



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Diseño de mezcla asfáltica adicionando aceite de cocina usado**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
Bachiller en Ingeniería Civil**

**AUTORA:**

Leon Tahua, Selene Lidia ([orcid.org/0000-0002-0505-6199](https://orcid.org/0000-0002-0505-6199))

**ASESOR:**

Mg. Pinto Barrantes, Raul Antonio ([orcid.org/0000-0002-9573-0182](https://orcid.org/0000-0002-9573-0182))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**LIMA – PERÚ**

**2024**

## Declaratoria de autenticidad del asesor



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Trabajo de Investigación titulado: "Diseño de mezcla asfáltica adicionando aceite de cocina usado", cuyo autor es LEON TAHUA SELENE LIDIA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 19 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO DNI: 07732471 ORCID: 0000-0002-9573-0182	Firmado electrónicamente por: RPINTOBA el 19-07- 2024 16:14:40

Código documento Trilce: TRI - 0823261



## Declaratoria de originalidad de la autora



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, LEON TAHUA SELENE LIDIA estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado: "Diseño de mezcla asfáltica adicionando aceite de cocina usado", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
SELENE LIDIA LEON TAHUA DNI: 72783085 ORCID: 0000-0002-0505-6199	Firmado electrónicamente por: SLEONTA el 07-08- 2024 19:49:39

Código documento Trilce: TRI - 0853130

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor.....	ii
Declaratoria de originalidad de la autora.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	7
II. METODOLOGÍA.....	10
III. RESULTADOS.....	15
IV. CONCLUSIONES.....	22
REFERENCIAS.....	23
ANEXOS.....	30

## **Resumen**

El presente artículo de revisión se estudió investigaciones recientes relacionadas con la utilización del aceite en mezcla asfáltica desde el año 2020 al 2024, como adición en la mezcla asfáltica, describiendo los métodos usado y las propiedades del asfalto, así como artículos científicos en ingles donde se visualizan las pruebas y ensayos utilizados para evaluar su influencia en las propiedades del asfalto analizando los resultados obtenidos y destacando las ventajas y desventajas de la utilización del aceite al incorporar en la mezcla asfáltica. En la revisión de literatura se obtuvo como objetivo general presentar un artículo de revisión científica por lo cual se utilizó fuentes de información como Web of science, Scopus, y Science Direct. En conclusión, se aborda la necesidad de buscar una alternativa de aditivo sostenible y eficiente para la producción de la mezcla asfáltica, así como poder mejorar sus propiedades.

Palabras clave: Aceite de cocina, mezcla asfáltica, flujo, ensayo Marshall.

## **Abstract**

This review article studied recent research related to the use of oil in asphalt mixture from 2020 to 2024, as an addition to the asphalt mixture, describing the methods used and the properties of the asphalt, as well as scientific articles in English where they visualize the tests and trials used to evaluate their influence on the properties of the asphalt, analyzing the results obtained and highlighting the advantages and disadvantages of using oil when incorporating it into the asphalt mixture. In the literature review, the general objective was to present a scientific review article, which is why information sources such as Web of Science, Scopus, and Science Direct were used. In conclusion, the need to look for a sustainable and efficient additive alternative for the production of the asphalt mixture is addressed, as well as being able to improve its properties.

Keywords: Cooking oil, asphalt mixture, flow, Marshall test.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, se reconoce que la infraestructura desempeña ahora un papel crucial en el desarrollo de una nación. En Canadá, según los ingenieros, debido a que pudieron reciclar entre 500 y 300 toneladas de mezcla asfáltica reciclada y almacenarla para uso futuro, el asfalto triturado ya no se considera desperdicio. El uso de materiales reciclados ha aumentado recientemente en muchos países del mundo. Esto se debe a que cada vez más gobiernos están promulgando leyes de protección ambiental para disminuir los efectos negativos del uso de nuevos materiales y al mismo tiempo promover el uso de materiales reciclados. Los recientes avances tecnológicos en el reciclaje de agregados han facilitado enormemente su uso (Manchay, 2022, p. 14).

En este caso, el mayor problema en Colombia es el crecimiento de aceite usado, que es de aproximadamente 25 millones de galones por año, de los cuales sólo 15 millones de galones se manejan adecuadamente. La re-refinación, que implica el coprocesamiento y la reutilización de álcalis, es un ejemplo de aplicación de la tecnología (es decir, el uso de energía) para eliminar las sustancias peligrosas presentes en estos aceites. Para obtener casi el 100% de control sobre estos aceites, debe haber alternativas a su reintroducción en el ciclo de producción (Laupa, 2021, p. 9).

En Perú, un número cada vez mayor de proyectos viales se implementan utilizando pavimentos asfálticos; sin embargo, muchas calles y caminos asfaltados desarrollan grietas prematuras una vez finalizado el proceso de construcción imposibilitando los vínculos positivos entre las personas. En la ciudad de Cajamarca, el tráfico de automóviles ha aumentado un 400 por ciento desde 2007, lo que ha resultado en un aumento en el nivel de errores en las aceras de la calle. El deterioro que afecta a los pavimentos es causado por una serie de factores y requiere una evaluación para determinar las posibles causas del deterioro del estado del pavimento, como un mal diseño, mala calidad de los materiales, aumento del tráfico de vehículos o defectos de construcción (Irigoin y Campos, 2020, p. 97).

En el distrito de Puente Piedra en la zona de Copacabana se evidenció grietas y deformaciones en las vías pavimentadas en la calle 3, por ello en esta investigación se realizó el diseño de mezcla asfáltica con la adición de aceite de cocina usado como un avance en el campo de la infraestructura de transporte y sugerirle como una alternativa a la hora de construir pavimentos flexibles. De esta manera será posible impactar positivamente el componente asfáltico y también ayudará a reducir la contaminación local.

En esta investigación se planteó como problema general, ¿De qué manera influye la adición de aceite de cocina usado en la mezcla asfáltica? Así mismo, se plantea como problemas específicos, ¿De qué manera influye la adición de aceite de cocina usado en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica?, ¿De qué manera influye la adición de aceite de cocina usado en el flujo de la mezcla asfáltica?, ¿De qué manera influye la adición de aceite de cocina usado en la estabilidad de la mezcla asfáltica?

