donde el exceso de asfalto es exprimido fuera de la mezcla hacia la superficie” (Hernández G. y Ramírez F., 2016). Se encontró un estudio que incumple con la norma para el rango de 0.1%-1.6%, dos estudios para el rango de 2%-2.5%, tres estudios para el rango de 3%-3.8%, dos estudios para el rango de 4%-5.5% y por último dos estudios para el rango de $\geq 6\%$; generando así la figura 7, donde nos muestra el porcentaje de estudios que cumplen la norma INVIAS 2013 en cuanto a porcentaje de vacíos, observando así que el rango de 0.1%-1.6% es el más alto con un 91% de viabilidad, mientras que el más bajo es el rango de 2%-2.5% con un 0% de viabilidad.

Estos resultados obtenidos guardan relación con la investigación de Cárdenas, Vaca, Cote y Flores (2020) denominada Análisis de Mezclas Asfálticas modificadas con materiales desechables, alternativos, no convencionales, donde se planteó analizar distintos artículos que utilizaban materiales no convencionales reciclados como es el caso de plástico y

determinar los porcentajes óptimos de estos para poder mejorar las propiedades y características de las mezclas asfálticas, teniendo como resultado un porcentaje óptimo de plástico de 0.4% lo que concuerda con nuestra investigación teniendo nosotros como resultado un porcentaje óptimo de plástico añadido a la mezcla de 0.1% a 1.6%.

Por otro lado, la investigación de Infante y Vásquez (2016) llamada Estudio comparativo del método convencional y uso de los polímeros EVA y SBS en la aplicación de mezclas asfálticas, determina como porcentaje óptimo de plástico para estabilidad 4%, lo que concuerda con nuestros resultados ya que al analizar los artículos obtuvimos como resultado que la estabilidad promedio más alta se obtiene utilizando un rango de 4% al 5.5%, sin embargo dicho artículo no toma en cuenta la característica de porcentaje de vacíos, ya que en nuestro caso tomando en cuenta la estabilidad y porcentaje de vacíos como conjunto, solo el 71% de los artículos cumplían con el rango de 3% a 5% que es lo que nos indica la norma INVIAS 2013; recalcando que sigue siendo un buen porcentaje de plástico debido a que es el segundo que mejores resultados ha presentado después del 0.1% al 1.6%.

También Zambrano (2018) en su investigación, Evaluación del comportamiento del asfalto modificado con polímeros utilizados en la vía asfaltada Macusani-Ollachea KM 182+250 al KM 188+300, llega a la conclusión que la mezcla asfáltica modificada con 3% de adición de polímero mejora las propiedades de esta, lo que difiere con nuestra investigación. El estudio utiliza el tipo de polímero SBS (estireno – butadieno – estireno) el cual brinda una buena resistencia a la deformación y a la tracción, lo que podría ser la causa de dicha diferencia en el porcentaje óptimo de plástico que hemos encontrado, lo que amerita una investigación específica sobre el tipo de residuo plástico y como este podría influir en la cantidad de plástico adicionado.

Amaicaña (2017) en su investigación llamada Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales, compara dos tipos de mezclas asfálticas: convencional y modificada con 1% de polímero lo que como resultado se obtuvo una mejor significativa en la estabilidad Marshall, lo que concuerda con nuestros resultados sobre que el plástico añadido en un rango de 0.1 y 1.6% es el óptimo para una buena estabilidad, durabilidad e impermeabilidad.

En el estudio, Aplicación del Polietileno (PET) en pavimento flexible para determinar el comportamiento físico-mecánico en la Av. Los Geranios, Huaral 2020 de Uribe (2020), se determinó que el porcentaje de óptimo de polietileno añadido a la mezcla es de 2.5% teniendo como resultado una estabilidad de 774 kg y un porcentaje de vacíos de 12.8% lo que contrastando con nuestros resultados no sería un porcentaje favorable teniendo en cuenta que su porcentaje de vacíos se encuentra muy por encima del rango de la norma INVIAS 2013 (3%-5%), por lo que esta investigación no guarda relación con la nuestra.

Por otro lado, Bastidas y Ramírez (2019) en su investigación denominada Estudio de la mezcla asfáltica en caliente adicionada con PET relacionado con el comportamiento de sus propiedades mecánicas, Lima-2019, analizaron el comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con distintos porcentajes de PET añadido a la mezcla obteniendo como resultado que el porcentaje óptimo de PET añadido a la mezcla es de 1% debido a que mejora la Estabilidad, impermeabilidad y durabilidad de la mezcla, lo que cumple con el rango de porcentaje óptimo de 0.1% al 1.6% de PET que obtuvimos como resultado en la presente investigación.

La presente tesis presento dos principales limitaciones, la primera, catorce de los cincuenta artículos de nuestra muestra, no presentaron la característica de porcentaje de vacíos, por lo que nuestro análisis de la durabilidad e impermeabilidad, se realizó con treinta y seis datos. La segunda limitación fue, la falta de artículos experimentales sobre mezclas asfálticas modificadas con residuos plásticos, ya que tuvimos que reunir estudios con una antigüedad de 10 años y utilizar también estudios descriptivos para poder recaudar la variada información.

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que, al elaborar una mezcla asfáltica modificada con adiciones de residuos plásticos reciclados, es conveniente utilizar el rango de 0.1% al 1.6% de plástico añadido, ya que presenta los resultados más beneficiosos en cuanto a las propiedades de estabilidad, durabilidad e impermeabilidad.

De la comparación con los antecedentes se encontró que tres de los seis antecedentes concuerdan con los resultados presentados en nuestra investigación, afirmando que el porcentaje óptimo de residuos plásticos adicionados se encuentra en el rango de 0.1% al 1.6%. Por otro lado, los antecedentes dos, tres y cinco presentan diferentes porcentajes óptimos de plástico, debido a que, en el caso del antecedente número dos no estudia la característica de porcentaje de vacíos y solo analiza la estabilidad; mientras que, el artículo tres si cumple con la estabilidad y porcentaje de vacíos utilizando un 3% de residuo plástico siendo la excepción y dando paso a una investigación más específica sobre el tipo de plástico utilizado; finalmente, el artículo número cinco presenta un óptimo porcentaje de plástico de 2.5% con el cual presenta una estabilidad aceptable de 774 kg y un porcentaje de vacíos de 12% incumpliendo con la norma INVIAS 2013.

4.2 Conclusiones

Se analizó el uso de residuos plásticos reciclados en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica concluyendo que al utilizar un porcentaje de plástico adicionado en un rango de 0.1% hasta 1.6% se obtienen los mejores resultados en cuanto a estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica.

Se recopiló los datos de porcentajes de plástico, estabilidad y porcentaje de vacíos de cincuenta artículos de investigación, de los cuales, todos presentaron valores de estabilidad y porcentaje de plástico añadido, sin embargo, solo treinta y seis estudios presentaron la característica de porcentaje de vacíos.

Se elaboró un gráfico estadístico general consecuencia de la comparación de la estabilidad y porcentaje de plástico, agrupando los valores de estabilidad de acuerdo a diferentes rangos de plástico añadido: 0.1%-1.6%; 2%-2.5%; 3%-3.8%; 4%-5.5% y $\geq 6\%$. Donde se concluye que los cincuenta valores de estabilidad cumplen con el mínimo que estipula la norma INVIAS 2013, lo que significa que, en cuanto a estabilidad, todos son aptos para utilizarlos en la construcción de pavimentos flexibles.

Se elaboró un gráfico estadístico general consecuencia de la comparación del porcentaje de vacíos y porcentaje de plástico, donde se concluye que todos los rangos presentan en menor o mayor medida, valores que incumplen con la norma INVIAS 2013, la cual estipula que el porcentaje de vacíos debe estar entre 3% y 5%. Un estudio que incumple para el rango de 0.1%-1.6%, dos estudios para el rango de 2%-2.5%, tres estudios para el rango de 3%-3.8%, dos estudios para el rango de 4%-5.5% y por último dos estudios para el rango de $\geq 6\%$.

Se determinó el porcentaje óptimo de residuos plásticos a partir de la comparativa de los promedios de estabilidad y porcentaje de estudios que cumplen con la norma INVIAS 2013 respecto al porcentaje de vacíos, donde se llega a la conclusión que el porcentaje óptimo de plástico es el rango de 0.1%-1.6%, considerando que dicho porcentaje presenta un promedio de estabilidad rescatable y un porcentaje de cumplimiento de la norma de 91%.

4.3 Recomendaciones

Se sugiere a los ingenieros civiles se realice un estudio donde se analice la etapa en la que se debe incorporar el plástico debido a que por ser un material de fácil fundición pueda alterar la mezcla asfáltica antes de que sea del todo homogénea. De igual manera se recomienda realizar un estudio del tamaño de partícula del plástico que será añadido de manera que influya positivamente el desempeño de la mezcla asfáltica.

Se recomienda a los profesionales encargados del diseño de mezcla analizar el flujo de una mezcla asfáltica modificada con un rango de 0.1% al 1.6% de plástico reciclado debido a que este trabajo investigación se basó netamente en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad.

A pesar que el enfoque del trabajo no es ambiental, se recomienda a las entidades del estado implementar y reglamentar la utilización de desperdicios plásticos en las mezclas asfálticas en obras tanto públicas como privadas, por lo cual primero se debería ahondar en la investigación de nuevas tecnologías.

Se recomienda a los futuros investigadores evaluar la mezcla asfáltica con el mismo rango de porcentaje de plástico de nuestra investigación (0.1 al 1.6%) con distintos porcentajes de asfalto para poder registrar el desempeño de esta. Así mismo, realizar un estudio donde se indique que tipo de plástico puede contribuir en la mejora de las propiedades de una mezcla asfáltica modificada en comparación a una mezcla convencional, utilizando el rango de porcentaje de plástico de 0.1 a 1.6%.

REFERENCIAS

Agreda, C. (2020) Incorporación del Plástico Reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la Mezcla Asfáltica en la Avenida Herbay Alto, Cañete 2020. 2021, Recuperado de:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/66439/Agreda_LCJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Aimacaña, J. (2017). Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales. 2021, Recuperado:

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25265/1/Tesis%201114%20-%20Aimaca%c3%b1a%20Iza%20Juan%20Carlos.pdf>

Arévalo, H. y Lucho, J. (2019). Influencia de la incorporación de poliestireno en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, Lima-2019. 2021, Recuperado de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Arevalo_PH-Lucho_VJY-SD%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Arevalo_PH-Lucho_VJY-SD%20(1).pdf)

Aulestia, S. y Chávez, S. (2017). Comparación de propiedades y características mecánicas entre una mezcla asfáltica en caliente normal y una mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros (tapas plásticas de botellas) por vía seca. 2021. Revista Ingeniería. Colombia

[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TESIS%20AULESTIACH%C3%81VEZ%20\(1\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TESIS%20AULESTIACH%C3%81VEZ%20(1)%20(1).pdf)

Balbin, M. y Enrique, R. (2020). Influencia de la mezcla asfáltica modificada con polímeros en zonas cálidas de Perú. 2021, Recuperado de: https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3672/CIV-T030_71209873_T%20%20%20BALBIN%20CASTRO%20MARIA%20LUISA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ballena, C. (2016) Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío. Recuperado de: <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/2256/TESIS%20-%20DISE%c3%91O%20DE%20UNA%20MEZCLA%20ASF%c3%81LTICA%20EN%20FRIO%20CON%20POLIETILENO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bastidas, B. y Ramírez, J. (2019). Estudio de la mezcla asfáltica en caliente adicionada con PET relacionado con el comportamiento de sus propiedades mecánicas, Lima-2019. 2021, Recuperado de: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/antecedente%206.pdf>

Benavides, K. (2014) Pavimentos Ecológicos: Mejoramiento de las propiedades mecánicas de una mezcla densa en caliente (MDC-2) modificada con desechos plásticos. Recuperado de: <http://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/1754>

Benites, Y. (2020). Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019. 2021, Recuperado de: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Benites_CYP-SD.pdf

Berrío, A. (2017). Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo. 2021, Recuperado de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1128439758.2017%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1128439758.2017%20(1).pdf)

Buttrago, S.; Onofre, N. y Sierra, E. (2017) Viabilidad técnica de obtención de un diseño de mezcla asfáltica adicionada con 1.6% de fibra de PET, con porcentajes de asfalto entre el 4.5% y el 6%, que cumpla con la normatividad del invias. 2021, Recuperado de: <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/4410?locale=es>

Canta, F. y Vivas, K. (2018). Diseño de mezclas asfálticas adicionando elastómeros y PET reciclado para cargas de tránsito pesado en vías metropolitanas, Lima 2018. 2021, Recuperado de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Canta_HF%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Canta_HF%20(2).pdf)

Cárdenas, C.; Vaca, L.; Cote, C. y Flores, H. (2020). Análisis de mezclas asfálticas modificadas con materiales desechables, alternativos, no convencionales. 2021, Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/347507151_ANALISIS_DE_MEZCLA

[S ASFÁLTICAS MODIFICADAS CON MATERIALES DESECHABLES A
TERNATIVOS NO CONVENCIONALES](#)

Caso, S. y De la Cruz, G. (2021). Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas con polímeros reciclados HDPE y SBR, para pavimentos en la ciudad de Huancavelica.

2021, Recuperado de:

<https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/3450/TESIS-2021-CASO%20QUISPE%20Y%20DE%20LA%20CRUZ%20GUTIERREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castro, L. y Diaz, C. (2017). Implementación del grano de caucho reciclado (gr) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar

pavimentos sostenibles en Bogotá. Recuperado de:

<https://pdfs.semanticscholar.org/ed87/c6556733bd2bb8b151f0b2cbbb36f06d605d.pdf>

Castro W., Rondón H. y Barrero J. (2016). Evaluación de las propiedades reológicas térmicas de un asfalto convencional y un modificado con un desecho de PEBD.

Revista: Ingeniería, Vol. 21, núm. 1 (pp. 7-18).

