



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Uso de llantas recicladas Para las Mezclas Asfálticas
Convencionales del Pavimento de la Av. Las Casuarinas-Piura-
2020”

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO
ACADÉMICO DE BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL.**

AUTORES:

López Berru, Pierre Francisco (<https://orcid.org/0000-0003-3401-506X>)

Rodríguez López, Franco Rafael (<https://orcid.org/0000-0002-8686-4138>)

Román Arraíza, Kathya de los Ángeles (<https://orcid.org/0000-0003-0944-0603>)

Vidal Vásquez, Leonardo Mauricio (<https://orcid.org/0000-0001-8952-6014>)

ASESORA:

Dra. Figueroa Rojas, Patricia Del Valle (<https://orcid.org/0000-0002-933-690X>)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de infraestructura vial

PIURA – PERÚ

2020

Índice de contenidos	
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento	iv
Resumen	v
Abstract.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	3
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	5
IV. CONCLUSIONES	23
V. RECOMENDACIONES.....	25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
ANEXOS	35
Declaratoria de Originalidad del Autor/ Autores	35
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	37
Autorización de Publicación en Repositorio Institucional	38
Turnitin.....	39

Dedicatoria

Dedicamos esta investigación a las personas que constantemente nos brindaron su apoyo en momentos difíciles a lo largo de nuestra formación profesional, especialmente a nuestros Padres.

Dedicamos este Artículo de Revisión Literaria a Dios Todopoderoso porque ha estado con nosotros en cada momento de nuestras vidas, cuidándonos y dándonos fortalezas para seguir adelante y alcanzar nuestras metas.

Agradecimiento

Agradecemos al director de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo sede Piura, Docentes de la Facultad de Ingeniería Civil por su invaluable aporte al desarrollo de las ciencias de la ingeniería y su preocupación por motivarnos en el desarrollo de la investigación científica.

A nuestros padres que a lo largo de nuestras vidas nos han brindado su apoyo incondicional en nuestra formación.

A la Metodóloga Dra. Patricia Del Valle Figueroa Rojas, por sus indicaciones y recomendaciones, quien con su aptitud y talento nos condujeron exitosamente en el camino de la investigación.

Por último y no menos importante agradecemos a esta prestigiosa universidad la cual abrió sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para ser competitivos en el campo laboral.

Resumen

La investigación “Uso de llantas recicladas Para las Mezclas Asfálticas Convencionales del Pavimento de la Av. Las Casuarinas-Piura- 2020” tuvo por finalidad describir el uso de llantas recicladas en mezclas asfálticas convencionales en la Av. Las Casuarinas-Piura. El método de investigación aplicado se ubica dentro del enfoque cuantitativo, el tipo de estudio es descriptivo y el diseño es no experimental y transversal. La muestra de estudio fue la Av. Las Casuarinas-Piura que se encontró en un estado de deterioro total. Razón por la cual se tuvo la necesidad de estudiar el uso de llantas recicladas en las mezclas asfálticas convencionales para el pavimento, y así facilitar su uso en sistemas de pavimentación sostenible desde el punto de vista de diferentes autores. Como resultados se logró definir e identificar los componentes de una mezcla asfáltica, además se conoció los cinco procesos de transformación a materia de la llanta, también los dos métodos para su aplicación en las mezclas y los beneficios de esta. Por ende, se pudo concluir en que el uso de llantas recicladas en las mezclas convencionales pudo beneficiar a los pavimentos, ayudando en las necesidades económicas, ambientales, mantenimiento y el mejoramiento estructural en el distrito donde se ubica.

Palabras clave: LLANTAS, MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL, PAVIMENTO.

Abstract

The research "Uso de llantas recicladas Para las Mezclas Asfálticas Convencionales del Pavimento de la Av. Las Casuarinas-Piura- 2020" was intended to describe the use of recycled tires in conventional asphalt mixtures in Av. The Casuarinas-Piura. The applied research method is within the quantitative approach, the type of study is descriptive and the design is non-experimental and transverse. The study sample was Av. The Casuarinas-Piura that was found in a state of total deterioration. That is why we had the need to study the use of recycled tires in conventional asphalt mixtures for the pavement, and thus facilitate their use in sustainable paving systems from the point of view of different authors. As a result, the components of an asphalt mixture were defined and identified, and the five processes of transformation to rim matter were known, also the two methods for its application in the mixtures and the benefits of this. It was therefore concluded that the use of recycled tires in conventional mixtures could benefit pavements, assisting in economic, environmental, maintenance and structural improvement needs in the district where it is located.