Los diversos aceites de cocina se pueden agregar a la mezcla asfáltica para mejorar su resistencia mecánica, térmica y al desgaste general. También se pueden utilizar para reparar carreteras deterioradas, devolviéndole a su estado original e ideal. Sin embargo, el uso de aceites para disminuir la acidez del betún utilizado para pavimentar las calles aumentará la durabilidad tanto del asfalto nuevo como del asfalto que se restaurará (Haibin, Fan, Zixuan, Wenbo y Xiaolong, 2021, p. 3).

Los estudios han demostrado que las mezclas asfálticas en caliente WMA son igualmente efectivas que las mezclas convencionales. Esto se puede lograr debido a su trabajabilidad superior, lo que resulta en una mejor compactación (Rubio, Martínez, Baena y Moreno, 2012, p. 84).

La presente investigación considera una justificación teórica, dado que el aceite de cocina usado es un material contaminante, se sugiere como una forma de mejorar los componentes de la mezcla asfáltica como posible aditivo para la creación de pavimentos flexibles. Es por ello que se presenta una justificación práctica, para ver



los efectos con nueva adición con el aceite de cocina en las propiedades de la mezcla asfáltica. Por otro lado, la justificación social, que permite mejorar las partes de la mezcla asfáltica que serán alteradas por una determinada cantidad de aceite, convirtiéndose en una propuesta viable. Para terminar la justificación metodológica, los resultados de esta tesis permitirán su inclusión en investigaciones posteriores, lo que será de una guía importante tanto para los procedimientos y los resultados, con la finalidad de obtener nuevos conocimientos y así poner disminuir la contaminación con aceite de cocina usado.

Se ha planteado como objetivo general, demostrar la influencia de la adición de aceite de cocina usado en la mezcla asfáltica. Así mismo, los objetivos específicos son, demostrar la influencia de la adición de aceite de cocina usado en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica; demostrar la influencia de la adición de aceite de cocina usado en el flujo de la mezcla asfáltica; demostrar la influencia de la adición de aceite de cocina usado en la estabilidad de la mezcla asfáltica.

## **II. METODOLOGÍA**

### **Criterios de inclusión**

Se establecieron criterios de selección para los artículos incluidos en este estudio, los cuales debían ser originales y encontrados en bases de datos científicas de confianza respaldadas por la universidad. Se requería que los artículos siguieran una estructura específica que incluyera introducción, metodología, resultados y discusión. La búsqueda se limitó a artículos publicados en los últimos 5 años (2020-2024) y se enfocó en aquellos que abordaban las variables de interés (aceite de cocina como variable independiente y mezcla asfáltica como variable dependiente). Se amplió el alcance de la investigación al incluir artículos y revistas científicas en inglés.

### **Recursos de información**

Se consultaron bases de datos de renombre que incluyen información académica y de investigación, así como revistas y artículos científicos, aplicando los criterios de selección mencionados anteriormente. Se revisaron un total de 50 artículos en plataformas como SCIEDIRECT, SCIELO, SCOPUS, WEB OF SCIENCE y ELSEVIER, para finalmente seleccionar 20 artículos que se alineaban con los objetivos y la justificación de la investigación en curso.

### **Búsqueda**

Considerando la información de la base de datos previa, se llevó a cabo la búsqueda de datos a través de la combinación de variables de investigación, tales como las palabras clave "aceite de cocina" y "diseño de mezcla asfáltica". Se utilizaron también términos similares como "incorporación de aceite en la mezcla asfáltica" y "adición de aceite en el asfalto", con el objetivo de mejorar la accesibilidad y disponibilidad de información relevante. Para ello, se emplearon conectores lógicos en inglés como "asphalt AND mix" y "oil AND asphalt", considerando además la antigüedad de los artículos, los cuales debían estar publicados entre los años 2020 y 2024.

## **Criterios de exclusión**

Se excluyeron de la investigación aquellos artículos que no cumplieran con la estructura necesaria para poder realizar la discusión y comparación de resultados. Los artículos seleccionados cumplieron con los criterios establecidos y contribuyeron al objetivo del estudio, también se consideró su antigüedad.

## **Selección de datos**

Se llevó a cabo un minucioso análisis de los documentos científicos escogidos para este estudio, siguiendo criterios específicos y utilizando una matriz para recopilar datos. Esta metodología permitió obtener información de alta calidad y una mayor comprensión de los temas abordados. Para determinar la identidad de cada artículo investigado, se tuvieron en cuenta su respaldo académico, lugar y fecha de publicación, especialización de los autores, diseño de la investigación, palabras clave y variables mencionadas en el título. Además, se analizaron el objetivo, la metodología, los resultados, los instrumentos de medición y las conclusiones de cada documento seleccionado.

## **Consideraciones éticas y de integridad científica**

Para poder recopilar la información de las fuentes se hizo de la biblioteca de Universidad César Vallejo, como antiplagio el turnitin. Se hizo con el cumplimiento de la norma ISO 690, para mostrar la transparencia. Se mantuvo los registros precisos y completos de la investigación, asegurándose de que los datos se recopilan y analizan de forma rigurosa y objetiva.

## Análisis

**Tabla 1. Artículos seleccionados**

Ítem	Autor	Año	País	Idioma	Base de datos	Palabras clave	Tipo de investigación
1	Velásquez, Percy Ronaldo Plasencia; Horna, Miler Ivaner Rodríguez; Vásquez, Marco Antonio Cerna; Abanto, Segundo Eloy Soto; Zare, Elmis Jonatan García	2023	Perú	Español	SCOPUS	asfalto; mariscal; contaminación; WEO	Artículo de investigación
2	Acosta Álvarez, Débora ; Valdés Castillo, Adriana; Alonso Aenlle, Anadelys	2022	Cuba	Español	SCOPUS	Residuos de Construcción y Demolición (RCD) ; Mezclas Asfálticas en Caliente (HAM) Propiedades mecánicas ; Análisis de microscopía ; Árido Reciclado (RA)	Artículo de investigación
3	Calva Herrera, Leyner Oswaldo; Muñoz Pérez, Sócrates Pedro	2022	Perú	Español	Web of Science	Mezcla asfáltica, Estabilidad y flujo, Escoria de acero, Método Marshall	Artículo de investigación
4	Oliveira, Matheus Silva; Farías, Márcio Muñiz	2022	Brasil	Ingles	Web of Science	Mezclas recicladas, Rendimiento mecánico, Aceras	Artículo de investigación
5	Michelle Münkel Jiménez, Alejandra Baldi, Jose Pablo Aguiar Moya, Ernesto Villegas Villegas, Natalia Hernández Montero	2021	Costa Rica	Español	Scielo	asfalto modificado; grado de desempeño; aceite reciclado; polímeros; SBS; RET.	Artículo de investigación
6	Chen , Dong , Shi Dong, Gu , Yan y Zhou	2022	China	ingles	Science direct	Waste oil, Rejuvenation, Modification, Aged asphalt, Rejuvenated asphalt, Aging resistance	Artículo de investigación
7	BA Salazar-Cruz a,S. Zapien-Castillo b,G. Hernández-Zamora c,JL Rivera	2021	Mexico	Español	ELSEVIER	mezcla de asfalto, Grado de rendimiento, Comportamiento reológico	Artículo de investigación