Chochabot, J. (2020). Diseño de pavimento flexible adecuado para carpeta asfáltica mejorada adicionando residuos plásticos reciclados, en Lomas de Carabayllo –

Lima – 2020. 2021, Recuperado de:

[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Chochabot_PJ-SD%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Chochabot_PJ-SD%20(1).pdf)

Contreras Diego., Zúñiga F. y Mauricio J. (2020). Influencia de los desperdicios plásticos en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas modificadas. 2021, de Universidad Ricardo Palma Sitio web: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3686>

Coicue, L. y Sepulveda, C. (2017) Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15277/1/POLIETILENO%20DE%20BAJA%20DENSIDAD%20COMO%20ALTERNATIVA%20PARA%20MEJORAR%20LAS%20PROPIEDADES%20MECANICAS%20DE%20UNA%20MEZCLA%20DENSEN%20CALIENTE%20MDC-19.pdf>

Corbacho, J. (2015). Análisis de la estabilidad Marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de rueda cargada de Hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de tereftalato de polietileno reciclado en la ciudad del cusco-2018. Recuperado de: http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/3571/253T20190016_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cornejo, D. y Lamiña, J. (2018). Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, mediante la incorporación de material triturado de productos reciclados de tereftalato de polietileno (PET), utilizando los agregados de la mina del río Pita en

la ciudad de Quito, mediante la determinación del módulo de rigidez. 2021,

Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15819>

Cornejo, D. y Vargas, S. (2017). Análisis comparativo del comportamiento mecánico de mezclas de concreto asfáltico tipo 2 (MDC-19) con adición de polímeros. 2021, Recuperado de:

[https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14549/1/AN%C3%81LISIS%20COMPARATIVO%20DEL%20COMPORTAMIENTO%20MEC%C3%81NIC%20DE%20MEZCLAS%20DE%20CONCRETO%20ASF%C3%81LTICO%20TIPO%202%20\(MDC-19\).pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14549/1/AN%C3%81LISIS%20COMPARATIVO%20DEL%20COMPORTAMIENTO%20MEC%C3%81NIC%20DE%20MEZCLAS%20DE%20CONCRETO%20ASF%C3%81LTICO%20TIPO%202%20(MDC-19).pdf)

Cueva, W. y Quispe, L. (2019). Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando Pet en la calle las Amapolas de la Asoc. Nueva Primavera, Santa Clara-2019. 2021, Recuperado de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Cueva_AW-Quispe_RLA-SD%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Cueva_AW-Quispe_RLA-SD%20(2).pdf)

Dávalos, Y. (2015) Obtención de mezclas asfálticas mediante la adición de material reciclado: Poliestireno Expandido. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/1910>

Delgado, C. y Solano, S. (2019) Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de plástico peletizado LDPE-2019. Recuperado de: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/41898>

Domínguez, H. y Yovera, E. (2021). Análisis del efecto de los polímeros en los asfaltos provenientes de la refinería de Talara a fin de mejorar su comportamiento para su aplicación en los pavimentos de la ciudad de Piura, departamento de Piura. 2021, Recuperado de: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/7237/1/REP_INCI_HORA_CIO.DOMINGUEZ_EDGARDO.YOVERA_AN%c3%81LISIS.EFECTO.POL%c3%8dMEROS.ASFALTOS.PROVENIENTES.REFINER%c3%8dA.TALARA.MEJORAR.COMPORTAMIENTO.APLICACI%c3%93N.PAVIMENTOS.PIUR A.pdf

Estrada, V. (2017). Estudio y análisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 Plus y mezcla asfáltica modificada con polímero tipo SBS PG 70-20. 2021, Revista Universidad Andina del Cusco.

Flores, E. (2020). Influencia de los residuos plásticos reciclados al añadirlos a una mezcla asfáltica modificada en caliente, Trujillo. 2021, Recuperado de: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/57606/Flores_BEM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Forigua J. y Pedraza E. (2014). Diseño de mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios plásticos .Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2575/1/Dise%C3%B1o-mezclas-asf%C3%A1lticas-modificadas-adici%C3%B3n-desperdicios-pl%C3%A1sticos.pdf>

Gargate, A. y Huamani, S. (2018). Análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros y tradicional para optimizar propiedades mecánicas en pavimento flexible - Lima, 2018. 2021, Recuperado de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/GARGATE_AF%20Y%20HUAMANI_SJ%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/GARGATE_AF%20Y%20HUAMANI_SJ%20(1).pdf)

Gómez, C. (2018). Estudio de una mezcla asfáltica MDC – 19 modificada con adición de polipropileno de baja densidad (PBD) por vía seca. 2021, Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22855/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20FINAL.pdf>

Grupo ABC (ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERAS) (2011) Rehabilitación de la carretera Achacachi-Escoma. Recuperado de: <http://www.tdm.com.pe/pdf/casos%20historicos/Pavimentacion-Asfalto-modificado-en-Bolivia.pdf>

Hernández, G. y Ramírez, F. (2016) Análisis de la influencia del grado de compactación de una mezcla asfáltica en su deformación permanente y la susceptibilidad a la humedad. 2022, Recuperado de: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/referencia%20ultima.pdf>

Huertas, G. y Cazar, J. (2014) Diseño de un pavimento flexible adicionando tereftalato de polietileno como material constitutivo junto con ligante asfáltico ac-20. 2021,

Recuperado de: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8413/1/T-ESPE-047870.pdf>

Infante, C. y Vásquez, D. (2016) Estudio comparativo del método convencional y uso de los polímeros EVA y SBS en la aplicación de mezclas asfálticas. 2021, Recuperado de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/INFORME%20FINAL%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/INFORME%20FINAL%20(2).pdf)

López, C. y Nonato, B. (2020). Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole Polietileno de Tereftalato (PET) en porcentajes de 0.75%, 1% y 1.25%, Nuevo Chimbote, Ancash-2020. 2021, Recuperado de: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60639/Lopez_CCA-Nonato_CBA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

López, J. (2020). Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros provenientes de botellas PET recicladas. 2021, Recuperado de: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38661/LopezSabogalJuanCarlos2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

López, S. y Veloz, Y. (2013). Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBR y SBS, con agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba. 2021, Recuperado de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/T-ESPE-047105%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/T-ESPE-047105%20(1).pdf)

Lozada, J. (2014) Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria.

Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

Luque, A. (2019) Influencia de la incorporación del tereftalato de polietileno en el comportamiento de los parámetros del diseño Marshall del concreto asfáltico-

Juliaca, 2018. Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13230>

Maila, M. (2013) Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno

vinil acetato (EVA). Recuperado de:

<https://core.ac.uk/download/pdf/71898835.pdf>

Marcillo, V. (2018) Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden. 2021, Recuperado de:

<http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2354/1/T-ULVR-2151.pdf>

Marroquín, R. (2013) Proyecto de investigación científica. Recuperado de:

<http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESION4METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION.pdf>

Metaute, D. y Mauricio, D. (2009) Desarrollo de una mezcla asfáltica utilizando residuos plásticos. 2021, Recuperado de:

https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/343/DianaMilena_Metaute_Heredia_2009.pdf;jsessionid=2D0AFDA786040112F2FA6C7CBA081B92?sequence=1

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos (MCSGGP, 2014). Recuperado de:
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf

Modera, E. (2018) Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica densa en caliente con adición de polipropileno. 2021, Recuperado de:
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16379/1/Trabajo%20de%20Grado.pdf>

Montejo, A. (2002) Ingeniería en pavimentos. Recuperado de:
https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos
[Alfonso Montejo Fonseca](#)

Navarro, J. (2017) Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adición de PET. 2021, Recuperado de:
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4569/Navarro%20Jimenez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ortiz, B. (2017) Mezclas asfálticas en caliente adicionando tereftalato de polietileno como agregado por el método de Marshall. 2021, Recuperado de:
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/8111/1/Brayan%20Jos%C3%BAe%20Ortiz%20Marroqu%C3%A9n.pdf>

Ortiz, E., Ortiz, E. y Macías, L. (2019) Comparativo de las propiedades de un diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional y el uso de polímeros en la carretera Tosagua. 2021, Recuperado de: <https://www.uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/55/56>

Osorio, O. (2019). Aplicación de plástico reciclado para mejorar la funcionalidad del pavimento flexible de la Vía auxiliar - Av. Universitaria Asociación Apavic – Carabayllo – Lima – 2019. 2021, Recuperado de: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48412/Osorio_AOA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pazmiño, H.; Escobar, C. y Zumba, O. (2021) Incorporación de plástico reciclado vía seca en mezcla asfáltica caliente utilizando agregados pétreos del cantón Guamote. 2021, Recuperado de: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7500/2/7.%20Proyecto%20de%20Investigaci%c3%b3n%20-%20ESCOBAR%20CECILIA%20%26%20ZUMBA%20OSCAR.pdf>

Pilatuña, D. y Rodríguez, J. (2021). Incorporación de plástico reciclado mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica en caliente utilizando agregados pétreos del cantón Guamote. 2021, Recuperado de: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7535/4/8.%20Proyecto%20de%20Investigaci%c3%b3n%20Pilatu%c3%b1a%20%26%20Rodr%c3%adriguez.pdf>

Pinedo, D. y Vaca, R. (2018). Efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018. 2021, de Repositorio de la Universidad César Vallejo Sitio web: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/pinedo_dd.pdf

Prada, O., Rondón, H., González, G. y Reyes, F. (2010) Comportamiento de dos mezclas asfálticas venezolanas en caliente, modificadas con desecho de policloruro de vinilo. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/5075/507550788008.pdf>

Prieto, J. y Velandia, J. (2017). Estudio técnico de factibilidad para el reparcho de vías de tráfico liviano usando plástico reciclado PET y asfalto en la comuna n° 7, barrio La Serranía de la ciudad de Villavicencio, Meta. 2021, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Villavicencio - Colombia.

Puente, J. (2020) Análisis técnico-económico de mezclas asfálticas con tereftalato de polietileno reciclado para la construcción de carreteras asfaltadas. 2021, Recuperado de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/T037_46958007_T%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/T037_46958007_T%20(1).pdf)

Quintero, G. y Bohórquez, E. (2020). Aporte estructural de mezcla asfáltica en caliente con inclusión de plástico PET por vía seca a estructuras de pavimento flexible para vías de bajo tráfico según especificaciones INVIAS. 2021, Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25824/1/APORTE~1.PDF>

Quishpe, J. y Ortiz, J. (2018) Ética en la producción de botellas plásticas y su contaminación al medio ambiente, Revista Caribeña de Ciencias Sociales, 2018. En línea: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/09/botellas-plasticas-ambiente.html>

Ramírez, P. y Tananta, W. (2019) Diseño de carpeta asfáltica aplicando gránulos de plástico reciclado para mejorar la transitabilidad del Jr. San Martín, distrito de Tabalosos-2018. Recuperado de: <https://scholar.google.com/citations?user=ROu5VN4AAAAJ&hl=es>

Rodríguez, F. (2008) Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero. Recuperado de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfciw961a/sources/bmfciw961a.pdf>

Rondón Quintana, Hugo, Fernández Gómez, Wilmar, & Castro López, William. (2010). Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla densa en caliente modificada con un desecho de polietileno de baja densidad (PEBD). Revista ingeniería de construcción, 25(1), 83-94. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732010000100004>

Saborío Vargas, K. A. (2017). Análisis del uso de bolsas plásticas recicladas tipo PE de baja densidad, empleadas para la protección del banano como aditivo para la durabilidad de mezclas asfálticas densas. 2021, Repositorio Institucional de la Universidad Latina de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/20.500.12411/884>

Salazar, G. y Palacios, W. (2021). Diseño del pavimento flexible de una carpeta asfáltica mejorada agregando residuos plásticos reciclados en la avenida Cuzco, Ventanilla,

Callao. Recuperado de:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73018/Salazar_OGF-Palacios_EWA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Salazar, W. (2020). Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019. 2021,

Recuperado de:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50498/Salazar_ZW-G-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Silvestre, D. (2017). Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017.

Recuperado de:

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1506/Silvestre_VDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Terán, L. (2015). Diseño de mezclas asfálticas en caliente utilizando agregados de la mina

Cashapamba con metodología Marshall. 2021, Recuperado de:

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2208/1/T-UIDE-1257.pdf>

Uribe, J. (2020). Aplicación del polietileno (PET) en pavimento flexible para determinar el comportamiento físico-mecánico en la Av. Los Geranios. Huaral 2020. 2021,

Recuperado de:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/54387/Uribe_QJF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vidal, A., Ramírez, D. y Grajales, J. (2014) Incorporación de tereftalato de polietileno como agente modificador en el asfalto. Recuperado de: http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3145/Incorporacion_telef_talato_polietileno.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Zambrano, A. (2018) Evaluación del comportamiento del asfáltico modificado con polímeros utilizado en la vía asfáltica Macusani-Ollachea KM 182+250 al KM 188+300. 2021. Recuperado de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/T036_40394377_T%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/T036_40394377_T%20(1).pdf)

Zubeida, E. (2017) Análisis de la incorporación del PET y PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico. Recuperado de: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10227?locale-attribute=en>

Zuñiga, R. (2015) Mezcla asfáltica en caliente. Recuperado de: <https://docplayer.es/78003838-Mezcla-asfaltica-en-caliente.html>

Pérez, J. y Merino, A. (2013) Definición de residuo sólido. Recuperado de: <https://definicion.de/residuo-solido/>

Reinforced Plastics and Composites magazin (2011) Tecnología de los plásticos.

Recuperado de: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/07/materiales-compuestos.html>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de clasificación de variables

VARIABLES	CLASIFICACIÓN			
	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Nombre de Artículos

Artículos	Título

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Matriz para evaluación de experto

Título de la investigación:	ANÁLISIS DEL USO DE RESIDUOS PLÁSTICOS RECICLADOS EN LA ESTABILIDAD, DURABILIDAD E IMPERMEABILIDAD DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA
Línea de investigación:	Optimización estructural
Apellidos y nombres del experto:	Villar Quiroz Josualdo Carlos
El instrumento de medición pertenece a la variable:	USO DE RESIDUOS PLÁSTICOS RECICLADOS; ESTABILIDAD; DURABILIDAD; IMPERMEABILIDAD

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una “x” en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.

Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	X		

Sugerencias:

Firma del experto:



Ing. Josualdo Villar Quiroz, MBA

CIP 106994

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Matriz para evaluación de experto

Título de la investigación:	ANALISIS DEL USO DE RESIDUOS PLASTICOS RECICLADOS EN LA ESTABILIDAD, DURABILIDAD E IMPERMEABILIDAD DE UNA MEZCLA ASFALTICA
Línea de investigación:	Optimización estructural
Apellidos y nombres del experto:	Arévalo Aranda Cesar Pol
El instrumento de medición pertenece a la variable:	USO DE RESIDUOS PLASTICOS RECICLADOS; ESTABILIDAD; DURABILIDAD; IMPERMEABILIDAD

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una “x” en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.

Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		

2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	X		

Sugerencias:

Firma del experto:

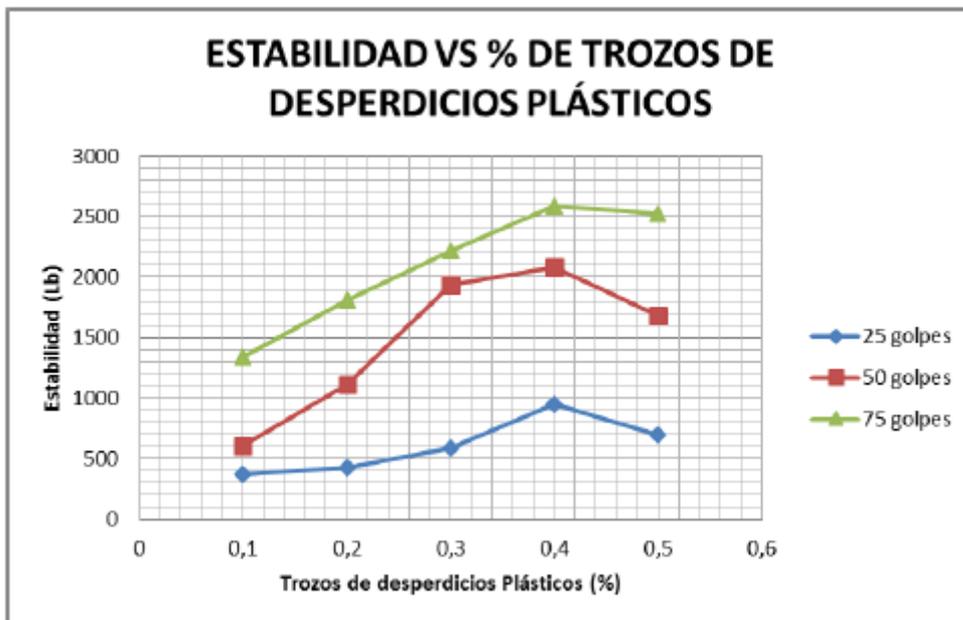


Ing. Cesar Pol Arevalo Aranda

CIP: 139835

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Estabilidad vs porcentaje de trozos de desperdicios plásticos



Fuente: Diseño de Mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios plásticos

Anexo 7: Resultados de Carcasas como agregados

Tratam.	Réplica	Variables			Resultados			
		Tamaño partic.	% polim.	% Asf.	Peso unitario (kg/m ³)	Flujo (mm)	Carga (kg)	Estabilidad / Flujo (kg/mm)
Probeta de control	1	NA	0	4,9	2460	1,61	1270	787
	2	NA	0	4,9	2453,	2,74	1275	465
1	1	fino	6	4,3	2211	6,16	1552	252
	2	fino	6	4,3	2158	4,00	1595	399
	3	fino	6	4,3	2138	3,89	1201	309
2	1	grueso	6	4,3	2111	4,71	1374	292
	2	grueso	6	4,3	2166	4,17	1582	379
	3	grueso	6	4,3	2197	3,69	1562	424
3	1	fino	20	4,3	1809	3,88	1390	358
	2	fino	20	4,3	1724	4,08	687	168
	3	fino	20	4,3	1722	4,60	863	188
4	1	grueso	20	4,3	1809	5,19	1224	236
	2	grueso	20	4,3	1717	6,11	685	112
	3	grueso	20	4,3	Se desmoronó			
5	1	fino	6	4,9	2199	3,51	1157	330
	2	fino	6	4,9	2210	3,44	1169	339
	3	fino	6	4,9	2188	3,36	1168	348
6	1	grueso	6	4,9	2195	4,21	1601	380
	2	grueso	6	4,9	2166	4,26	1329	312
	3	grueso	6	4,9	2172	4,46	1717	385
7	1	fino	20	4,9	1685	4,20	482	115
	2	fino	20	4,9	1762	4,39	684	156
	3	fino	20	4,9	1706	3,96	603	152
8	1	grueso	20	4,9	1656	5,99	470	79
	2	grueso	20	4,9	1796	5,07	737	145
	3	grueso	20	4,9	1828	6,02	889	148
9	1	fino	6	5,5	2191	4,08	895	220
	2	fino	6	5,5	2240	3,47	1124	324
	3	fino	6	5,5	2260	4,20	1423	339
10	1	grueso	6	5,5	2307	4,27	2015	472
	2	grueso	6	5,5	2281	3,70	2002	541
	3	grueso	6	5,5	2222	3,77	1509	400
11	1	fino	20	5,5	1705	4,22	897	213
	2	fino	20	5,5	1811	5,02	1202	239
	3	fino	20	5,5	1816	4,15	854	206
12	1	grueso	20	5,5	1825	4,64	1003	216
	2	grueso	20	5,5	1750	4,79	645	135
	3	grueso	20	5,5	1787	4,49	680	152
Central	1	fino-grueso	13	4,9	1995	4,51	1432	318
	2	fino-grueso	13	4,9	1936	5,05	971	192
	3	fino-grueso	13	4,9	2013	3,82	1452	380

Fuente: Desarrollo de una mezcla asfáltica utilizando residuos plásticos

Anexo 8: Resultado de Diskettes como agregados

Tratam.	Réplica	Variables			Resultados			
		Tamaño partic.	% polim.	% Asf.	Peso unitario (kg/m ³)	Flujo (mm)	Carga (kg)	Estabilidad / Flujo (kg/mm)
Probeta de control	1	NA	0	4,9	2460	1,6	1270	787
	2	NA	0	4,9	2453	2,7	1275	465
1	1	fino	6	4,3	2227	4,1	2335	569
	2	fino	6	4,3	2211	4,2	2295	549
	3	fino	6	4,3	2182	4,1	2423	590
2	1	grueso	6	4,3	2182	3,9	1843	468
	2	grueso	6	4,3	2096	3,2	1094	337
	3	grueso	6	4,3	2180	3,8	1843	485
3	1	fino	20	4,3	1619	4,6	812	177
	2	fino	20	4,3	1617	4,1	835	203
	3	fino	20	4,3	1657	4,1	1064	260
4	1	grueso	20	4,3	1706	4,9	1744	356
	2	grueso	20	4,3	1710	5,7	2864	502
	3	grueso	20	4,3	1710	4,7	1679	360
5	1	fino	6	4,9	2206	4,3	2482	579
	2	fino	6	4,9	2160	3,5	2083	597
	3	fino	6	4,9	2154	3,4	2671	789
6	1	grueso	6	4,9	2195	4,9	2278	469
	2	grueso	6	4,9	2166	3,8	1785	467
	3	grueso	6	4,9	2172	3,6	1834	503
7	1	fino	20	4,9	1686	3,4	858	249
	2	fino	20	4,9	1762	4,9	1220	251
	3	fino	20	4,9	1706	3,9	1387	354
8	1	grueso	20	4,9	1656	3,6	1146	320
	2	grueso	20	4,9	1796	3,9	1335	340
	3	grueso	20	4,9	1828	3,6	1363	384
9	1	fino	6	5,5	2217	3,8	2200	573
	2	fino	6	5,5	2256	4,4	2256	518
	3	fino	6	5,5	2213	3,8	1975	525
10	1	grueso	6	5,5	2216	4,8	2305	482
	2	grueso	6	5,5	2262	4,7	2731	585
	3	grueso	6	5,5	2291	5,0	2466	488
11	1	fino	20	5,5	1585	4,7	1147	247
	2	fino	20	5,5	1615	4,8	1489	308
	3	fino	20	5,5	1662	4,5	1236	275
12	1	grueso	20	5,5	1594	4,2	556	131
	2	grueso	20	5,5	1615	3,8	708	185
	3	grueso	20	5,5	1628	4,5	707	156
Central	1	fino-grueso	13	4,9	1850	4,6	886	192
	2	fino-grueso	13	4,9	1942	4,0	2358	591
	3	fino-grueso	13	4,9	1888	3,9	1378	350

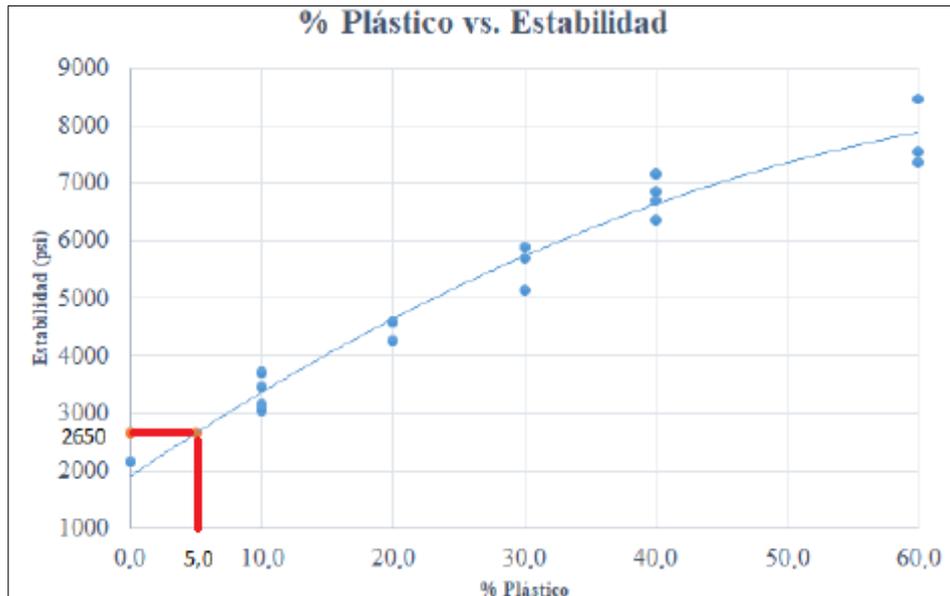
Fuente: Desarrollo de una mezcla asfáltica utilizando residuos plásticos

Anexo 9: Porcentaje de vacíos de las formulaciones escogidas.

Muestra	Gravedad específica bulk	Gravedad específica máxima teórica	%Vacíos
Patrón	2,500	2,620	4,58
Diskettes	2,260	2,446	7,60
Carcasas	2,280	2,461	7,35

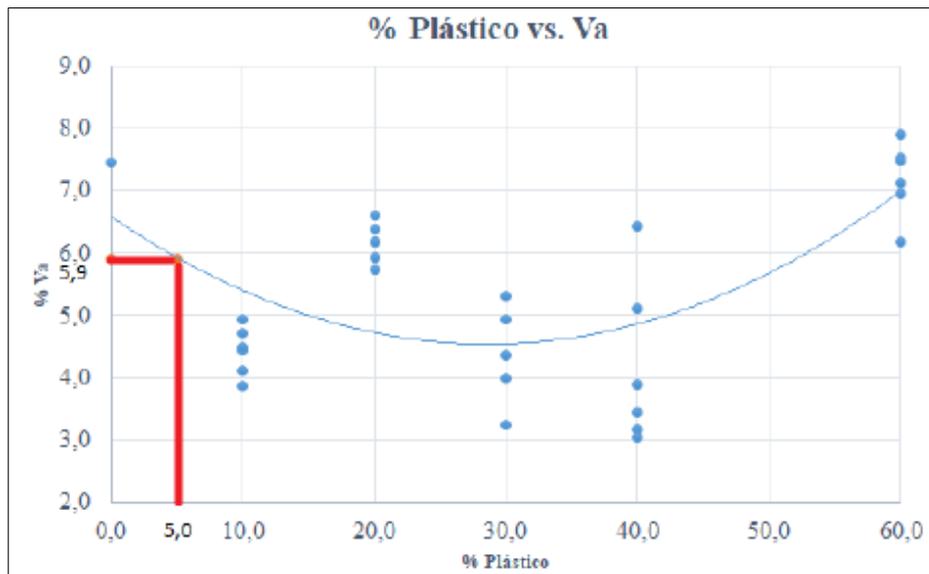
Fuente: Desarrollo de una mezcla asfáltica utilizando residuos plásticos

Anexo 10: Porcentaje de plástico vs Estabilidad



Fuente: Comparación de propiedades y características mecánicas entre una mezcla asfáltica en caliente normal y una mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros (tapas plásticas de botellas) por vía seca

Anexo 11: Porcentaje de plástico vs porcentaje de vacíos



Fuente: Comparación de propiedades y características mecánicas entre una mezcla asfáltica en caliente normal y una mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros (tapas plásticas de botellas) por vía seca

Anexo 12: Estabilidad Marshall para tránsito pesado

TABLA 40: RESULTADOS DE ESTABILIDAD MARSHALL TRANSITO PESADO										
BRIQUETAS	% DE FIBRA DE POLIETILENO	VOLUMEN(cm3)	LECTURA FLUJO	FLUJO (mm)	Lectura de Estabilidad	ALTURA ESPECIMEN mm	FATOR DE CORRECCIÓN	Estabilidad en Kg	Estabilidad Corregida en Kg	VERIFICACION
89	1.0 %	486.90	13	3.30	320	60.3	1.093	1103.92	1207	OK
90	3.0 %	515.32	12	3.00	353	63.5	1.000	1217.07	1217	OK
91	5.0 %	524.98	12	3.00	462	65.3	0.956	2132.57	2039	OK
92	6.0 %	546.91	14	3.60	441	67.7	0.905	1518.81	1375	Corregir
93	7.0 %	576.19	20	5.10	378	71.0	0.836	1426.23	1192	Corregir
TRANCITO PESADO										

Fuente: "Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío."

Anexo 13: Estabilidad Marshall para tránsito medio

TABLA 41: RESULTADOS DE ESTABILIDAD MARSHALL TRANSITO MEDIO										
BRIQUETAS	% DE FIBRA DE POLIETILENO	VOLUMEN(cm3)	LECTURA FLUJO	FLUJO(mm)	Lectura de Estabilidad	ALTURA ESPECIMEN mm	FATOR DE CORRECCIÓN	Estabilidad en Kg	Estabilidad Corregida en Kg	VERIFICACION
94	1.0 %	486.90	16	4.10	344	60.3	1.093	1103.92	1207	Corregir
95	3.0 %	513.29	17	4.30	335	63.3	1.005	1217.07	1223	Corregir
96	5.0 %	524.17	18	4.60	326	65.2	-	-	-	Corregir
97	6.0 %	545.29	20	5.10	300	67.5	-	-	-	Corregir
98	7.0 %	568.07	25	6.40	274	70.0	-	-	-	Corregir
TRANCITO MEDIO										

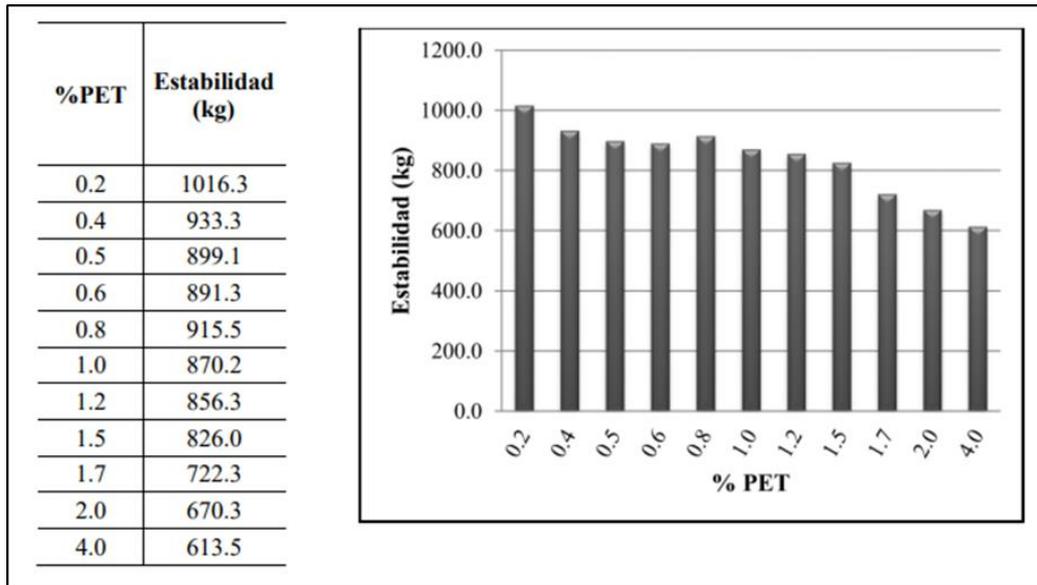
Fuente: "Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío."