Keywords: Tires, Conventional Asphalt Blend, Pavement.

I. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos la sociedad tuvo la necesidad de ir de un lugar a otro, enfrentándose así a nuevos retos de crear estructuras que permitan la intercomunicación de los pueblos, dando origen a los caminos, los cuales a través de los años han ido evolucionando e incorporándose nuevos procesos con la ayuda de la tecnología, uno de estos procesos es el uso de las llantas en las mezclas asfálticas en los pavimentos, teniendo como fin la obtención de pavimentos sostenibles, económicos, seguros y con características mejoradas.

Cabe resaltar que el uso del caucho en mezclas asfálticas, ya ha sido estudiado y aplicado tanto en Estados Unidos como en Europa; ya que en estos países existen medidas para regular el desecho de neumáticos en vertederos y al mismo tiempo crean empresas que se encargan del reciclado, en Perú se tomó la iniciativa a través del Decreto Supremo N°009-2019-MINAM el cual busca regular el uso y administración de los Residuos Sólidos (El Peruano, 2019). Además, según Martines (2015) a lo largo de los años se han construido depósitos subterráneos los cuales albergaron neumáticos desechados, este tipo de polímero ha sido tomado como materia prima para el modificación de las mezclas asfálticas; ya que de esta forma se reutilizaba el material, lo que implicaba reducir los costos y beneficia las características del pavimento.

Es por ello que nuestra realidad problemática se enfocó en la Av. Las Casuarinas, ubicada entre las calles Las Chavelas y Los Tallanes, en la parte norte de la ciudad de Piura, la cual presentó diferentes daños en la estructura de su pavimento, entre ellos se encuentran fallas, como: agrietamiento, fisuras, desprendimiento de material en la mayor parte de la avenida. Además, esto fue secundado por Castro (2019) secretaria de la JUVECO de la Urb. Los Geranios quien señaló que, aunque sea se debería rehabilitar la vía ya que lo único que hace es echar tierra para tapar los huecos, además en épocas de lluvia tiende a inundarse, ocasionando daños a la estructura, generando molestias a los vecinos y a los usuarios que transitan por ahí.

Debido a la realidad problemática, los autores Patiño, Rodríguez (2017) indicaron que el uso de llantas recicladas en el asfalto modificado presento una mejora de un 50 % más que las mezclas convencionales, por lo que concluyó que es más viable y rentable el uso de mezclas modificadas con caucho, por ello el objetivo general de este artículo de revisión literaria es dar a conocer sobre el uso de llantas recicladas para mezclas asfálticas convencionales del pavimento de la de la Av. Las Casuarinas-Piura-2020 y como objetivos específicos: Definir mezcla asfáltica y sus componentes, determinar los métodos de aplicación para la transformación de la llanta a materia prima para las mezclas asfálticas convencionales de la Av. Las Casuarinas-Piura -2020, determinar los procesos que se utilizan para añadir las llantas recicladas en las mezclas asfálticas convencionales de la Av. Las Casuarinas-Piura -2020 y dar a conocer si el uso de llantas recicladas beneficiaria a las mezclas asfálticas convencionales de la Av. Las Casuarinas-Piura- 2020 según conclusiones de autores.

Se formuló la siguiente pregunta: ¿De qué manera se puede usar las llantas recicladas para las mezclas asfálticas convencionales de la Av. Las Casuarinas-Piura-2020?, si bien es cierto en la actualidad existen diferentes condiciones, donde las mezclas asfálticas convencionales no son suficientes para lograr satisfacer las necesidades debido a que no cuentan con las propiedades adecuadas para resistir distintos factores que ponen en riesgo el tiempo de vida útil de un pavimento. Según Revista Mexicana De La Construcción (2019), una mezcla asfáltica posee componentes que proporcionan un adecuado comportamiento en el transcurso de su vida útil, por ello la variable para el estudio fue Mezclas Asfálticas Convencional.