8	Peerapong Jitsangiam, Korakod Nusit, Pimpawat Teeratitayankul, Ghim Ping Ong, Chotchanit Thienchai	2023	República de Singapur	ingles	ELSEVIER	Plastic waste, Hot-mix asphalt concrete, Marshall mix design, Dry mixing, Optimum plastic waste	Artículo de investigación
9	Mohammad Javad Amirkhani, Mansour Fakhri, Abdollah Amirkhani	2023	Irán	ingles	ELSEVIER	Warm mix asphalt, Kaowax, Rutting, Moisture susceptibility, Fatigue life, Resilient modulus	Artículo de investigación
10	Muhammad Sohail Jameel, Ammad Hassan Khan, Zia ur Rehman, Mubashir Aziz, Saadia Tabassum, Abdullah Mohamed	2023	Egypt	ingles	ELSEVIER	Reclaimed asphalt pavement, Performance characteristics, Mustard oil, Asphalt mixes	Artículo de investigación
11	Vivek Pratap Wagh, Mayank Sukhija, Ankit Gupta	2023	India	ingles	ELSEVIER	Warm mix technology, Bond strength, Pneumatic adhesion test, Bond strength ratio, Moisture susceptibility	Artículo de investigación
12	Dai Xuan Lu, Marie Enfrin, Yeong Jia Boom, Filippo Giustozzi	2022	Australia	ingles	ELSEVIER	Recycled plastic, ABS, LDPE, Commingled plastic, Dry method, Wet method, Asphalt, Recycling	Artículo de investigación
13	Shiao Yan, Qiao Dong, Xueqin Chen, Changjun Zhou, Shi Dong, Xingyu Gu	2022	China	ingles	ELSEVIER	Application of waste oil in asphalt rejuvenation and modification: A comprehensive review	Artículo de investigación
14	Zaid Hazim Al-Saffar, Heja Ghazi Mohammed Hasan, Ayman A. Abdulmawjoud, Munder Bilema, Mohammad Alharthai	2023	Arabia Saudita	ingles	ELSEVIER	Tailored enhancement of reclaimed asphalt pavement with waste engine oil/vacuum residue blend as rejuvenating agent	Artículo de investigación
15	Kun Zhang, John Xiong, Cristobal Ruiz, Jinsong Zhang	2024	USA	ingles	ELSEVIER	Design and performance assessment of sustainable road pothole patching materials using waste cooking oil, plastic, and	Artículo de investigación

						reclaimed asphalt pavement	
16	Haidong Ji, Bo Li, Xiaolan Li, Jihong Han, Dahai Liu, Hui Dou, Maoyi Fu, Tengfei Yao	2024	China	ingles	ELSEVIER	Waste cooking oil as a sustainable solution for UV-aged asphalt binder: Rheological, chemical and molecular structure	Artículo de investigación
17	Zahraa Jwaida, Anmar Dulaimi, Alireza Bahrami, Md Azree Othuman Mydin, Yasin Onuralp Özkılıç, Ramadhansyah Putra Jaya, Yu Wang	2024	UK	ingles	ELSEVIER	Analytical review on potential use of waste engine oil in asphalt and pavement engineering	Artículo de investigación
18	Rayhan B. Ahmed, Kamal Hossain	2020	Canadá	ingles	ELSEVIER	Waste cooking oil as an asphalt rejuvenator: A state-of-the-art review	Artículo de investigación
19	Haibin Li, Fan Zhang, Zixuan Feng, Wenbo Li, Xiaolong Zou	2021	china	ingles	ELSEVIER	Study on waste engine oil and waste cooking oil on performance improvement of aged asphalt and application in reclaimed asphalt mixture	Artículo de investigación
20	Kezhen Yan, Yiran Li, Zhengwu Long, Lingyun You, Min Wang, Man Zhang, Aboelkasim Diab	2022	China	ingles	ELSEVIER	Mechanical behaviors of asphalt mixtures modified with European rock bitumen and waste cooking oil	Artículo de investigación