Anexo 14: Estabilidad Marshall para tránsito liviano

TABLA 42: RESULTADOS DE ESTABILIDAD MARSHALL TRANSITO LIVIANO										
BRIQUETAS	% DE FIBRA DE POLIETILENO	VOLUMEN(cm3)	LECTURA FLUJO	FLUJO(m m)	Lectura de Estabilidad	ALTURA ESPECIMEN mm	FATOR DE CORRECCIÓN	Estabilidad en Kg	Estabilidad Corregida en Kg	VERIFICACION
99	1.0 %	487.31	18	4.60	215	60.3	1.093	743.90	813	Corregir
110	3.0 %	513.50	19	4.80	190	63.3	-	-	-	Corregir
112	5.0 %	526.79	21	5.30	175	65.5	-	-	-	Corregir
111	6.0 %	545.70	23	5.80	167	67.5	-	-	-	Corregir
114	7.0 %	568.07	24	6.10	140	70.0	-	-	-	Corregir
TRANCITO LIVIANO										

Fuente: "Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío."

Anexo 15: Porcentaje de Pet vs Estabilidad



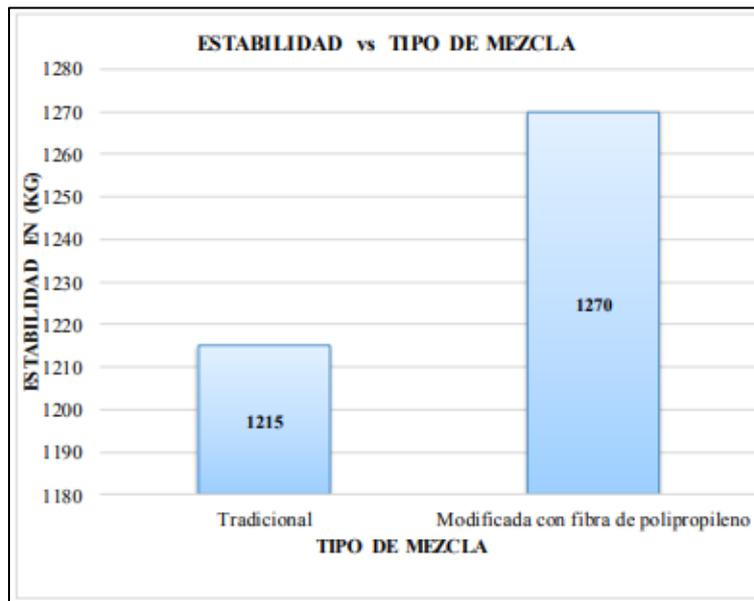
Fuente: “Análisis de la estabilidad Marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de rueda cargada de hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de tereftalato de polietileno reciclado en la ciudad del cusco-2018.”

Anexo 16: Análisis de Resultados de diseño de mezcla modificada

Parámetros	Requisitos	Resultados	Validación
% C. óptimo de asfalto	6.15	6.15	Si cumple
% C. óptimo de fibras PET	-----	1.2	Si cumple
% Vacíos en mezcla	3 - 5	4.85	Si cumple
Peso específico (gr/cm ³)	-----	2.298	Si cumple
% Vacíos en el agregado mineral (VMA)	15 min	16.3	Si cumple
% Vacíos llenos con asfalto (VFA)	65 - 75	70.2	Si cumple
Flujo (0.25mm)	8 - 14	14.7	Si cumple
Estabilidad (kg)	830.05 min	856.3	Si cumple

Fuente: “Análisis de la estabilidad Marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de rueda cargada de hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de tereftalato de polietileno reciclado en la ciudad del cusco-2018.”

Anexo 17: Comparación estadística de las mezclas-Estabilidad vs tipo de mezcla



Fuente: “Efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018”.

Anexo 18: Comparación de resultados entre la mezcla asfáltica convencional y modificada

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA			
MARSHALL		CONVENCIONAL	MODIFICADO
Óptimo Contenido de C.A	(%)	5.30	5.30
Estabilidad	(kg)	1215.0	1270.0
Peso Unitario	(kg/m ³)	2.342	2.314
Vacios de Aire	(%)	4.00	4.00
Óptimo Contenido De Fibra De Polipropileno	(%)		1.40
Flujo	(mm)	3.35	3.18
V.M.A.	(%)	14.78	15.10
Estabilidad/Flujo	(kg/cm)	3626.87	3993.71

Fuente: “Efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018”.

Anexo 19: Resumen de resultados

RESUMEN DE RESULTADOS			
CRITERIO DE MEZCLA	MEZCLA		DIFERENCIA %
	Patrón	Modificada 3% plástico reciclado	
Número de Golpes en cada cara de la briquea	75	75	0
Estabilidad en libras	2245.33	4691.33	108.94 %
Flujo en centésima de pulgada	10.41	10.23	1.73 %
Porcentaje de vacíos	4.44	4.85	9.23%
Porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA)	16.03	18.74	16.90 %
Porcentaje de vacíos llenos de asfalto (VFA)	72.31	74.15	2.54 %

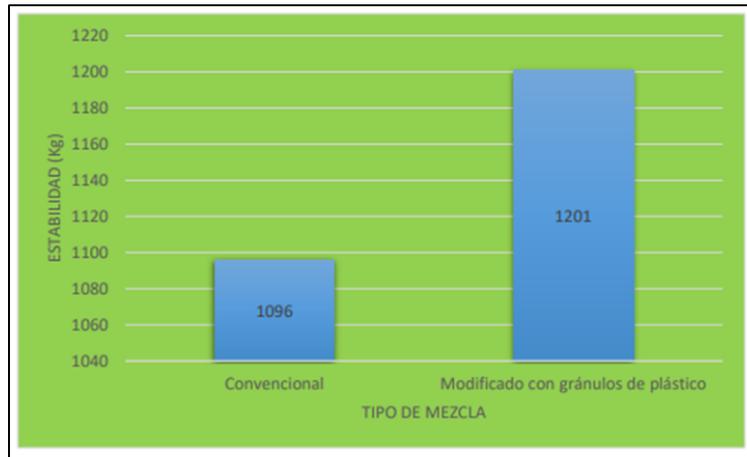
Fuente: "Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden."

Anexo 20: Tabla comparativa de los Parámetros de Diseño Marshall del Concreto Asfáltico convencional y del concreto Asfáltico modificado

Parámetros del diseño Marshall	CAC	CAM
Peso Específico (gr/cm ³)	2.277	2.273
Estabilidad (KN)	12.00	12.20
Flujo (0.25mm)	13.00	12.00
% de Vacíos de Aire	3.96	4.80
% de VMA	12.40	13.00
% de V.L.L.C.A.	70.00	64

Fuente: "Influencia de la incorporación del tereftalato de polietileno en el comportamiento de los parámetros del diseño Marshall del concreto asfáltico-Juliaca,2018"

Anexo 21: Tipo de mezcla vs Estabilidad



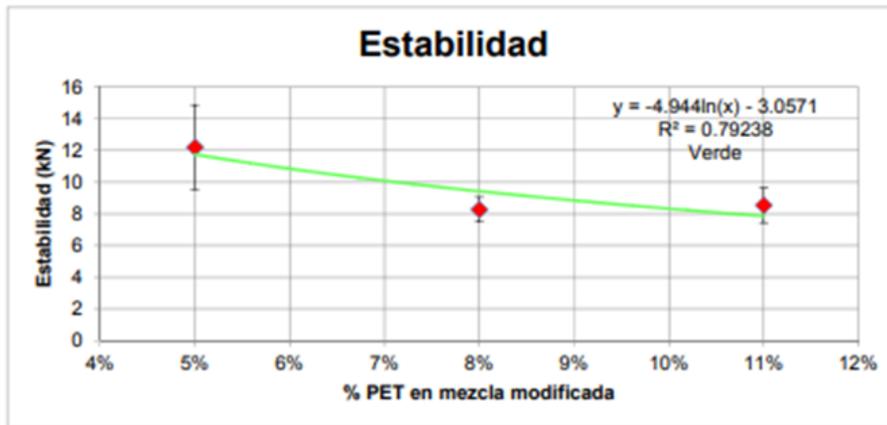
Fuente: “Diseño de carpeta asfáltica aplicando gránulos de plástico reciclado para mejorar la transitabilidad del Jr. San Martín, distrito de Tabalosos-2018.”

Anexo 22: Caracterización de diseño asfalto convencional y aplicando gránulos de plástico

PARÁMETROS DE DISEÑO	MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	MEZCLA ASFÁLTICA APLICANDO GRÁNULOS DE PLÁSTICOS.
% de cemento asfáltico en peso	5.82	5.67
Peso específico probeta	2.299	2.290
Vacios	4.1	3.3
Vacios agregado mineral	17.1	19.7
Vacios llenados con cemento asfáltico	75.0	83.7
Flujo	3.6	3.75
Estabilidad	1096	1201
Factor de Rigidez	3044	3203

Fuente: “Diseño de carpeta asfáltica aplicando gránulos de plástico reciclado para mejorar la transitabilidad del Jr. San Martín, distrito de Tabalosos-2018.”

Anexo 23: Estabilidad vs % PET



Fuente: “Incorporación de tereftalato de polietileno como agente modificador en el asfalto”

Anexo 24: Relación peso y volumen de la briqueta con reemplazo de arena de 5% de PET

Material	Densidad (g/cm ³)	% Volumen	Reemplazo parcial del agregado (5% de PET) (%)	Volumen ocupado (cm ³)	Peso (g)
Asfalto	1,02	5,00	5,00	23,85	24,33
PET	1,38	-	4,58	21,85	30,15
Agregado	2,76	91,62	87,04	415,18	1.145,89
Vacios	-	3,38	3,38	16,12	-
Total		100,00	100,00	477,00	1.200

Fuente: “Incorporación de tereftalato de polietileno como agente modificador en el asfalto”

Anexo 25: Resumen promedio de Ensayo Marshall-Patrón

CEMENTO ASFÁLTICO(%)	ESTABILIDAD PROMEDIO(kg)	FLUJO PROMEDIO(mm)	E/F(kg/cm)
5	1085	2.26	4800.9
5.5	1181	2.9	4081.4
6	1198.33	3.26	3677.4
6.5	1134.67	3.51	3230.6

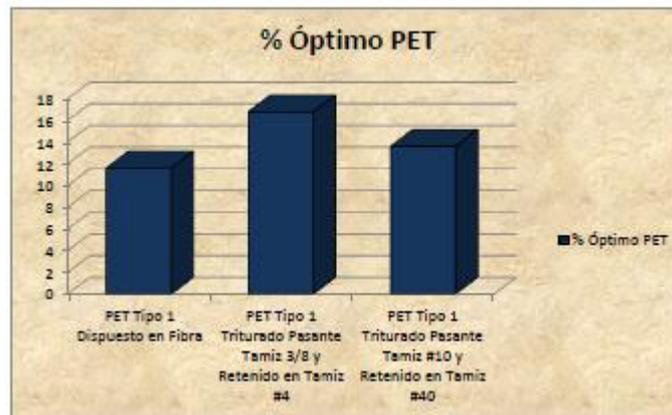
Fuente: “Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de plástico peletizado LDPE-2019.”

Anexo 26: Resultado del diseño de mezcla asfáltica modificada con 3%, 6% y 9%

CARACTERÍSTICAS MARSHALL	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PATRÓN	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 3% DE LDPE	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 6% DE LDPE	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 9% DE LDPE
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA (N°)	75	75	75	75
CEMENTO ASFÁLTICO (%)	5.8	6	5.78	6.5
ESTABILIDAD (KILOS)	1200	1067	1380	1703
FLUJO (0.01 pulg) (0.25mm)	12.3	12.9	13.6	12.3
V.M.A. (%)	16.35	17.73	15.05	17.75
VACÍOS DE AIRE (%)	4	9.7	4	5.7
ÍNDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)	3840.98	3319.30	3094.41	5529.2

Fuente: “Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de plástico pelletizado LDPE-2019.”

Anexo 27: Comparación % óptimo de PET.



Fuente: “Diseño de un pavimento adicionado tereftalato de polietileno como material constitutivo junto con ligante asfáltico AC-20”

Anexo 28: Estabilidad vs Tipo de plástico.



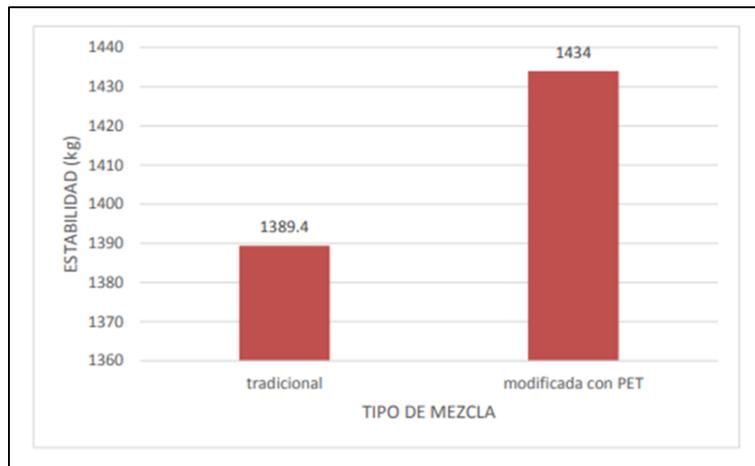
Fuente: “Diseño de un pavimento adicionado tereftalato de polietileno como material constitutivo junto con ligante asfáltico AC-20”

Anexo 29: Características de diseño modificado y diseño convencional de la mezcla asfáltica

PARÁMETROS DE DISEÑO	Mezcla asfáltica convencional	Mezcla asfáltica modificada con PET (Grupo Experimental)
% Cemento Asfáltico en peso	5.60	5.80
Peso específico Probeta	2.446	2.450
Vacíos	3.9	3.7
Vacíos Agregado Mineral	17.2	15.5
Vacíos llenados con C. Asfáltico	77.41	71.10
Flujo	3.7	3.6
Estabilidad	1389.4	1434
Factor de rigidez	3788	3966

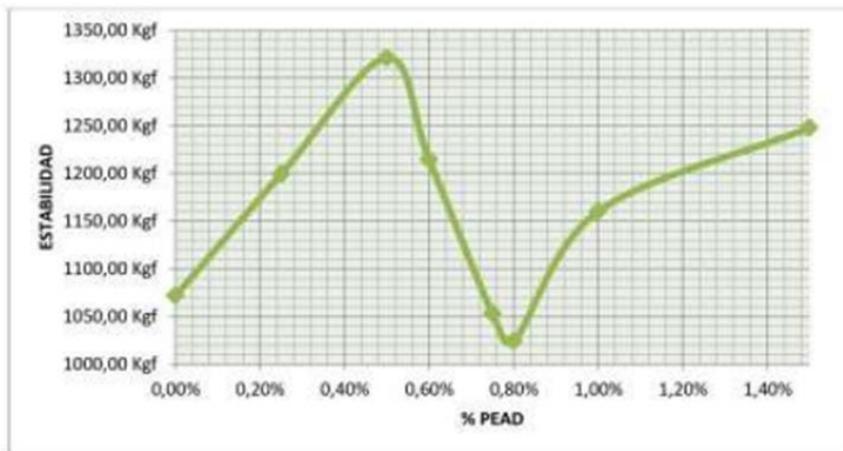
Fuente: “Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de lima-2017”