El estudio de esta investigación se justificó teóricamente debido a que informará de una manera más amplia acerca del uso de llantas en mezclas asfálticas. Además, desde el punto de vista práctico, esta investigación busca dar solución a los diferentes problemas que presenta la Av. Las Casuarinas-Piura-2020; ya que al reutilizar llantas se disminuirá los índices de contaminación actuales y a la vez ayudaría a mejorar las características de las mezclas asfálticas, beneficiando la transitividad, comodidad y seguridad de los usuarios. Asimismo, disminuirá los gastos de operación y mantenimiento del pavimento.

II. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este artículo de revisión literaria se tuvo que definir una de las tres líneas de investigación de la carrera de ingeniería civil establecidas por la Universidad Cesar Vallejo, por ello se decidió aplicar el estudio en la línea de investigación de Diseño de Infraestructural Vial, y se definió como tema el “Uso de llantas recicladas Para las Mezclas Asfálticas Convencionales del Pavimento Av. Las Casuarinas-Piura-2020”, después se definieron los objetivos tanto el general como los específicos, de esa manera se pudo investigar en base a ellos y delimitar el tema. Por otra parte, el área de investigación de la Universidad Cesar Vallejo estableció que para el desarrollo de este artículo se tenía que consultar 41 artículos científicos relacionados con nuestra variable de estudio de los cuales 40% tenían que ser en inglés y 60% en español.

Para la recopilación de información se hizo uso de la biblioteca virtual, brindada por la Universidad donde se pudo acceder a recursos digitales los cuales cuentan con bases de datos confiables como es Scopus, EBSCO, Proquest del cual se hizo uso de 21 artículos científicos en inglés, además de ello se hizo una búsqueda exhaustiva en Google Académico donde se encontró otras bases de datos tales como Dialnet y Scielo del cual se hizo uso de 20 artículos científicos. Una vez que estos fueron encontrados se realizaron reuniones grupales de manera virtual para unir dicha información y poder tener la certeza de que se contaba con la información adecuada, suficiente y necesaria. Cada uno de los autores se tuvo que conectar mediante diferentes aplicaciones, como WhatsApp, Zoom, Meet; realizándose así debates y discusiones con respecto a toda la información recolectada.

Después se seleccionó la información que sería útil aplicando los criterios de selectividad, además de ello se procedió a redactar la introducción en prosa y sin subtítulos, tomando como primer punto la delimitación de la realidad problemática, también se justificó de manera clara y precisa el por qué se decidió realizar el artículo de revisión literaria, apoyándose en referencias actualizadas. Posterior a ello, se identificó la variable de estudio y en esa misma línea se planteó la pregunta de investigación el cual fue ¿De qué manera se puede usar las llantas recicladas en las mezclas asfálticas convencionales de la Av. Las Casuarinas-

Piura-2020?, posteriormente se plantearon los objetivos; los cuales se relacionaron directamente con la formulación de la pregunta de investigación.

Además, se justificó la variable de estudio y se hizo una breve presentación de los diferentes autores más importantes a tratar en el artículo de revisión literaria, haciendo una breve interpretación de sus investigaciones; asimismo, se redactó la metodología, como ya se había investigado algunos artículos se decidió identificar la información de mayor interés. A partir de ello se procedió al análisis de resultados de acuerdo al orden de los objetivos propuestos, donde como primer punto se realizó una explicación sistemática de los puntos de vista de los diferentes autores, además de ello se tuvo que interpretar y realizar su respectiva discusión, comparando entre sí los resultados, además de ver si tenían similitud o no.

Para redactar la discusión se incluyeron futuros temas de investigación ya que se tomó como referencia los vacíos encontrados. De esa manera se pudo realizar las conclusiones en base a los objetivos específicos, presentando la respectiva síntesis de la investigación, así como también se redactó las recomendaciones en función de las futuras investigaciones, para que se lleve de la mejor manera la implementación del caucho de llantas recicladas en las mezclas asfálticas convencionales del pavimento de la Av. Las Casuarinas-Piura-2020.