### III. RESULTADOS

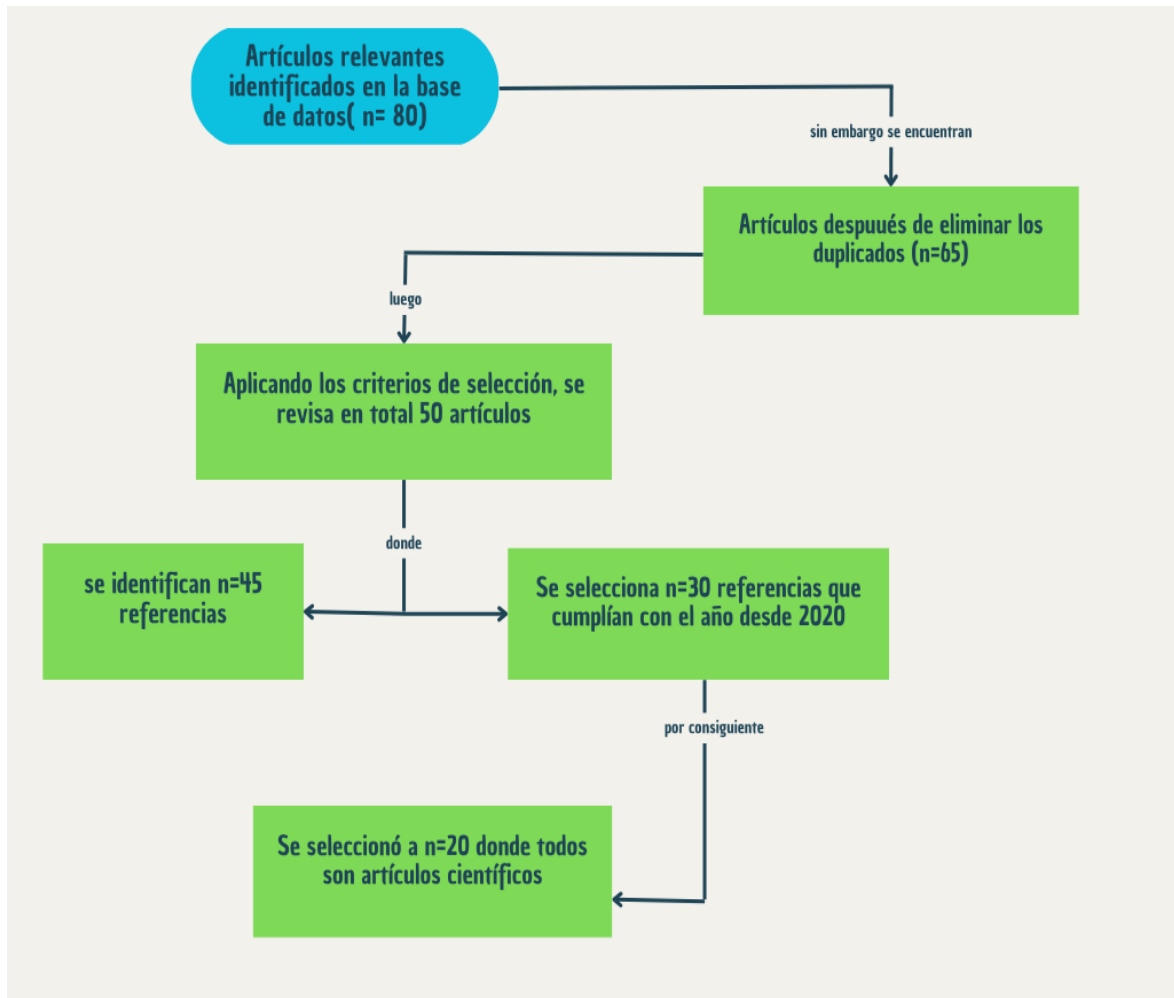
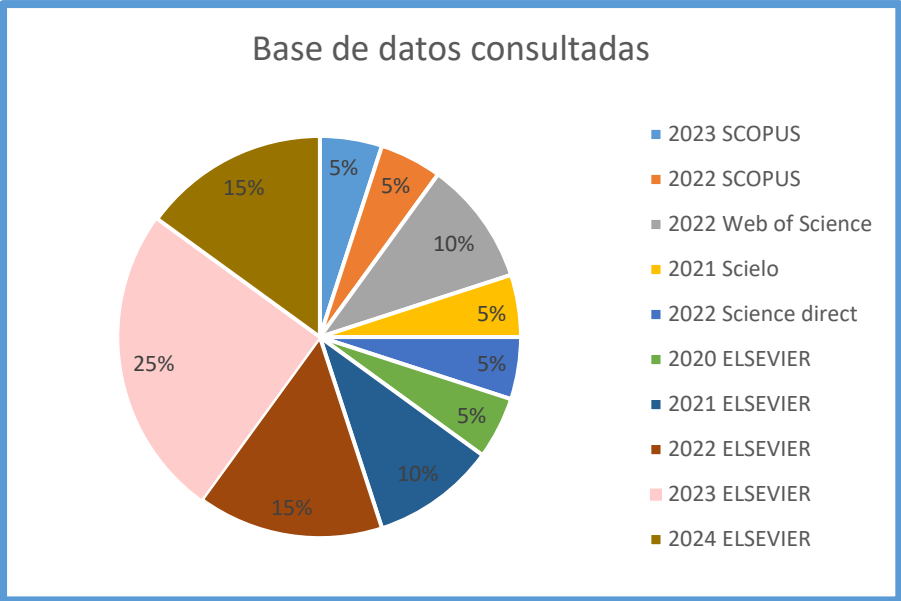


Figura 1. Diagrama de flujo de inclusión y exclusión de artículos

En la figura 1 se muestra el proceso realizado para la inclusión y exclusión de los artículos, de los cuales de sirvieron para la presente investigación, por ello se tomó un total de 80 artículos, quedando con 30 artículos que cumplen con ser mayores del año 2020, y finalmente se seleccionan 20 que son artículos que se encuentran en la presente investigación.

**Tabla 2. Artículos por base de datos y año de publicación**

Año	Base de datos
2023	SCOPUS
2022	SCOPUS
2022	Web of Science
2021	Scielo
2022	Science direct
2020	ELSEVIER
2021	ELSEVIER
2022	ELSEVIER
2023	ELSEVIER
2024	ELSEVIER



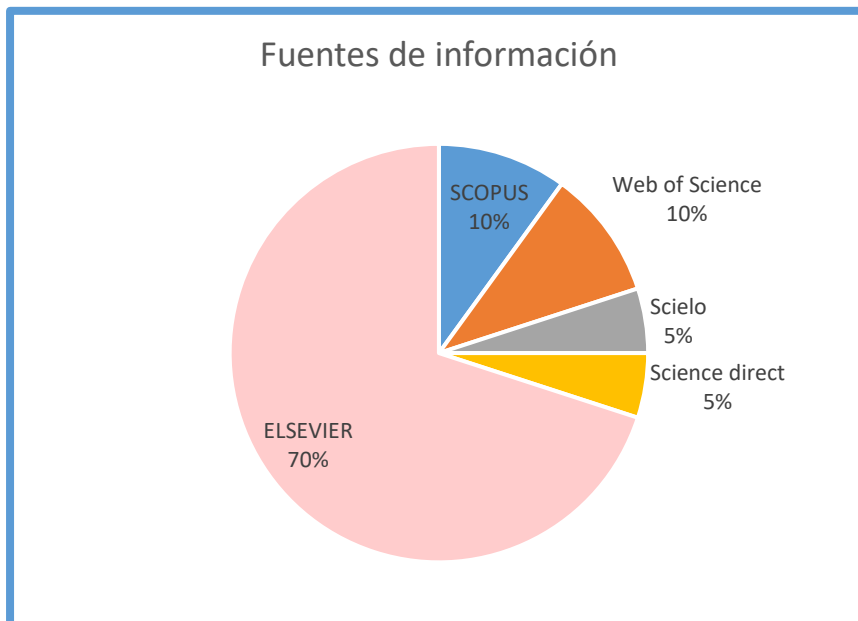
*Figura 2. Gráfico de las bases consultadas*