Anexo 30: Tipo de Mezcla vs Estabilidad



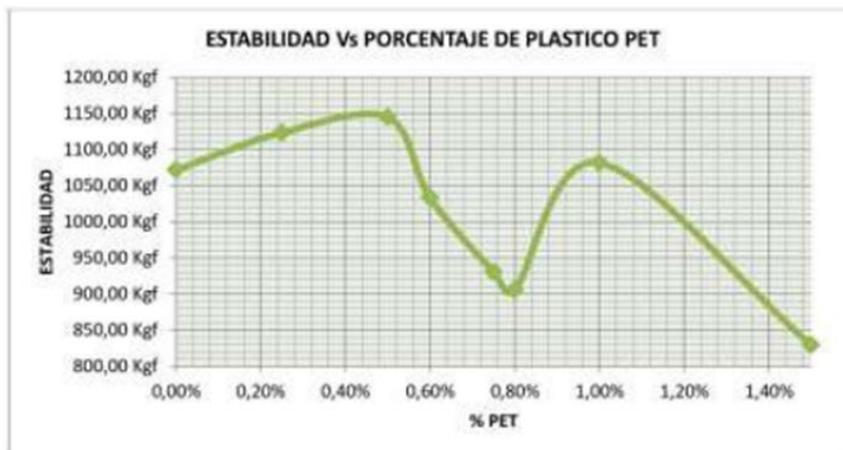
Fuente: “Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de lima-2017”

Anexo 31: Estabilidad vs Porcentaje PEAD



Fuente: “Pavimentos Ecológicos: Mejoramiento de las propiedades mecánicas de una mezcla densa en caliente (MDC-2) modificada con desechos plásticos”

Anexo 32: Estabilidad vs Porcentaje de PET



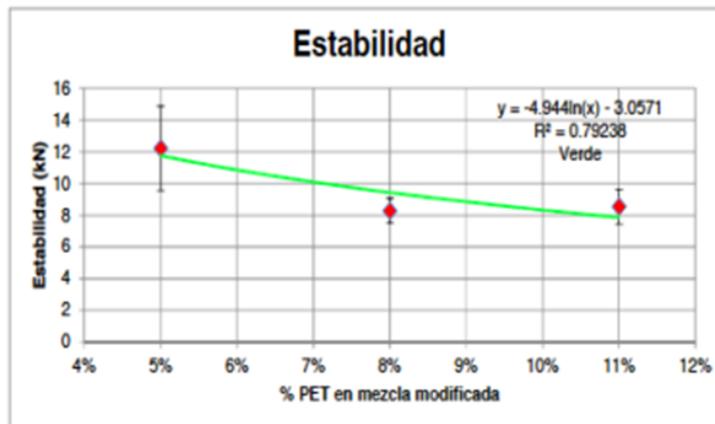
Fuente: “Pavimentos Ecológicos: Mejoramiento de las propiedades mecánicas de una mezcla densa en caliente (MDC-2) modificada con desechos plásticos”

Anexo 33: Resume de diseño definitivo

ITEM	VALOR OBTENIDO
Contenido óptimo de asfalto	5.5%
Porcentaje de Plástico	0.5%
Densidad (g/cm ³)	2.29
Estabilidad (kgf)	1321.13
Flujo (mm)	4.05
Estabilidad/Flujo (kgf/mm)	326.44

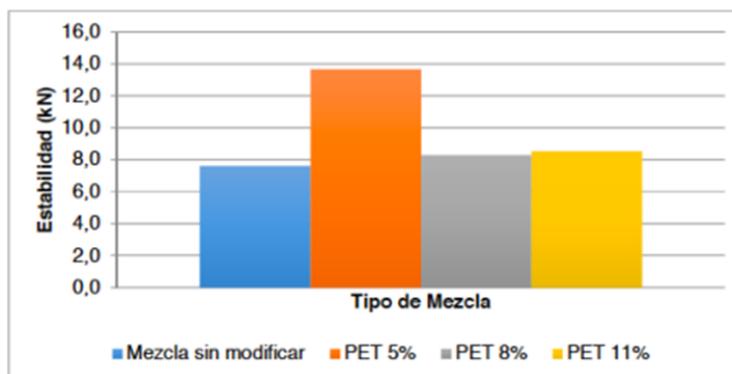
Fuente: “Pavimentos Ecológicos: Mejoramiento de las propiedades mecánicas de una mezcla densa en caliente (MDC-2) modificada con desechos plásticos”

Anexo 34: Porcentaje PET vs Estabilidad



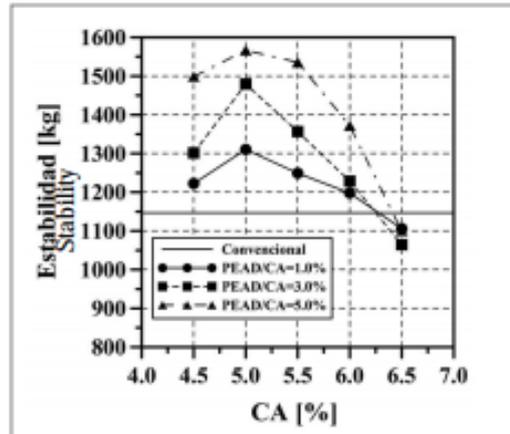
Fuente: “Estudio técnico de factibilidad para el reparcho de vías de tráfico liviano usando plástico reciclado PET y asfalto en la comuna N° 7, Barrio La Serranía de la Ciudad de Villavicencio, Meta.”

Anexo 35: Tipos de Mezcla vs Estabilidad



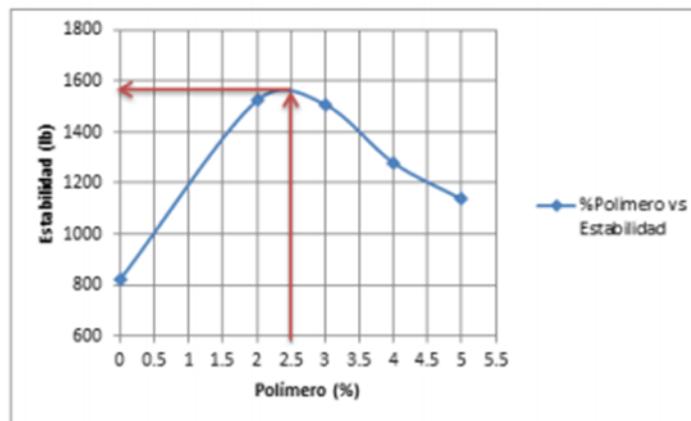
Fuente: “Estudio técnico de factibilidad para el reparcho de vías de tráfico liviano usando plástico reciclado PET y asfalto en la comuna N° 7, Barrio La Serranía de la Ciudad de Villavicencio, Meta.”

Anexo 36: Estabilidad vs CA/PEBD



Fuente: “Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla densa en caliente modificada con un desecho de polietileno de baja densidad (PEBD)”

Anexo 37: Porcentaje de Polímero vs Estabilidad



Fuente: “Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBR y SBS, con agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba.”

Anexo 38: Resumen promedio y corregido del ensayo Marshall-Vía húmeda

Resumen			Corregido		
P [%]	Estabilidad [kg]	E/F [kg/mm]	Estabilidad [kg]	E/F [kg/mm]	Flujo [mm]
0,0	1422,87	363,84	1341,77	343,10	3,91
0,5	1619,69	414,56	1527,37	390,93	3,91
1,0	1767,31	424,54	1587,05	381,24	4,17
1,5	1709,91	366,11	1544,04	330,60	4,67
2,0	1381,87	232,59	1185,64	199,56	5,94

Fuente: “Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19.”

Anexo 39: Porcentaje de vacíos-vía húmeda

Densidad Bulk y Vacíos (superior)-Vía húmeda			
CA [%]	Densidad Bulk [g/cm³]	Vacíos [%]	Vacíos en AP [%]
0,0	2,238	4,58	15,63
0,5	2,229	4,92	15,95
1,0	2,163	7,74	18,48
1,5	2,147	8,38	19,06
2,0	2,076	11,39	21,75

Fuente: “Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19.”

Anexo 40: Resumen promedio y corregido del ensayo Marshall-Vía seca

P [%]	Resumen		Corregido		
	Estabilidad [kg]	E/F [kg/mm]	Estabilidad [kg]	E/F [kg/mm]	Flujo [mm]
0,0	1422,87	363,84	1341,77	343,10	3,91
0,5	1730,41	387,51	1666,38	373,18	4,47
1,0	2029,74	446,59	1914,05	421,13	4,55
1,5	2206,06	410,00	2056,05	382,12	5,38
2,0	1955,93	329,28	1815,11	305,57	5,94

Fuente: “Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19.”

Anexo 41: Porcentaje de vacíos - vía seca

Densidad Bulk y Vacíos (superior)-Vía seca			
CA [%]	Densidad bulk [g/cm³]	Vacíos [%]	Vacíos en AP [%]
0,0	2,238	4,58	15,63
0,5	2,251	4,01	15,15
1,0	2,227	4,99	16,04
1,5	2,218	5,35	16,38
2,0	2,182	6,84	17,73

Fuente: “Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19.”

Anexo 42: Resultados de Estabilidad con desechos PET

ESTABILIDAD	5.0% C.A	5.5% C.A	6.0% C.A	6.5% C.A
PATRON	2530	687	858	933
1.0% PET	2422	2586	2491	2445
3.0% PET	2399	2309	2132	2364
5.0% PET	2225	2327	2283	2179

Fuente: “Análisis de la incorporación del PET y PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico.”

Anexo 43: Resultados de Estabilidad con desechos PEAD

ESTABILIDAD	5.0% C.A	5.5% C.A	6.0% C.A	6.5% C.A
PATRON	2530	687	858	933
1.0% PEAD	0	0	0	0
3.0% PEAD	0	0	0	0
5.0% PEAD	0	0	0	0

Fuente: “Análisis de la incorporación del PET y PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico.”

Anexo 44: Resumen del ensayo Marshall para mezcla asfáltica M19 modificada con diferentes porcentajes de PVC

PVC [%]	Estabilidad (E) [kg]		Flujo (F) [mm]		Rigidez E/F [kg/mm]	
	5,0	5,5	5,0	5,5	5,0	5,5
0,5	1165,0	1123,6	2,96	2,71	393,04	414,6
1,0	1269,3	1218,6	2,79	2,96	454,32	411,1
1,5	1347,8	1912,7	3,13	2,96	430,36	645,2
2,0	1203,6	1791,0	3,30	3,39	364,52	528,9
2,5	1286,7	1804,0	3,39	3,47	380,05	519,5

Fuente: “Comportamiento de dos mezclas asfálticas venezolanas en caliente, modificadas con desecho de policloruro de vinilo.”

Anexo 45: Resumen del ensayo Marshall para mezcla asfáltica M12 modificada con diferentes porcentajes de PVC

PVC [%]	Estabilidad (E) [kg]		Flujo (F) [mm]		Rigidez E/F [kg/mm]	
	5,0	5,5	5,0	5,5	5,0	5,5
0,5	1077,24	1274,08	2,88	2,79	374,32	456,00
1,0	1107,28	1338,94	3,13	2,62	353,56	510,30
1,5	1130,93	1395,62	3,22	3,22	351,42	433,67
2,0	1233,39	1428,66	3,05	3,47	404,66	411,46
2,5	1715,23	1567,60	2,88	3,56	596,02	440,83

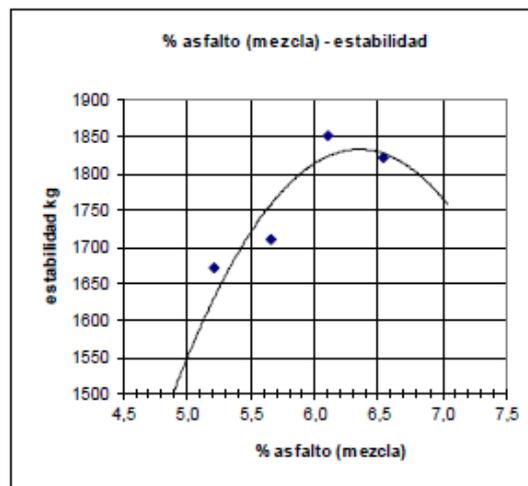
Fuente: “Comportamiento de dos mezclas asfálticas venezolanas en caliente, modificadas con desecho de policloruro de vinilo.”

Anexo 46: Diseño y características de las mezclas asfálticas

	Mezcla asfáltica convencional (Pavicen)	Mezcla asfáltica con inclusión de plástico tipo PE de baja densidad	Especificación	Referencia
Porcentaje óptimo de asfalto	6,10	6,20	-	-
Porcentaje de vacíos	4,00	4,00	4 ± 1	CR-2010
Densidad (kg/m ³)	2351	2348	-	-
Estabilidad (kg)	1675	1825	> 800	CR-2010
Flujo (1/100 cm)	33,1	36,60	27,5 ± 7,5	CR-2010
Porcentaje VMA	14,80	15,00	> 14	CR-2010
Porcentaje VFA	73	75	65 - 75	CR-2010

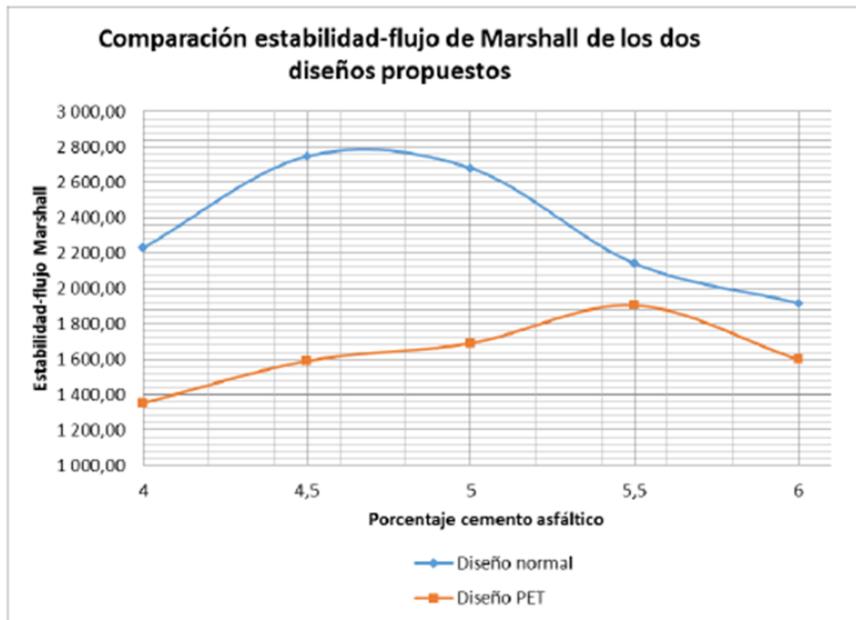
Fuente: “Análisis del uso de bolsas plásticas recicladas tipo PE de baja densidad, empleadas para la protección del banano como aditivo para la durabilidad de mezclas asfálticas densas”