Los resultados de los autores respaldaron de manera positiva; ya que el mayor porcentaje fueron en base a los últimos cinco años, además guardaron relación con las citas utilizadas, para luego proceder con la elaboración de las referencias bibliográfica del tema de estudio donde se señaló que el usar llantas recicladas (GCR, PCR, etc.) en las mezclas asfálticas convencionales proporcionara beneficios en las características de un pavimento.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Definir mezcla asfáltica y sus componentes

Respecto a las mezclas asfálticas, Los autores Yespes (2014); y Núñez, Salguero y Vera (2020) la definieron como el producto de la derivación de la destilación del petróleo, además de ser una combinación de distintos componentes como, hidrocarburos y agregados pétreos. Por lo tanto, sus porcentajes son: 90% agregados pétreos (cemento asfáltico, emulsiones asfálticas, asfaltos líquidos), 5% de filler y 5% de ligante asfáltico (MTC ,2013).

De acuerdo a los autores Yespes (2014); y Núñez, Salguero y Vera (2020), coincidieron con lo establecido en el MTC (2013), acerca de la definición de mezclas asfálticas, la cual indicaron es el producto de la derivación de la destilación del petróleo, combinado con minerales pétreos e hidrocarburos.

Respecto a lo planteado por los autores, coincidimos con sus posturas, debido a que a que las definiciones dadas por ellos son las adecuadas; ya que esta composición de materiales son parte de la mezcla y por ende benefician a la estructura debido a las características que presentan frente a los diferentes factores que pueden afectarlas (cargas vehiculares, ambientales, químicos, etcétera). Además, los componentes como los materiales pétreos tienden a presenta características elásticas, las cuales ayudan a la dispersión de cargas en el pavimento, para que así este pueda cumplir el tiempo de vida útil para el que fue diseñado.

Uno de sus componentes principales es el cemento asfáltico, también denominado asfalto, el cual según los autores López y Miró (2015) fue el resultado del procesado del petróleo, entre sus componentes se encuentran los hidrocarburos. Este tiende a cambiar de estado según la temperatura a la que se encuentra sometido: viscoso elástico (temperaturas altas) y solido elástico (temperaturas bajas). Tiene propiedades aglomerantes e impermeabilizantes, posee durabilidad, flexibilidad, alta resistencia a ácidos y álcalis (Santos, 2014).

Además, según los autores Hofko, et al (2019) el betún fue considerado un componente esencial para la unión de una mezcla asfáltica, definiéndolo, así como un residuo petróleo utilizado en los procesos constructivos de una carretera, este componente posea una peculiar característica de variar cuando hay cambios de temperaturas, el cual puede poseer un comportamiento líquido o viscoso. Gracias a estas características el pavimento sufre un comportamiento rígido y elástico que disminuye los posibles riesgos de agrietamientos en la estructura asfáltica aumentando así el tiempo de vida útil del pavimento.

Comparando los resultados de los autores López y Miró (2015); Santos (2014); y Hofko, et al (2019) existe relación respecto a la definición y características que presenta el betún (impermeabilidad, durabilidad, flexibilidad, etcétera). Ayudando de manera positiva a la estructura del pavimento; ya que a partir de ello se espera que sus deformaciones sean elásticas y no plásticas.

Respaldamos a los autores respecto al cemento asfáltico debido a que su aplicación en las mezclas beneficia al pavimento flexible; ya que ayuda a que las cargas de tensión, compresión y fatiga, se disipen fácilmente. Además, tiene características como la consistencia, seguridad y pureza, las fallas dentro de la estructura serán mínimas, debido a que es un material viscoso-elástico ayuda a que recupere su forma después de haber sido sometido a una carga.

También Reyes, Camacho y Londoño (2013) indicó que un componente fundamental para una mezcla asfáltica son los agregados pétreos, ya que cuando son estudiados mediante ensayos se obtienen resultados que determinan que estos agregados contribuirán a que una mezcla asfáltica posea una mayor resistencia y densidad, además de ello menciona que las características de los agregados pétreos depende del tipo de cantera donde se obtienen, ya que cada una de estas posee una gran variedad de porcentajes que al mezclarse con la mezcla asfáltica mejorará de alguna u otra manera las condiciones del pavimento.