En la tabla 2 y figura 2 se muestran las bases de datos consultadas para los artículos, dentro de ello se muestran los años de publicaciones; se puede ver la representación en porcentajes de los cuales el 25% de la base es ELSEVIER del año 2023, y de la base de datos SCOPUS con el 15% entre el año de 2022 y 2024 del total de los artículos. Es por ello se muestra el valor del tema sobre la adición de aceite en la mezcla asfáltica en el último año.



**Tabla 3. Fuentes de información**

Ítem	Base de datos	Cantidad	Porcentaje
1	SCOPUS	2	10%
2	Web of Science	2	10%
3	Scielo	1	5%
4	Science direct	1	5%
5	ELSEVIER	14	70%

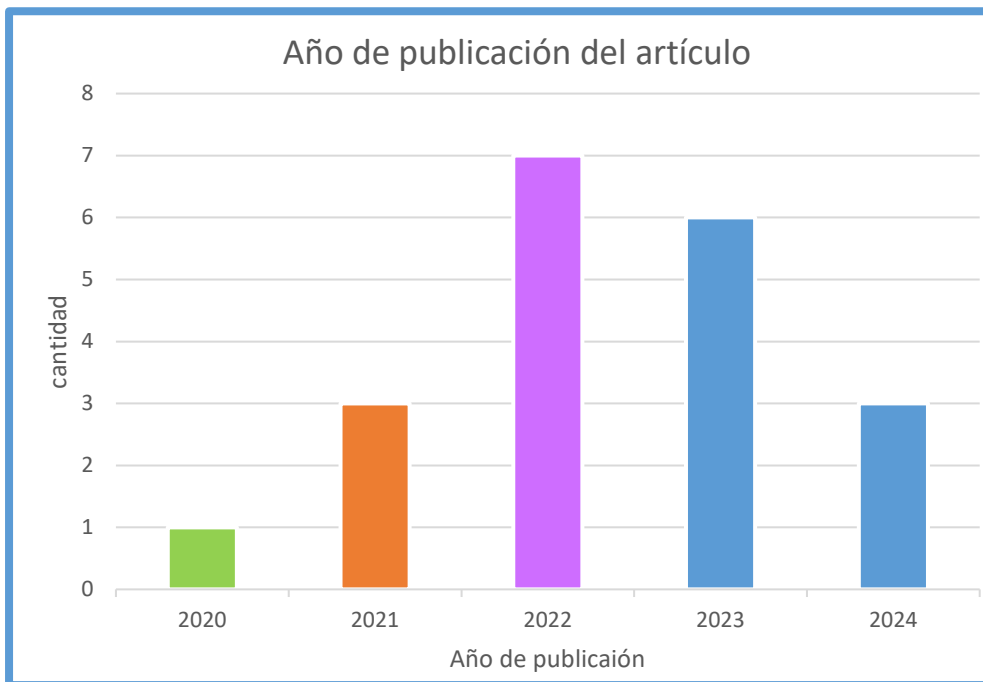


**Figura 3. Gráfico de las fuentes de información**

En la tabla 3 y figura 3, se observa la aportación en porcentajes de las aportaciones de las fuentes de información consultadas con estudios científicos para la presente investigación, dando como resultado la fuente con más cantidad de artículos es ELSEVIER con 14 artículos con el 70%, lo cual se evidenció sobre las propiedades físicas y químicas de la incorporación de aceite usado en el asfalto modificado.