Anexo 47: Estabilidad vs asfalto



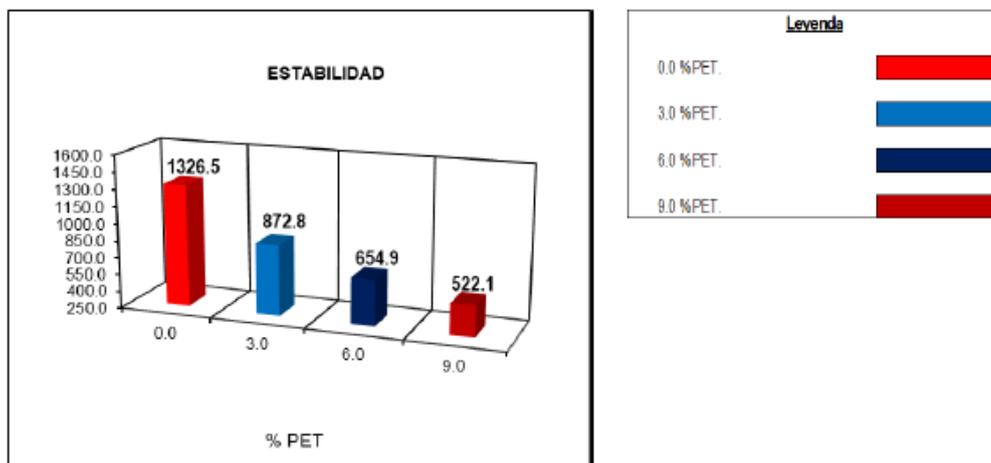
Fuente: “Análisis del uso de bolsas plásticas recicladas tipo PE de baja densidad, empleadas para la protección del banano como aditivo para la durabilidad de mezclas asfálticas densas”

Anexo 48: Estabilidad vs cemento asfáltico



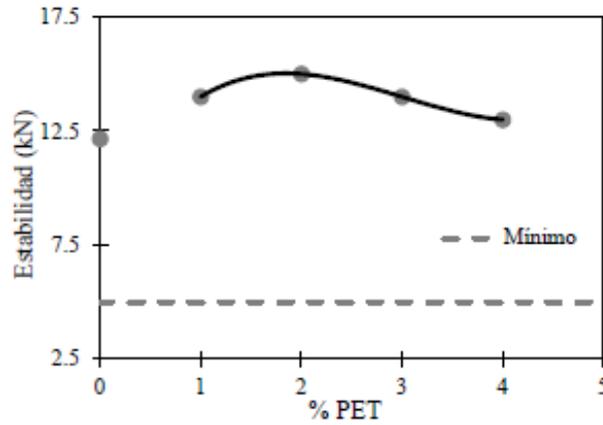
Fuente: “Mezclas asfálticas en caliente adicionando tereftalato de polietileno como agregado por el método de Marshall”

Anexo 49: Estabilidad vs % PET



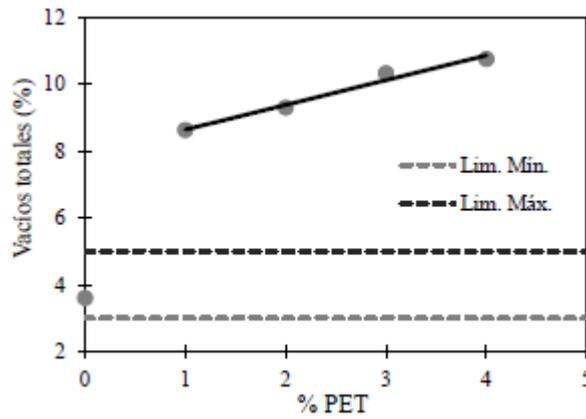
Fuente: “Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando Pet en la calle las Amapolas de la Asoc. Nueva Primavera, Santa Clara-2019”

Anexo 50: Estabilidad vs % PET



Fuente: “Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros provenientes de botellas PET recicladas”

Anexo 51: % vacíos vs % PET



Fuente: “Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros provenientes de botellas PET recicladas”

Anexo 52: Estabilidad vs %Asfalto



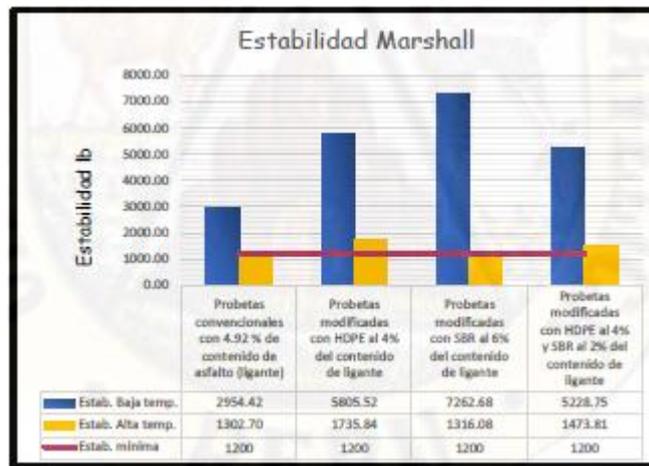
Fuente: “Análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros y tradicional para optimizar propiedades mecánicas en pavimento flexible - Lima, 2018”

Anexo 53: % vacíos vs % asfalto



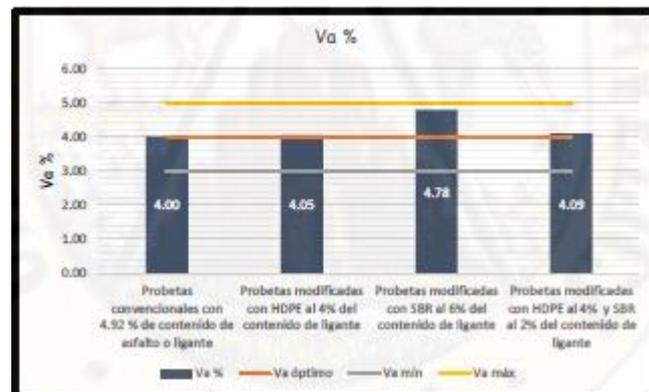
Fuente: “Análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros y tradicional para optimizar propiedades mecánicas en pavimento flexible - Lima, 2018”

Anexo 54: Estabilidad vs % HDPE



Fuente: “Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas con polímeros reciclados hdpe y sbr, para pavimentos en la ciudad de huancavelica”

Anexo 55: % de vacíos vs % de HDPE



Fuente: “Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas con polímeros reciclados hdpe y sbr, para pavimentos en la ciudad de huancavelica”

Anexo 56: Estabilidad

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN											
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO											
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL											
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES											
ENSAYO DE ESTABILIDAD DE FLUJO - MARSHAL TRANSITO LIVIANO (2, 4 Y 6 Hrs)											
AASHTO T 245 (o ASTM D1525)											
Tesis :	ESTUDIO COMPARATIVO DEL METODO CONVENCIONAL Y USO DE LOS POLÍMEROS EVA Y SBS EN LA APLICACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS*										
Asesor :	ING. NEPTUNO DAVID RIVERA SANCHEZ										
Autores :	INFANTE ATALAYA CARLOS ANDRE VASQUEZ ALARCON DEYNS HANZ										
FECHA :	27/04/2019										
RESULTADOS DE ESTABILIDAD MARSHALL											
BRQUETAS	% DE Asfalto	% DE SBS	VOLUMEN(cm3)	LECTURA FLUJO	FLUJO(mm)	Lectura de Estabilidad	ALTURA ESPECIMEN mm	FATOR DE CORRECCIÓN N	Estabilidad en Kg	Estabilidad Corregida en Kg	VERIFICACION
4.4	5.0 %	5.0 %	517.88	11	2.80	323	65.0	0.963	1114.21	973	OK
4.2	5.0 %	5.0 %	513.61	10	2.50	394	64.9	0.965	1357.66	1318	OK
4.3	5.0 %	5.0 %	915.12	9	2.35	437	64.6	0.973	1505.10	1464	OK
PROMEDIO			616.54	10.00	2.63	394.67	64.82	0.97	1305.66	1293	OK

Fuente: “Análisis del efecto de los polímeros en los asfaltos provenientes de la refinera de Talara a fin de mejorar su comportamiento para su aplicación en los pavimentos de la ciudad de Piura, departamento de Piura”

Anexo 577: Estabilidad

RELACIÓN DE ESTABILIDAD	
DISEÑO DE MEZCLA	ESTABILIDAD
Convencional	925.48
1% De Elastómero y Pet	1303.922
1.5% De Elastómero y Pet	1394.88
2% De Elastómero y Pet	1436.42

Nota: Relación de resultados de estabilidad por incremento del adiccionario.

Fuente: “Diseño de mezclas asfálticas adicionando elastómeros y PET reciclado para cargas de tránsito pesado en vías metropolitanas, Lima 2018.”

Anexo 588: Vacíos de aire

Relación de Vacíos de Aire

RELACIÓN DE VACIOS DE AIRE	
DISEÑO DE MEZCLA	VACIOS DE AIRE
Convencional	4.96
1% De Elastómero y Pet	5.76
1.5% De Elastómero y Pet	6.39
2% De Elastómero y Pet	7.96

Nota: Relación de vacíos de aire por incremento del adicionante.

Fuente: “Diseño de mezclas asfálticas adicionando elastómeros y PET reciclado para cargas de tránsito pesado en vías metropolitanas, Lima 2018.”

Anexo 599: Estabilidad

Muestra	Estabilidad (kg)	Variación
MAC convencional	905.00	
MAC modificado con PET: 1.00 %	949.00	4.86%
MAC modificado con PET: 3.00 %	487.00	-46.19%
MAC modificado con PET: 5.00 %	361.00	-60.11%
MAC modificado con PET: 7.00 %	313.00	-65.41%

Fuente: “Análisis técnico-económico de mezclas asfálticas con tereftalato de polietileno reciclado para la construcción de carreteras asfaltadas.”

Anexo 60: Estabilidad

% PLÁSTICO RECICLADO	5.0	5.5	6.0
ESTAB C/C.	1291	1346	1216

Fuente: “Influencia de los residuos plásticos reciclados al añadirlos a una mezcla asfáltica modificada en caliente, Trujillo.”

Anexo 61: Porcentaje de vacíos

% PLÁSTICO RECICLADO	5.0	5.5	6.0
VACÍOS	0.687	0.932	0.231

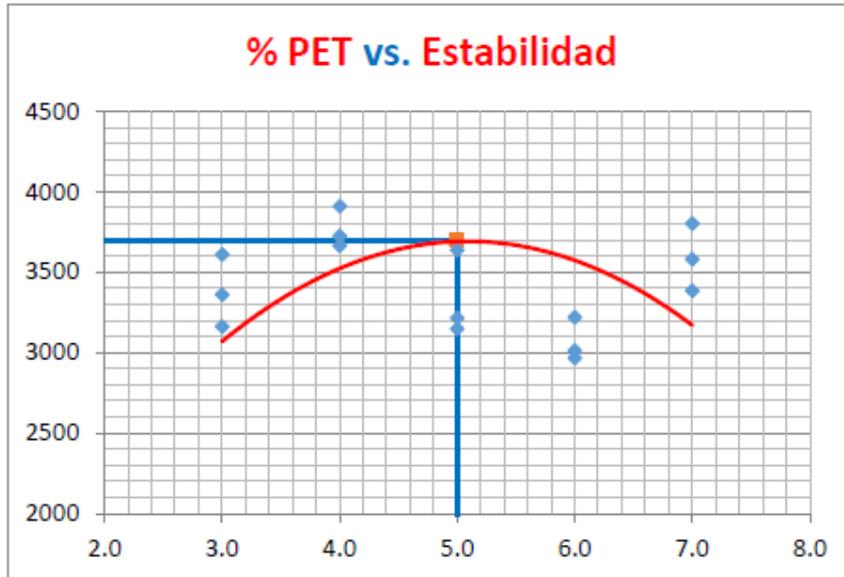
Fuente: “Influencia de los residuos plásticos reciclados al añadirlos a una mezcla asfáltica modificada en caliente, Trujillo.”

Anexo 62: Comparativa MAC y modificada

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA		
MARSHALL	CONVENCIONAL	MODIFICADO
Óptimo Contenido de C.A (%)	5.5	5.5
Estabilidad (kg)	1276	1346
Peso Unitario (kg/m ³)	2.344	2.304
Vacíos de Aire (%)	3.500	0.932
Óptimo Contenido De Plástico reciclado (%)		5.500
Flujo (mm)	3.300	2.650
V.M.A. (%)	10.000	13.300
Estabilidad/Flujo (kg/cm)	1522.310	1999.703

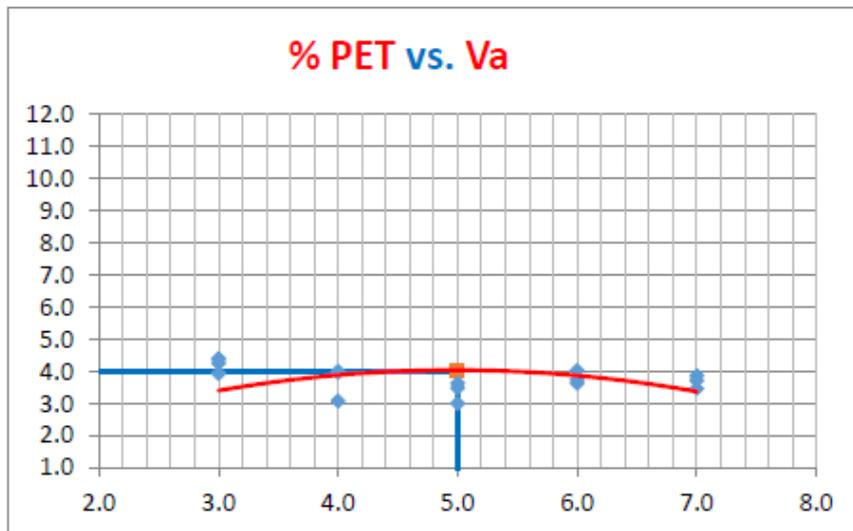
Fuente: “Influencia de los residuos plásticos reciclados al añadirlos a una mezcla asfáltica modificada en caliente, Trujillo.”

Anexo 63: %PET vs Estabilidad



Fuente: “Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, mediante la incorporación de material triturado de productos reciclados de tereftalato de polietileno (pet), utilizando los agregados de la mina del río pita en la ciudad de quito, mediante la determinación del módulo de rigidez.”

Anexo 64: %PET vs Va



Fuente: “Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, mediante la incorporación de material triturado de productos reciclados de tereftalato de polietileno (pet), utilizando los agregados de la mina del río pita en la ciudad de quito, mediante la determinación del módulo de rigidez.”

Anexo 65: Resultados

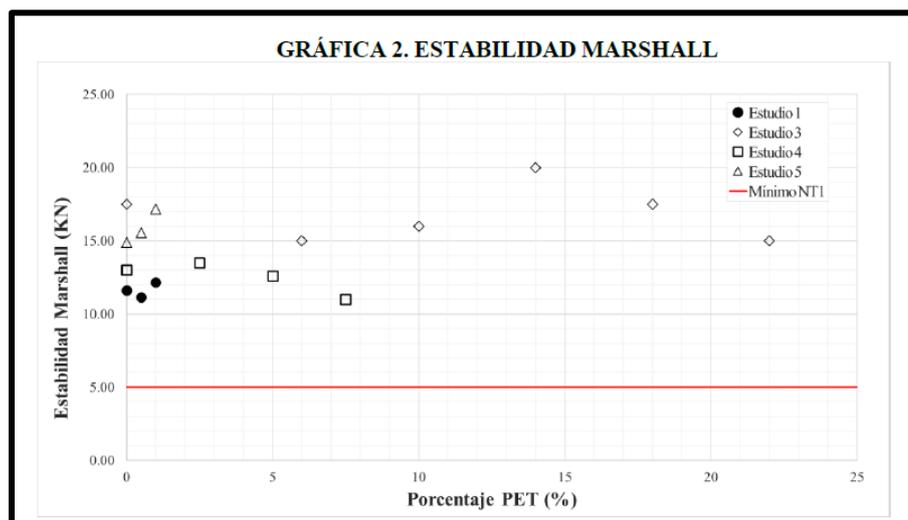
Resumen de Resultados							
% Asfalto	% PET	Bulk (gr/cm ³)	Estabilidad (Lb-fuerza)	Flujo (in/100)	Va (%)	VAM (%)	VAF (%)
7.2	5	2.390	3700	19	4.00	15.00	80.00
			Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple

Fuente: “Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, mediante la incorporación de material triturado de productos reciclados de tereftalato de polietileno (pet), utilizando los agregados de la mina del río pita en la ciudad de quito, mediante la determinación del módulo de rigidez.”