Siguiendo esa misma línea, Valdés, et al (2015) señaló que el ligante asfáltico es una mezcla de muchos compuestos orgánicos en la totalidad de hidrocarburos que cambian según su estructura y peso molecular lo cual dependerá de la temperatura que se encuentre por ser un material viscoelástico termo dependiente, además de ello en la mayoría de ligantes asfálticos existe un exceso de compuestos ácidos.

Finalmente, Muños, Movilla, Raposeiras (2015) el filler es un componente de una mezcla asfáltica, el cual proviene de cenizas y residuos de la quema, astillado de madera.

Los componentes de una mezcla se relacionan y ayudan a que esta se comporte adecuadamente, frente a los diferentes factores que pueden dañarla, según los autores Reyes, Camacho y Londoño (2013) los agregados pétreos ayudan a que la mezcla posea mayor resistencia y densidad, además Valdés, et al (2015) indicó que el ligante beneficia a la mezcla debido a que es un componente viscoelástico y Muños, Movilla, Raposeiras (2015) explicó que el filler es un residuo de la quema de madera.

Coincidimos con los autores debido a que una mezcla debe contener agregados pétreos adecuados, con un mismo contenido de asfalto puede ser resistente o no a las deformaciones plásticas en función de las propiedades del ligante asfáltico que se le añade a la mezcla. Pero para conseguir estos componentes, se explotan recursos naturales, por ello nos planteamos la incógnita de ¿Por qué no agregar llantas recicladas?; ya que estas al ser de caucho (sintético y natural) presenta características similares, no se reemplazaría, solo disminuiríamos cantidades. De esa manera beneficiaremos, no solo a la mezcla, sino que al ambiente y se ayudaría con los gastos.

Determinar los procesos de aplicación para la transformación de la llanta a materia prima para las mezclas asfálticas convencionales de la av. Las Casuarinas-Piura-2020.

Por aplicación de calor: según Castro (2007), indicó que existen diferentes procesos de transformación de la llanta, el primero es la termólisis, es un sistema en el cual los materiales fueron sometidos a un calentamiento donde no existe oxígeno. En este proceso la falta de ausencia de oxígeno destruye los enlaces químicos y entonces aparecen cadenas de hidrocarburos (metano, butano, etcétera.) En este método se obtuvo los componentes de la llanta los cuales son metales, carbones e hidrocarburos. En esa misma línea nos manifiesto que el segundo proceso es el de incineración en el cual las llantas fueron sometidas a elevadas temperaturas en un horno, donde se consiguió que los materiales orgánicos lleguen a la combustión ayudados de materiales refractarios.

Aparte de los procesos antes mencionados y en la misma línea los autores Sitepu, Rahin y Sembiring (2020) explicaron sobre la pirolisis, en este caso los neumáticos se hidrolizan en hornos que da como resultado conjunto de compuestos químicos en forma líquida o gaseosas, como combustibles y aceites que son muy valiosas para las empresas mineras y metalúrgicas y en el caso de los productos solidos se tiene como resultado el hollín, óxidos residuales, cenizas volantes.

En primer lugar, el autor Castro (2007), sostuvo que en el proceso de termólisis los materiales están sometidos a elevadas temperaturas, lo que produce el quiebre de las cadenas de enlaces químicos y aparece los hidrocarburos lo que se consigue es la obtención de los componentes de la llanta así mismo nos habla sobre el proceso de incineración en el cual las llantas estarán sometidas en un horno a altas temperaturas para poder así obtener sus materiales. Además, Sitepu, Rahin y Sembiring (2020), explicó que, a través de la pirolisis, el caucho sometido a altas temperaturas y de esa manera se obtuvo el material en estado líquido y gaseoso, este proceso no genera daños en el ambiente, pero lo que se obtuvo es usado por lo general en la industria.