**Tabla 4.** *Artículos por año de publicación*

Ítem	Año de publicación	Cantidad
1	2020	1
2	2021	3
3	2022	7
4	2023	6
5	2024	3

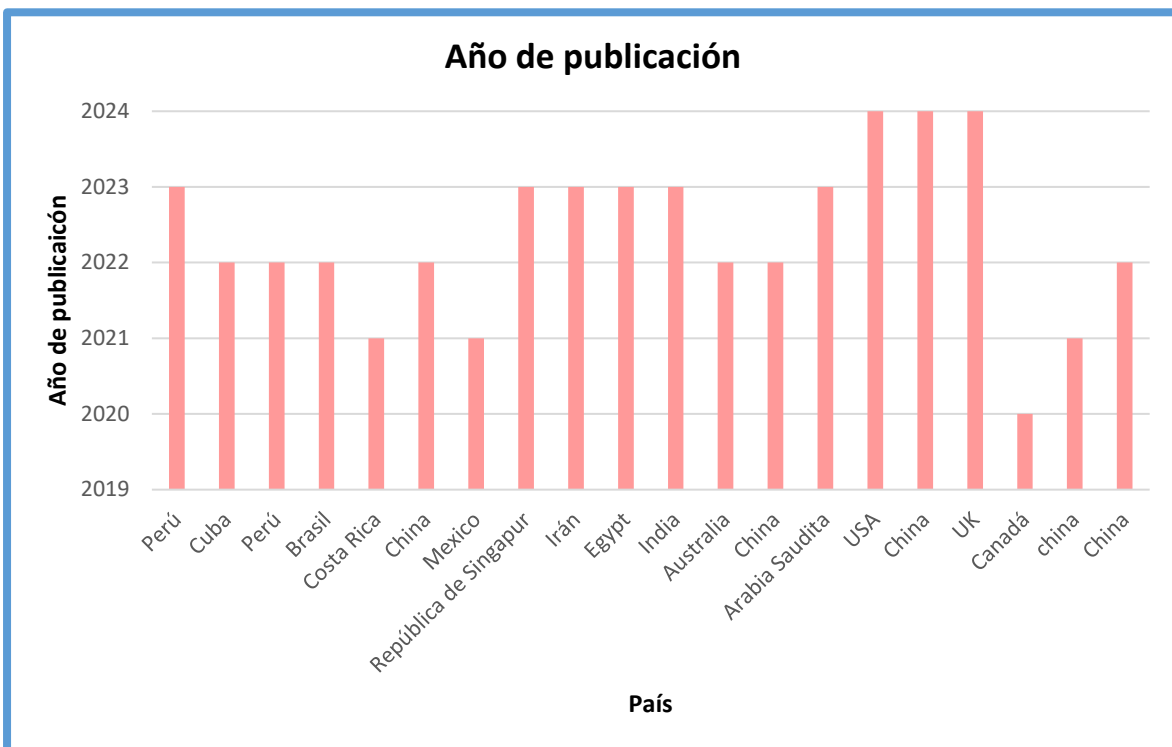


**Figura 4.** *Gráfica de artículos por año de publicación*

En la tabla 4 se muestra que existen publicaciones más destacadas en el año 2022 siguiendo el año 2023, en la figura 4 en la gráfica se puede observar que en el año 2022 y 2023 representan los años más encontrados por los artículos y que se encuentran en el rango de ser mayor de 2020; se ve un incremento lo que indica un crecimiento del tema de la reutilización del aceite en la mezcla asfáltica y que es de mayor interés para la comunidad científica, y que en el presente año 2024 sigue teniendo contribución en el campo de la ingeniería.

**Tabla 5. Artículos por país**

Ítem	País	Año de publicación
1	Perú	2023
2	Cuba	2022
3	Perú	2022
4	Brasil	2022
5	Costa Rica	2021
6	China	2022
7	Mexico	2021
8	República de Singapur	2023
9	Irán	2023
10	Egypt	2023
11	India	2023
12	Australia	2022
13	China	2022
14	Arabia Saudita	2023
15	USA	2024
16	China	2024
17	UK	2024
18	Canadá	2020
19	china	2021
20	China	2022



**Figura 5. Gráfica de artículos por país**

En la tabla 5 y figura 5 se muestra la representación de los artículos por el país y el año de publicación destacado que el tema de aceite de cocina usado en la mezcla asfáltica, lo que ha ganado interés en los diferentes países de Europa, Asia y Norteamérica desde el año 2020 y se evidencia un incremento desde el 2023; esto se debe a los beneficios ambientales y económicos que ofrece el aceite y que promueve la reutilización de los materiales y la reducción de los residuos.

Según Martínez (2021), en su investigación utilizó en la mezcla asfáltica la adición de aceite usado de motor con el 0% (muestras patrón), 1% al 2% de la incorporación de aceite, teniendo como porcentaje en el asfalto 4.5%, 5%, 5.5%, 6.0%, 6.5% y 7.0%. Tuvo como resultado que donde disminuye los porcentajes de vacíos a partir del 1% de adición del aceite en los distintos porcentajes de asfalto, es decir disminuyó su adherencia al momento de ejecutar los ensayos. Mediante la realización y posterior evaluación de los ensayos de la mezcla asfáltica, tanto convencional como modificada con aceite de motor usado, se notó que las propiedades de la mezcla variaban. En el caso de la mezcla asfáltica convencional, se determinó que el contenido óptimo de asfalto era del 6,08%, mientras que para la mezcla modificada con 1% de aceite de motor usado, el contenido óptimo de asfalto se elevaba al 6,35%. De igual manera, en la mezcla modificada con 2% de aceite de motor usado, se calculó un contenido óptimo de asfalto del 6,42%, lo que indica un aumento en el contenido de asfalto en función del porcentaje de aceite de motor usado añadido a la mezcla convencional en caliente.

Llegando a la conclusión de esta investigación que existe un incremento en los valores de vacíos en la mezcla modificada con el aceite de motor usado con el 1%, y que no existe un adecuado recubrimiento para el asfalto por lo que hubo desprendimiento de los agregados. Es por ello que esta alternativa es eficiente para poder contribuir en los problemas para el mantenimiento y construcción de las vías.

Según Ravello (2022), mediante la ejecución de pruebas y ensayos en el laboratorio, al analizar los resultados de las pruebas de laboratorio se presentan para tanto la mezcla convencional como los diferentes porcentajes de aceite quemado. En el ensayo de deformación realizado en la muestra estándar de asfalto PEN 60/70, se observó un flujo de 13,6 mm. En contraste, los porcentajes de aceite

quemado del 1,5%, 3,5% y 5,5% arrojaron flujos de 13,7 mm, 13,7 mm y 14,7 mm, respectivamente. Se pudo establecer que, la adición de aceite quemado a la mezcla asfáltica puede afectar la deformación de la misma, aumentando su fluidez en comparación con el asfalto tradicional. Aunque los porcentajes de aceite quemado probados están dentro del parámetro especificado en el manual EG-2013, se observa un aumento significativo en la fluidez a medida que se incrementa la cantidad de aceite quemado añadido. Es importante tener en cuenta que estos valores pueden no cumplir con las especificaciones del manual en ciertos niveles de adición de aceite quemado.

De esta manera se pudo concluir que añadir el aceite en 1.5%, 3.5% y 5.5% en la mezcla convencional, se evidencia un aumento en el flujo, logrando la mejora significativa a la mezcla sin adición.

En su investigación Laupa (2021), según los resultados de estudio, se emplearon diferentes porcentajes de dosificación (0%, 2%, 4% y 6%) y se obtuvieron los siguientes resultados: la estabilidad en la muestra base fue de 2280 lb. Al añadir un 2% de aceite usado, la estabilidad mejoró a 2400 lb, un aumento del 5.26%. Con una dosis del 4% de aceite usado, la estabilidad óptima alcanzó las 2650 lb, un incremento del 16.22%. Por otro lado, al utilizar un 6% de aceite usado, la estabilidad disminuyó a 2390 lb, una reducción del 4.82%. Esto sugiere que el porcentaje ideal de incorporación de aceites usados es del 4% para lograr una mayor estabilidad. A medida que se agrega más aceite, la estabilidad disminuye y alcanza 2390 lb al 6% y 2280 lb al 0% de aceite, lo que indica que la adición óptima de aceite es del 4%, que tiene mejor estabilidad y es adecuada para formulaciones que contienen mezcla asfáltica de aceite usado. requiere más precaución ya que opera más cerca de los límites máximos permitidos de la mezcla para cumplir con los parámetros de los ensayos de materiales del MTC. Se llega a la conclusión que, al utilizar aceite usado en pavimentos asfálticos, se ha determinado que la adición óptima de aceite es del 4%, lo que resulta en una mejora sustancial de 2650 lb, equivalentes a 11.79 KN, en la estabilidad, fatiga y temperatura. Permite procesar más de cinco millones de litros de aceite usado producido en el país, reduciendo así el impacto al medio ambiente.