Anexo 66: Resumen de resultados

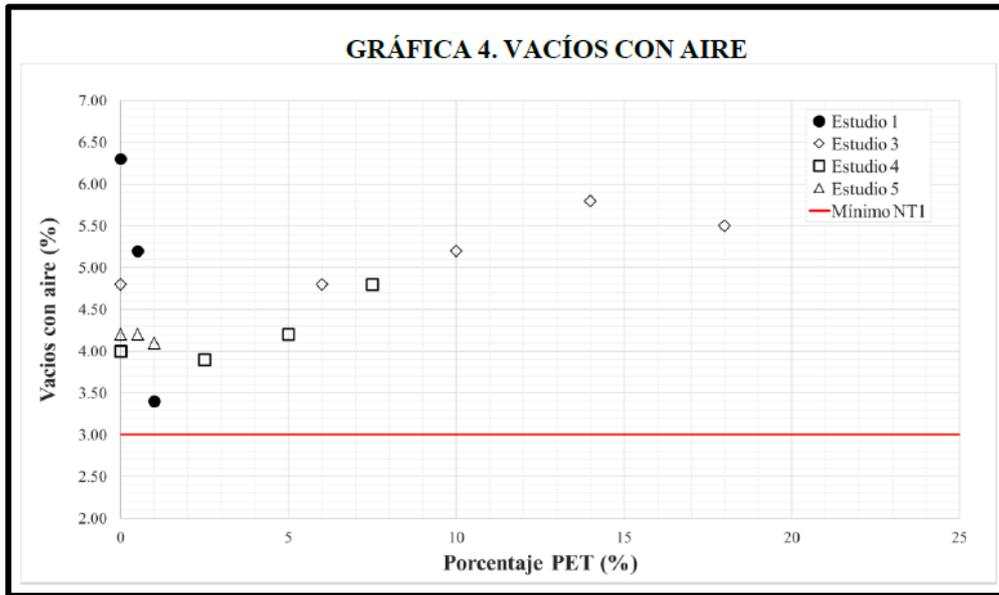
MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA						
% Asfalto	%PET	Flujo	%Vacios	Estabilidad	VAM	Densidad Bulk
0.0	0.0	17.500	4.000	2450.000	14.450	2.232
95.0	5.0	14.100	4.293	3349.870	18.048	2.142
91.0	9.0	12.920	5.000	3300.000	18.100	2.137
90.0	10.0	12.967	5.351	3142.308	18.062	2.134
85.0	15.0	13.600	6.014	3285.620	17.687	2.137
80.0	20.0	17.800	7.878	2978.665	18.203	2.116

Fuente: “Incorporación de plástico reciclado mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica en caliente utilizando agregados pétreos del cantón Guamote.”

Anexo 67: Estabilidad


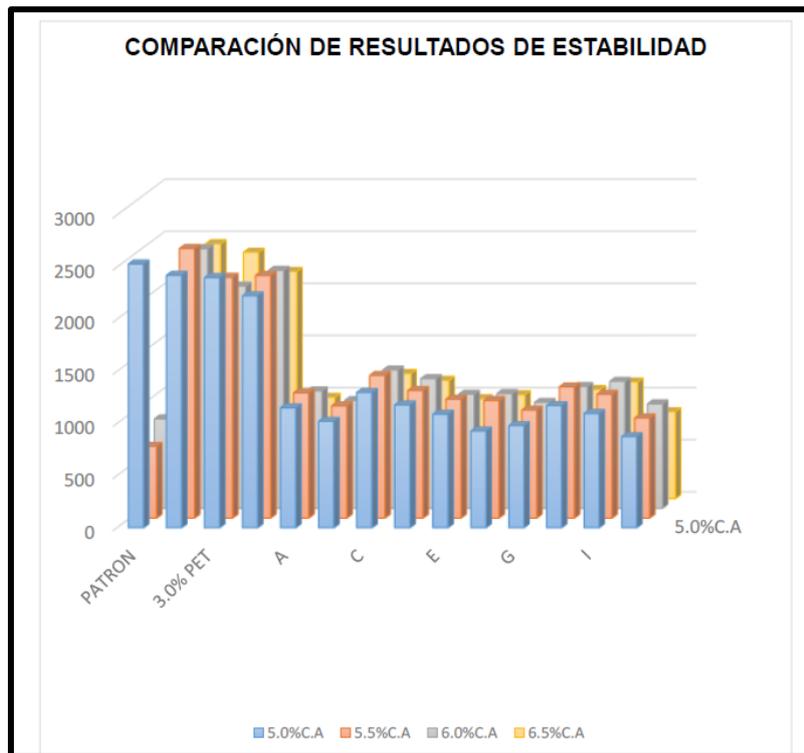
Fuente: “Aporte estructural de mezcla asfáltica en caliente con inclusión de plástico pet por vía seca a estructuras de pavimento flexible para vías de bajo tráfico según especificaciones invias”

Anexo 68: Vacíos con aire



Fuente: "Aporte estructural de mezcla asfáltica en caliente con inclusión de plástico pet por vía seca a estructuras de pavimento flexible para vías de bajo tráfico según especificaciones invias"

Anexo 69: Estabilidad



Fuente: "Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019"

Anexo 70: Porcentajes de vacíos



Fuente: “Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019”

Anexo 71: Resultados

Parámetros de diseño	Mezcla asfáltica convencional	Mezcla asfáltica con incorporación de plástico reciclado
% de cemento asfáltico reciclado	6.74	6.60
Vacios (%)	9.12	8.20
V.M.A. (%)	22.45	24.70
V.L.L.C.A. (%)	64.77	70.10
Flujo (mm)	3.71	3.88
Estabilidad (kg)	1032	1128
Índice de rigidez (kg/cm)	3120	3300

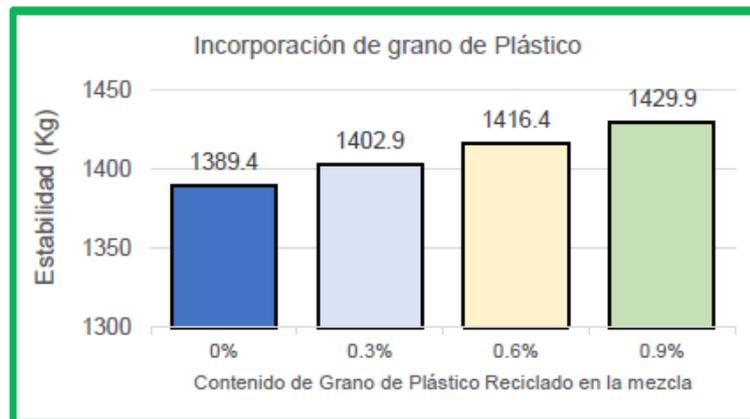
Fuente: “Diseño de pavimento flexible adecuado para carpeta asfáltica mejorada adicionando residuos plásticos reciclados, en Lomas de Carabaylo – Lima – 2020.”

Anexo 72: Resultados

C.A. en peso de la mezcla	Und.	Patrón	PET-0.75	PET-1.00	PET-1.25	Parámetros
		5.40%	5.30%	5.30%	5.00%	
Nº de golpes en cada cara de la briqueta	und	75	75	75	75	75
Peso específico máx. de la probeta (RICE)	gr/cm ³	2.372	2.353	2.349	2.336	-
Vacios	%	4.0	3.20	3.50	3.4	3-5
V.M.A. vacíos del agregado mineral	%	15.5	16.20	16.30	17.4	Min 14
Vacios llenados con C.A.	%	74.2	80.20	78.7	80.5	-
Flujo	mm	2.93	3.0	3.0	3.0	2-4
Estabilidad corregida	kg	1022	1183	1199	965	Min. 815
Estabilidad-flujo	kg/cm	3487	3988	3998	3215	1400-4000

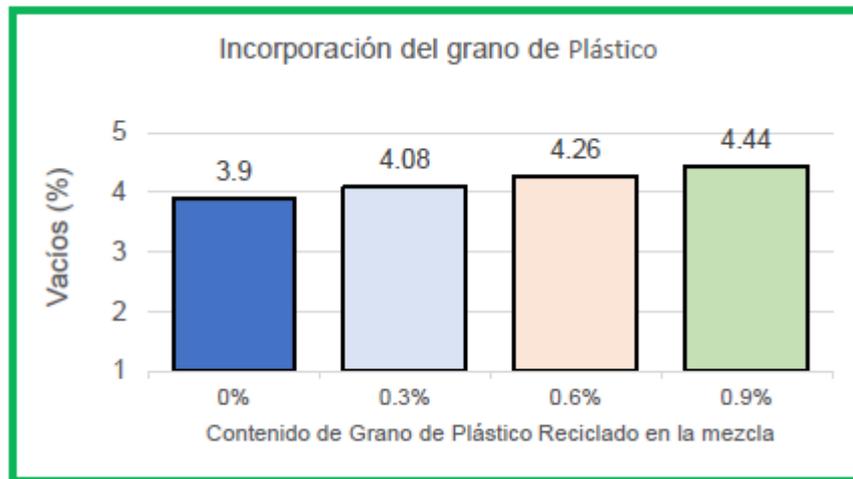
Fuente: “Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole Polietileno de Tereftalato (PET) en porcentajes de 0.75%, 1% y 1.25%, Nuevo Chimbote, Ancash-2020.”

Anexo 73: Estabilidad



Fuente: “Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019.”

Anexo 74: Vacíos



Fuente: “Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019.”

Anexo 75: Resultados

Pitillo [%]	Estabilidad [kN]	E/F [kN/mm]	Estabilidad [kN]	E/F [kN/mm]	Flujo [mm]
0.0	11.54	3.06	11.40	3.03	3.77
1.0	15.39	3.87	13.21	3.32	3.98
2.0	12.42	2.85	10.08	2.31	4.36
3.0	9.64	1.85	7.36	1.41	5.21

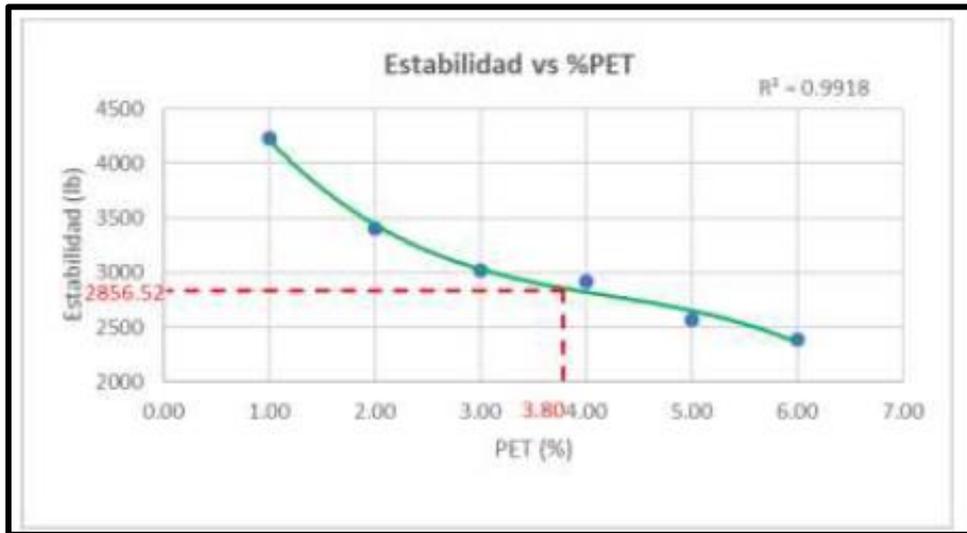
Fuente: “Estudio de una mezcla asfáltica mdc – 19 modificada con adición de polipropileno de baja densidad (pbd) por vía seca.”

Anexo 76: Resumen

Gradación INVIAS	Asfalto Optimo [%]	Tamaño PET [mm]	Adición PET [%]	Densidad bulk [g/cm ³]	Estabilidad [kg]
MSC-19	5,3	0,5 - 2,0	1,0	2,39	1367,9
Flujo [mm]	V _a [%]	VAM [%]	VFA [%]	Mód. Resil (20°C) [MPa]	V (105-120) [µm]
3,4	3,4	17,1	80,1	12251,0	1,4

Fuente: “Estudio Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo.”

Anexo 77: Estabilidad vs %PET



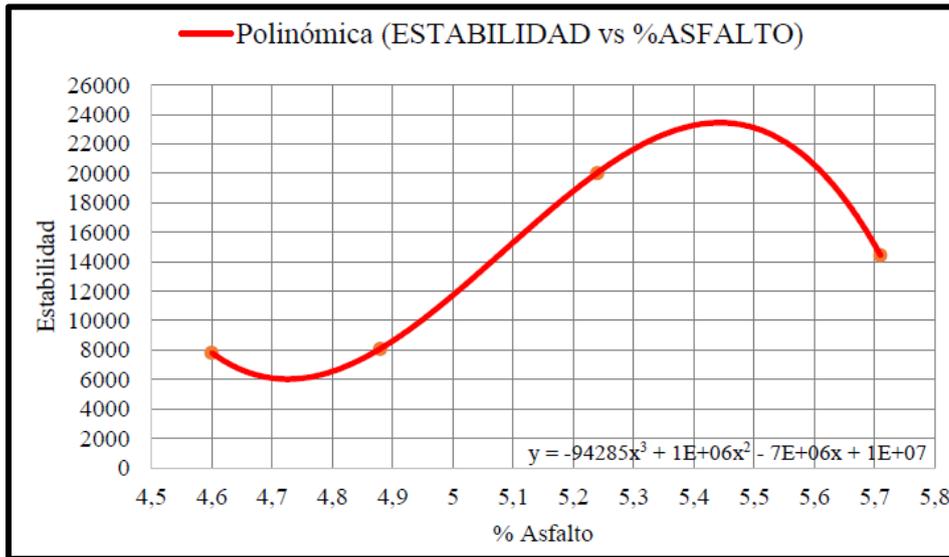
Fuente: “Incorporación de plástico reciclado vía seca en mezcla asfáltica caliente utilizando agregados pétreos del cantón Guamote.”