Coincidimos con lo expuesto por los autores debido a que a través de la termólisis (usan químicos y fueron sometidos a altas temperaturas para la separación de materiales de la llanta), se pudo obtener la materia prima que puede ser reutilizada y en el de la incineración (no químicos, sino de una temperatura adecuada), se quema lo que no sirve y da como resultado solo el material que se puede reutilizar, dichos materiales son usados en mezclas asfálticas. Pero lo en la pirolisis se utilizó por lo general para generar energía y se usa en los procesos industriales como gas, aceite, etcétera; quizás este método no beneficie directamente a las mezclas asfálticas, pero podría beneficiar como generador de energía para maquinas que se requieren en el proceso constructivo.

Por la aplicación de métodos físicos: como lo es la trituración y moliendo Rodriguez (2016) indicó que el primer proceso para la reducción del tamaño fue el de la trituración, el cual se dio a través de una separadora magnética en la que se tuvo que romper de forma mecánica la llanta con lo cual se obtuvo la separación del acero del neumático. De manera similar se procedió con la separación de las fibras y, por último, se encuentra la trituración y molienda en el cual es el más usado por el siempre de hecho que este proceso tritura el material hasta dejarlo en grano de caucho. Los procesos secundarios para reducir las partículas fueron a temperatura ambiente, el cual contó con dos casos para seguir reduciendo el tamaño de la llanta los cuales fueron la granulación y la molienda, en ambos casos se molerán pasando a través de matices de forma controlada. Lo obtenido de este proceso se tendrá que clasificar en cortado, astillas, migas y polvo.

En esa misma línea los autores Sitepu, Rahin y Sembiring (2020) explicaron que el proceso de trituración de caucho (migas) dependió del tamaño para su uso el caucho mientras que el hacer se funde y se usa en diferentes áreas de la construcción, las llantas usadas son puestas a un calentamiento de 32MJ/KG lo que hace competitivo en comparación con otros combustibles por esta razón se pudo utilizar con éxito de un 10 a 20% de migas.

Además, según los autores Dhoska, Markja y Pramono (2019) indicaron que el tamaño de fragmentos pudo variar entre los 460 mm hasta 25 mm dentro del

rango de 100 a 200mm, pero en el caso de las virutas de neumático este varía desde 76 mm a 13m. Gracias a la tecnología de reciclaje el resto de los componentes del neumático se pueden eliminar. Al reducir más los fragmentos de caucho se puede tener caucho molido y desmenuzado que son adecuadas para las industrias.

El proceso de trituración y molienda de acuerdo a Rodriguez (2016) dió como resultado el grano de caucho reciclado (GCR), además de las fibras. En tal sentido los autores Sitepu, Rahin y Sembiring (2020) explicaron que el tamaño del GCR dependió del uso que se le pensó dar y según los autores Dhoska, Markja y Pramono (2019) indicaron que debido al uso que se le dio obtienes caucho molido y desmenuzado, de tal manera que lo que no se va a utilizar del neumático se puede eliminar. Debido a que el GCR se obtiene por lo general a través de la trituración, se debió tomar en cuenta que muchas veces este es visto como un agregado, por lo que sus dimensiones deben estar dentro de los parámetros de las mismas.

Respaldamos lo propuesto por los autores; ya que estos métodos se pueden realizar de manera tradicional, lo que implicaría una reducción de gastos de energía y obtendríamos los mismos resultados, aunque en la actualidad existen maquinas trituradoras donde se puede colocar las medidas que deseese obtener; ya que estas deben encontrarse dentro de los parámetros de los agregados, o como polvo; para de esa forma sea fácil de mezclarlo con los demás materiales y aparte como ingenieros podemos tener la seguridad de que dicho material cumple con las estándares básicos de calidad.

Determinar los métodos que se utilizan para el añadir las llantas recicladas en las mezclas asfálticas convencionales Av. Las Casuarinas-Piura -2020

Según los autores Kocak y Kutay (2017) concluyeron que existen dos métodos para unir el GCR, fibras, PGR, etc., Con la mezcla convencional; así mismo los métodos implementados son el proceso seco y húmedo. En el proceso seco se sustituye el agregado fino y en el proceso húmedo el modificador de hule y en la mezcla terminal el CMR que se obtiene al ser mezclado con el aglutinante de asfalto.