#### **IV. CONCLUSIONES**

Al revisar los documentos de estudio que respaldan la investigación actual, que se enfoca en agregar aceite de cocina a la mezcla de asfalto, se encontró que se pudo comprobar la influencia que tiene en las propiedades de la mezcla asfáltica.

Se estableció los porcentajes de vacíos al aumentar el aceite de cocina en los porcentajes de 1.5%, 2.5% y 3.5%, de los que los porcentajes de mantienen y se encuentran en los rangos establecidos por la norma.

Al realizar el ensayo Marshall para determinar las características de las propiedades de flujo, se obtienen un flujo máximo de 16 mm con el 3.5% del aceite y esto ayuda a tener una mejora estabilidad.

Al disminuir la estabilidad de la mezcla asfáltica se logra reducir el riesgo de agrietamiento, ya que una menor estabilidad contribuye a una mejor reacción ante el fallo por deformación permanente. En conclusión, el aumento de la estabilidad de la mezcla asfáltica no solo mejora su comportamiento ante deformaciones, sino que también disminuye la probabilidad de fallas por agrietamiento.

Se sugiere realizar una búsqueda exhaustiva de artículos de investigación para obtener más contribuciones relevantes, dado que el aceite de cocina usado está siendo estudiado en países fuera de América. De esta manera, será posible comparar los resultados de los ensayos y llevar a cabo una revisión adecuada y completa.

## REFERENCIAS

AHMED, Rayhan B.; HOSSAIN, Kamal. Aceite de cocina usado como rejuvenecedor de asfalto: una revisión de los últimos avances. *Materiales de construcción y edificación* [en línea], enero 2020, vol. 230. [fecha de consulta 15 de abril 2024]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061819324274>  
ISSN 0950-0618

AL-SAFFAR, Zaid Hazim, et al. Tailored enhancement of reclaimed asphalt pavement with waste engine oil/vacuum residue blend as rejuvenating agent. *Construction and Building Materials* [en línea]. Diciembre 2023, vol. 409. [fecha de consulta 15 de abril 2024]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823036541>  
ISSN 0950-0618

Application of waste oil in asphalt rejuvenation and modification: A comprehensive review by Chen [et al]. *Construction and Building Materials* [online]. vol.340. July 18, 2022. [Consultation date: September 26, 2023]. Available in <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061822014581?via%3Dihub>  
ISSN 0950-0618

Comportamiento físico y mecánico de mezclas asfálticas en caliente que incorporan WEO por Velasquez Plasencia Percy [et al]. *Revista de ingeniería*. [en línea]. Julio 2023. [fecha de consulta 10 de abril 2024]  
Disponible en [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85172295396&origin=resultslist&sort=plf&src=s&sid=137cb98ffa3ab2a371c72e6ba7b73d03&sot=b&sdt=b&cluster\\_scolang%2C%22Spanish%22%2Ct%2Bscopubyr%2C%222023%22%2Ct&s=TITLE-ABS](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85172295396&origin=resultslist&sort=plf&src=s&sid=137cb98ffa3ab2a371c72e6ba7b73d03&sot=b&sdt=b&cluster_scolang%2C%22Spanish%22%2Ct%2Bscopubyr%2C%222023%22%2Ct&s=TITLE-ABS)

KEY%28asphalt+mix%29&sl=22&sessionSearchId=137cb98ffa3ab2a371c7  
2e6ba7b73d03&relpos=3

ISSN: 24146390

Development of a modified Marshall mix design for Hot-mix asphalt concrete mixed with recycled plastic based on dry mixing processes por Peerapong [et al]. *Construction and Building Materials*. [en línea]. Noviembre 2023, vol. 404. [fecha de consulta 10 de abril 2024].

Available in Development of a modified Marshall mix design for Hot-mix asphalt concrete mixed with recycled plastic based on dry mixing processes - ScienceDirect

ISSN 0950-0618

Efecto de polímeros y aceite de cocina en el rango de desempeño del asfalto por Aguiar Moya José [et al]. *Revista Infraestructura Vial* [en línea]. vol.23, n.o 42. Julio 2021. [Fecha de consulta: 26 de septiembre de 2023].

Disponible en  
[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S22153705202100020071&lang=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S22153705202100020071&lang=es)

ISSN: 2215-3705

Evaluation of asphalt mixes performance characteristic with mustard oil as a rejuvenator por Muhammad Sohail Jameel [et al]. *Case Studies in Construction Materials* [en línea]. July 2024, vol. 20. [fecha de consulta 10 de abril 2024].

Available in Evaluation of asphalt mixes performance characteristic with mustard oil as a rejuvenator - ScienceDirect

ISSN 2214-5095

Future recyclability of hot mix asphalt containing recycled plastics por DAI XUAN Lu [et al]. *Construction and Building Materials* [en línea]. March 2023, vol. 368. [fecha de consulta 10 de abril 2024].