Anexo 78: Resultados de los ensayos

Ensayo	Óptimo porcentaje		Estabilidad (lb.)	Relación de vacíos (%)	Flujo (0.01")	Tipo de plástico
	Plástico (%)	Asfalto (%)				
Nº 1	6.70	6.00	2742.67	4.80	12.00	PET
Nº 2	6.00	5.78	3042.38	4.00	13.58	LDPE
Nº 3	1.00	5.80	3161.43	3.90	14.17	PET
Nº 4	1.63	8.65	2520.40	6.86	16.30	Otros
Nº 5	1.20	6.15	1887.81	4.85	14.70	PET
Nº 6	0.60	5.30	4474.06	2.90	16.14	PP
Nº 7	1.00	5.50	5701.15	-	18.50	PET
Nº 8	0.30	6.20	3551.65	4.00	17.32	PS
Nº 9	1.40	5.30	2799.87	4.00	12.52	PP
Nº 10	1.00	6.30	3261.52	4.10	17.32	PET
Nº 11	13.60	6.50	2750.00	4.00	22.00	PET
Nº 12	1.00	6.00	4600.00	3.00	9.00	PET
Nº 13	5.00	5.00	2747.16	3.38	19.96	PET
Nº 14	0.50	5.50	2523.57	-	15.67	PET
Nº 15	0.50	5.50	2912.59	-	15.94	HDPE
Nº 16	0.50	6.00	3425.98	6.90	11.81	HDPE
Nº 17	0.50	6.00	3818.41	6.28	16.85	PS
Nº 18	1.00	5.50	4854.58	5.09	15.75	PVC
Nº 19	0.80	6.10	2346.36	10.92	12.50	PS
Nº 20	1.00	6.00	4900.00	12.50	12.99	PS
Nº 21	0.50	5.00	2839.34	5.75	24.41	PP
Nº 22	5.00	7.20	3700.00	4.00	19.00	PET
Nº 23	5.00	6.20	2650.00	5.90	14.20	PP
Nº 24	1.00	5.00	2969.73	12.43	15.67	PP

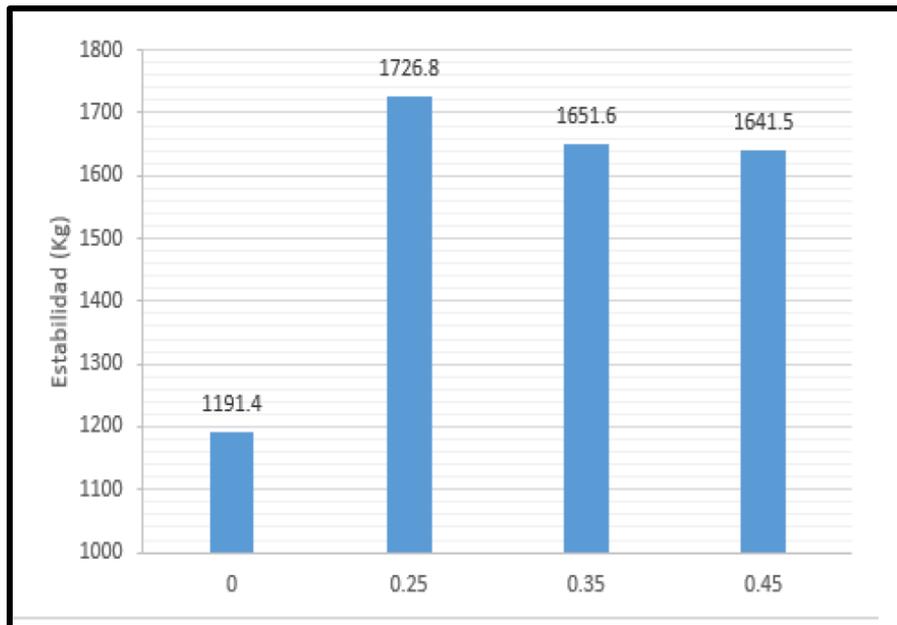
Fuente: “Influencia de los desperdicios plásticos en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas modificadas.”

Anexo 79: Valores de Estabilidad



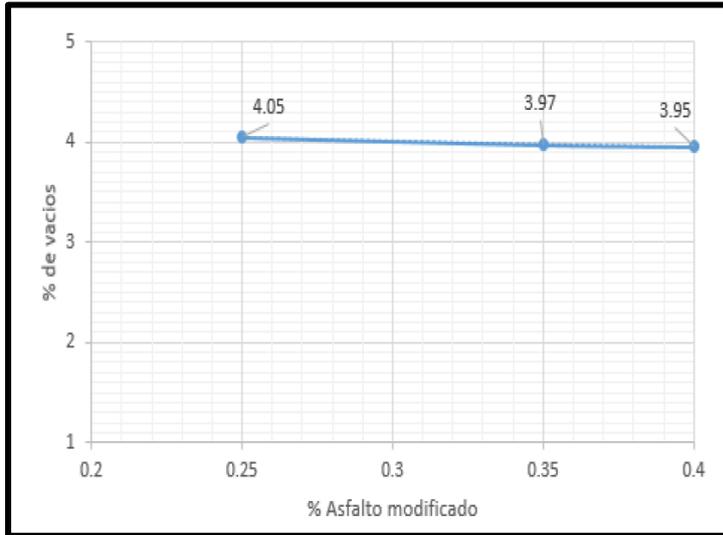
Fuente: “Viabilidad técnica de obtención de un diseño de mezcla asfáltica adicionada con 1.6% de fibra de PET, con porcentajes de asfalto entre el 4.5% y el 6%, que cumpla con la normatividad del invias.”

Anexo 80: Estabilidad



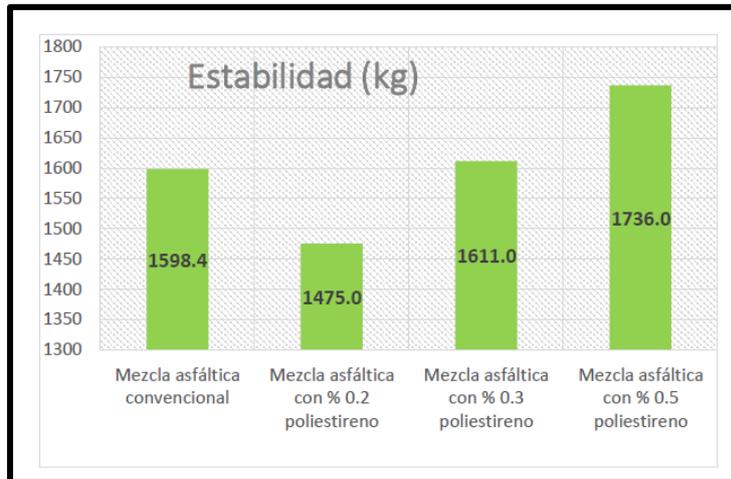
Fuente: “Incorporación del Plástico Reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la Mezcla Asfáltica en la Avenida Herbay Alto, Cañete 2020”

Anexo 81: Vacíos



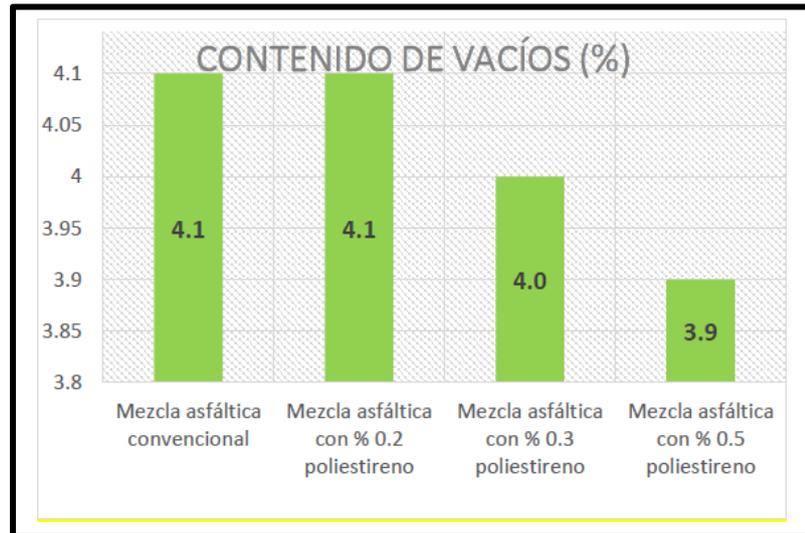
Fuente: “Incorporación del Plástico Reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la Mezcla Asfáltica en la Avenida Herbay Alto, Cañete 2020”

Anexo 82: Estabilidad



Fuente: “Influencia de la incorporación de poliestireno en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, Lima-2019.”

Anexo 83: Contenido de vacíos



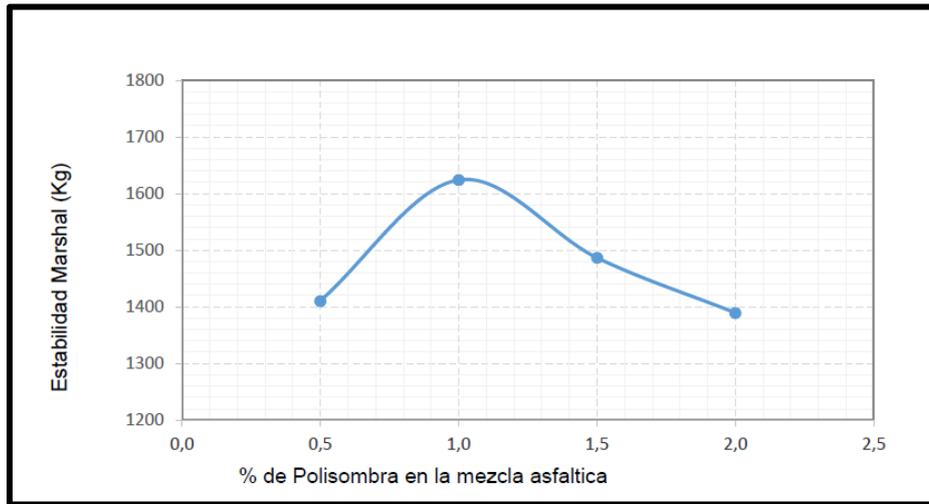
Fuente: “Influencia de la incorporación de poliestireno en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, Lima-2019.”

Anexo 84: Resumen de Resultados

% C.A.	Peso Unitario (gr/cm ³)	% de Vacíos	Estabilidad (Kg)	Flujo (mm)	VMA (%)
4,30	2,25	7.23	717.17	2.90	17.88
4,80	2,31	4.82	806.17	2.63	16.20
5,30	2,31	3.40	805.66	2.80	15.32
5,80	2,32	2.42	663.32	2.94	15.81
6,30	2,32	0.42	573.57	3,00	15.55

Fuente: “Obtención de mezclas asfálticas mediante la adición de material reciclado: poliestireno expandido.”

Anexo 85: Estabilidad



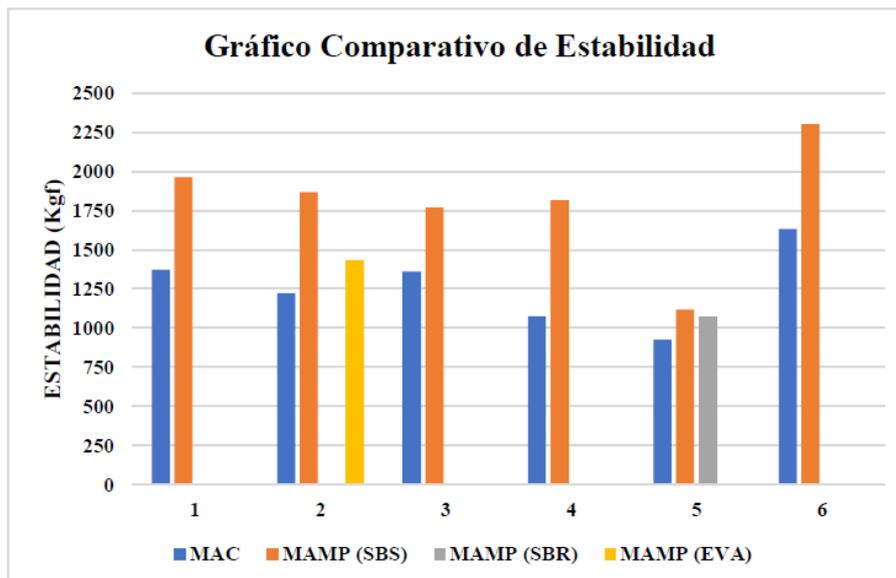
Fuente: “Análisis comparativo del comportamiento mecánico de mezclas de concreto asfáltico tipo 2 (MDC-19) con adición de polímeros.”

Anexo 86: Resultados

Propiedades del ensayo	Especificaciones para NT2	Valor para asfalto optimo 5%	Valor para 0,5% de adcion de polisombra	Valor para 1,0% de adcion de polisombra	Valor para 1,5% de adcion de polisombra	Valor para 2,0% de adcion de polisombra
Estabiliadad Marshall (Kg)	900 Minima	1112	1410,28	1623,94	1486,51	1389,21
Flujo (mm)	2 - 3,5	4,01	2,95	3,48	3,66	5,28
Rigidez marshall (Kg/mm)	300 - 600	277	478,65	466,68	406,42	262,95
Vacios totales mezcla (%)	4 - 6	8,12	5,88	7,51	10,71	12,62

Fuente: “Análisis comparativo del comportamiento mecánico de mezclas de concreto asfáltico tipo 2 (MDC-19) con adición de polímeros.”

Anexo 87: Gráfico de Estabilidad



Fuente: “Influencia de la mezcla asfáltica modificada con polímeros en zonas cálidas de Perú.”

Anexo 60: Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

AUTORES: FERNANDA ALEJANDRA BALAREZO LARRIVIERE, RICARDO TANAKA BARBOZA

TÍTULO: Análisis del uso de residuos plásticos reciclados en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>1. Problema General:</p> <p>¿Cuál es el análisis del uso de residuos plásticos reciclados en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica en el mundo, 2021?</p>	<p>1. Objetivo General:</p> <p>Analizar el uso de residuos plásticos reciclados en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica en el mundo, 2021.</p> <hr/> <p>2. Objetivos Específicos:</p> <p>O.E.1 Recolectar resultados en diferentes investigaciones sobre el uso de residuos plásticos en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica.</p> <p>O.E.2 Analizar los resultados obtenidos en diferentes investigaciones seleccionadas sobre el uso de residuos plásticos en la</p>	<p>1. Hipótesis General:</p> <p>El análisis del uso de residuos plásticos reciclados en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica nos permitirá contrastar una mejoría del 1% al 5% de dichas propiedades en el mundo, 2021.</p>	<p>V. Independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de residuos plásticos reciclados • Estabilidad 	<p>1. Tipo de Investigación</p> <p>Aplicada</p> <p>2. Diseño de la Investigación</p> <p>No experimental transversal descriptivo</p> <p>3. Nivel de Investigación</p> <p>Descriptiva</p> <p>4. Población</p> <p>Todos los estudios de mezclas asfálticas modificadas con plástico en el mundo, 2021.</p> <p>5. Técnicas de recolección de datos</p>

estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de
una mezcla asfáltica.

O.E.3 Realizar gráficos estadísticos
consecuencia de la comparación de la
estabilidad, durabilidad e impermeabilidad
de una mezcla asfáltica con uso de residuos
plásticos.

O.E.4 Determinar el porcentaje óptimo de
residuos plásticos en la estabilidad,
durabilidad e impermeabilidad de una
mezcla asfáltica.

a) Revisión documental
Recopilación de
información

- artículos científicos
- tesis

• Durabilidad

• Impermeabilidad