Por el método de vía seca: según Rodríguez (2016) consistió en incorporar un ligante considerando el caucho de llanta como una fracción más de agregados. Las características principales de este procedimiento fue el incremento de la viscosidad y la reducción de la plasticidad cuando la mezcla asfáltica se encuentre con una temperatura elevada, ya que esto hará que se produzcas menos ahuellamientos en los pavimentos. En ese mismo sentido los autores Martínez y et al., (2018) explicaron que el método por vía seca consiste en incorporar GCR en una mezcla asfáltica convencional como si este fuera un agregado más, y se realiza de manera tradicional.

Los diferentes autores Rodríguez (2016) y Martínez y et al., (2018), coincidieron en que el método por vía seca, se realizó de manera tradicional, en el cual se consideró al GCR como un agregado más y se tendrá en cuenta su dosificación y tamaño, según lo requiera la mezcla y lo estipule el encargado además los autores Kocak y Kutay (2017), indicaron que el GCR pudo sustituir al agregado fino, este método fue beneficioso no solo por la forma en que se llevó, sino que también genero un ahorro en gastos; ya que se realiza manualmente y sustituyó al agregados.

Estamos de acuerdo con los autores en que el método por vía seca mejora las características.

Por el método de vía húmeda: Según Martínez y et al., (2018) conllevó a la modificación del cemento asfáltico, anterior al mezclado con los agregados. Además, en esa misma línea según Botasso y Segura (2018) La vía húmeda proporcionó una idónea interacción entre fracciones malténicas y resinosas de asfalto, del resultado del proceso de humectación e hinchamiento buscado, en forma parcial, esto se debió a que la molécula de azufre de vulcanizado impide dicho proceso. Buscando así alcanzar que el caucho interactúe con el asfalto para así conseguir la modificación del mismo.

De acuerdo a los autores Martínez y et al., (2018) el proceso de vía humedad dio como resultado modificaciones positivas al asfalto, pero aclararon que esto sea antes de mezclarse con los agregados; Botasso y Segura (2018) explicaron que el proceso molecular consto de las interacciones malténicas y resinosas del asfalto; ya que el resultado de esto fue la humectación e hinchamiento parcial, e interactuaron juntos para la modificación de la mezcla; Kocak y Kutay (2017) señalaron que el en dicho proceso se agregó el modificador de hule.

Se pueden agregar por los dos métodos a las mezclas asfálticas convencionales, lo único que se debió tener en cuenta eran las dimensiones con las que contaba el material, para que de esa manera se más fácil de agregar. Además, ambos demostraron que buscan beneficiar las características de la mezcla, con la finalidad de que el pavimento cumpla con sus funciones de la manera más adecuada.

Dar a conocer si el uso de llantas recicladas beneficiaria a las mezclas asfálticas convencionales de la Av. Las Casuarinas-Piura- 2020.

Según el autor Arroyo y et al., (2018), cuando se agregó betún de caucho en la mezcla convencional, se obtuvieron beneficios en los pavimentos como durar más tiempo sin tener mantenimiento y también la reducción en materiales para su reparación, esto genero la reducción de gastos en mantenimiento; debido a que las características de la mezcla fueron reforzadas.

En esa misma línea los autores Singh y et al., (2019), señalaron que la mezcla modificada con miga de caucho reciclado (9.8%) y óxido de grafeno son compatibles, eso dio resultados óptimos; ya que en comparación con una mezcla convencional mostró un mejor rendimiento. Esto muestra que el asfalto modificado con miga de caucho mejor las características del pavimento.

Siguiendo esos lineamientos los autores Castro, Fuentes y Martínez (2015) indicaron que cuando se añade la cantidad de dos y tres por ciento de caucho a una mezcla asfáltica mediante el proceso seco, este presentara una deformación constante, en cambio cuando se estudió el proceso húmedo este tuvo una mayor homogeneidad disminuyendo así su deformación dinámica por lo tanto al aplicar caucho de llanta a una mezcla asfáltica convencional realizando el proceso húmedo las propiedades del pavimento tienden a mejorar.

De acuerdo a los autores Arroyo y et al., (2018), GG Singh y et al., (2019) así como Castro, Fuentes y Martínez (2015) Se comparó las mezclas asfálticas con caucho con una mezcla convencional, obteniendo, así como resultado que la mezcla modificada con caucho presentó mejoras en sus propiedades, como lo fue un mayor rendimiento y una buena resistencia al envejecimiento.