Available in  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823001071>  
ISSN 0950-0618

Influencia del uso de áridos reciclados en las propiedades de las mezclas asfálticas en caliente para las condiciones de Cuba. ACOSTA, Débora, VALDÉS, Adriana y ALONSO, Anadelys. *Revista de carreteras*. [en línea]. Mayo 2022, vol. 4, n. 236. [fecha de consulta 10 de abril 2024].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85147448027&origin=resultslist&sort=plf&src=s&sid=137cb98ffa3ab2a371c72e6ba7b73d03&sot=b&sdt=b&cluster=scolang%2C%22Spanish%22%2Ct%2Bscosubjabbr%2C%22ENGI%22%2Ct%2Bscosubtype%2C%22ar%22%2Ct&s=TITLE%28ASPHALT+MIXTURE%29&sl=22&sessionSearchId=137cb98ffa3ab2a371c72e6ba7b73d03&relpos=2>

ISSN: 02126389

Investigación del comportamiento del ligante asfáltico modificado por sargazo por Salazar Cruz [et al]. *Construction and Building Materials*. [en línea]. 2021, vol. 271. [fecha de consulta 10 de abril 2024]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820338800>  
ISSN 0950-0618

IRIGOÍN, Isaías y CAMPOS, Alex. Deterioro prematuro de los pavimentos flexibles de la zona urbana de la ciudad de Chota. *Revista Ciencia Nor@ndina* [en línea]. vol.2, n.o 2. Febrero 2020. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v2n2p96>  
ISSN: 2663-6360

Jl, Haidong y cols. Aceite de cocina usado como solución sostenible para el aglutinante asfáltico envejecido por rayos UV: estructura reológica, química y molecular. *Materiales de Construcción y Edificación* [en línea], marzo 2024, vol. 420. [fecha de consulta 15 de abril 2024]. Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061824002903>  
ISSN 0950-0618

JWAIDA, Zahraa, et al. Revisión analítica sobre el uso potencial de aceite de motor usado en ingeniería de asfalto y pavimentos. *Estudios de caso en materiales de construcción* [en línea], Febrero 2024, vol. 20. [fecha de consulta 15 de abril 2024]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509524000810>  
ISSN 2214-5095

LAUPA Cárdenas, Alexander. Aplicación de aceite usado de vehículos para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica en la Av. Naranjal, Lima 2021. Tesis (Título Profesional). Lima: Universidad César Vallejo, Ingeniería y Arquitectura. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/81645>

LI, Haibin y col. Estudio sobre aceites de motor usados y aceites de cocina usados para la mejora del rendimiento del asfalto envejecido y su aplicación en mezclas asfálticas recuperadas. *Materiales de Construcción y Construcción* [en línea], marzo 2021, vol. 276. [fecha de consulta 15 de abril 2024]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820341416>  
ISSN 0950-0618

MANCHAY López, Alex. Diseño de pavimentos haciendo uso de agregados reciclados de carpetas asfálticas. Tesis (Título Profesional). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Ingeniería civil ambiental. 2022. Disponible en <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/5542>

MARTÍNEZ Herrera, Carlos. Efectos de la adición de aceite usado de motor en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente. (Título Profesional de ingeniería civil). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2021. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33093>

Mistura asfáltica quente: uma visão geral por Baena Luis [et al]. Revista de produção mais limpa [em linha]. Vol.24, 2012. [Data da consulta: 28 de setembro de 2023].

Disponível em Asfalto de mistura quente: uma visão geral - ScienceDirect  
ISSN: 0959-6526

Mohammad, Mansour and Abdollah. Evaluating the use of different fillers and Kaowax additive in warm mix asphalt mixtures. *Case Studies in Construction Materials* [en línea]. December 2023, vol. 19. [fecha de consulta 10 de abril 2024].

Available in [Evaluating the use of different fillers and Kaowax additive in warm mix asphalt mixtures - ScienceDirect](#)  
ISSN 2214-5095

MUÑOZ, Pedro y CALVA, Leyner. Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escorias de acero. *Revista infraestructura vial* [en línea]. Diciembre 2022, vol. 24. [fecha de consulta 10 de abril 2024]. Disponible en <https://www.webofscience.com/wos/scielo/full-record/SCIELO:S2215-37052022000100083> ISSN: 2215-3705

OLIVEIRA, Matheus y FARÍAS, Marcio. Hot recycled asphalt mixtures with the incorporation of milled material: analysis of the mechanical performance and economic presumption in the applicability of the technique. *Matéria*. [en línea]. 2022, vol. 24. [fecha de consulta 10 de abril 2024]. Disponible en <https://www.webofscience.com/wos/scielo/full-record/SCIELO:S1517-70762022000400217> ISSN 1517-7076

RAMÍREZ Camargo, María y SILVA Silva, Leidy. Uso del aceite residual de cocina como rejuvenecedor para el RAP proveniente del área metropolitana de Bucaramanga. Tesis (Título Profesional de ingeniería civil). Colombia: Universidad Santo Tomás, 2022. Disponible en <http://hdl.handle.net/11634/43949>

RAVELLO Atoche, Jose. Mejoramiento de propiedades de la mezcla asfáltica adicionando aceite quemado, Av. Canta callao, San Martín de Porres - Lima 2022. Tesis (Título Profesional de ingeniería civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2022. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/112861>

Study on Used Motor Oil and Used Cooking Oil on Performance Improvement of Aged Asphalt and Application in Reclaimed Asphalt Mixtures by Haibin Li [et al]. *Construction and Construction Materials* [online]. vol.276. March 22, 2021. [Consultation date: September 27, 2023]. Available in <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122138>  
ISSN: 0950-0618

VIVEK, Pratap, MAYANK, Sukhija and ANKIT, Gupta. Investigation on bonding between aggregates and asphalt binder containing warm mix additives. *Construction and Building Materials* [en línea]. December 2023, vol. 409. [fecha de consulta 10 de abril 2024].  
Available in [Investigation on bonding between aggregates and asphalt binder containing warm mix additives - ScienceDirect](#)  
ISSN 0950-0618

YAN, Kezhen, et al. Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas modificadas con betún de roca europeo y aceite de cocina usado. *Materiales de Construcción y Construcción* [en línea]. Febrero 2022, vol. 319. [fecha de consulta 15 de abril 2024]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821036424>  
ISSN 0950-0618

YAN, Shiao, et al. Aplicación de aceites usados en el rejuvenecimiento y modificación del asfalto: una revisión exhaustiva. *Materiales de Construcción y Construcción* [en línea], Julio 2022, vol. 340. [fecha de consulta 15 de abril 2024]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061822014581>  
ISSN 0950-0618

ZHANG, Kun y col. Diseño y evaluación del rendimiento de materiales sostenibles para parchar baches en carreteras utilizando aceite de cocina residual, plástico y pavimento asfáltico recuperado. *Materiales de Construcción y Edificación* [en línea], marzo 2024, vol. 429. [fecha de consulta 15 de abril 2024]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061824015678>  
ISSN 0950-0618

# ANEXOS

## Anexo 1. Reporte de similitud