Acorde a lo expuesto, respaldamos los resultados de los autores; ya que las características de un pavimento cumplen una función importante en el tiempo de vida de este, pero muchas veces estos se deterioran debido a diversas causas, algunas de ellas son debido a los materiales que se usaron para su proceso constructivo, el poco o nulo mantenimiento que se le da y a factores que se encuentran fuera de nuestro alcance. Si estas no son corregidas a tiempo, pueden derivar en el deterioro absoluto de este; es por ello que se optó, por implementar llantas recicladas, el cual al utilizarlo ayudó a las características del pavimento y ayudó a la reutilización de los mismos.

Respecto a la resistencia a la Tensión: los autores Karacasu, Okur y Er (2015) demostraron que una mezcla con Granos de Caucho Reciclado (GCR) fue más resistente en comparación a una mezcla convencional; teniendo en cuenta que dicha resistencia será mucho mejor cuando el tamaño de la partícula del GCR es pequeña. Debido a ello se entiende que, al implementar el Grano del Caucho Reciclado favorece a los pavimentos ya que estos tienden a soportar las diferentes cargas, evitando las deformaciones que éstas producen.

Así mismo los autores Mardones y et al., (2018) indicaron que los Módulos de Rigidez de las mezclas que tasaron a diferentes temperaturas (15°C, 20°C y 25°C) vs densidad, generaron que las mezclas que cambiaron mostraron una mayor resistencia a tracción. Por lo tanto, se pudo entender que, al evaluar una mezcla modificada, su módulo de rigidez y su densidad van a presentar una mayor resistencia a la tracción en comparación la mezcla convencional.

De igual forma, los autores Banzal, Kumar y Bajpai (2017) demostraron que se puede preparar un pavimento ecológico utilizando el caucho sintético, que a través de pruebas de laboratorio se comprobó que este puede adquirir una mayor resistencia hasta un 50 % más de la inicial al igual que su densidad adquiere”. De acuerdo a los resultados se dedujo que la implementación del caucho a las mezclas asfálticas convencionales, aumentan la resistencia y densidad del pavimento un 50% más de lo normal.

En la misma línea, los autores Moutaz y Qahtan (2020) nos indican que la incorporación de polímeros como modificador para mezclas asfálticas dio como resultado un aumento a la resistencia de tracción, el cual se puede utilizar en condiciones de clima frío, a partir de ello se asumió que los polímeros mejoran la resistencia de los pavimentos.

Comparando los resultados, los autores Karacasu, Okur y Er (2015) señalaron que la resistencia en mezclas que se implementó el GCR, fue mayor a la de una convencional, en estudios más recientes los autores Bansal, Kumar y Bajpai (2017) coincidieron con que el uso del caucho en las mezclas asfálticas mejoró la resistencia y la densidad en un 50%, los autores Mardones y et al., (2018)

indicaron que las mezclas modificadas con caucho presentaron mayor resistencia con respecto a las mezclas vírgenes y Moutaz y Qahtan (2020) obtuvieron que la implementación de polímeros en las mezclas asfálticas aumenta la resistencia y la resistencia de tracción.

Se asumió que los resultados son positivos debido a que beneficia a las mezclas, teniendo en cuenta que la resistencia a la tensión de los pavimentos es de suma importancia; ya que de ella depende que el pavimento no sufra de roturas y provoque daños en su estructura, a causa de las cargas vehiculares.

Respecto a la viscosidad: el autor Sousa (2012) destacó dos resultados, en la primera demostró que la mezcla de caucho activado (RAR) ayudó a que la viscosidad y los contenidos de asfalto disminuyeran hasta en un 50%. En ese mismo sentido en el segundo explicó que al realizar la modificación con RAR-GAP mixes, obtuvo que el comportamiento mecánico de dicha mezcla, era mucho mejor al de las convencionales y también se vio la reducción del proceso de mezclas asfálticas en la construcción.

Comparando los resultados obtenidos por Sousa (2012) donde realizó dos implementaciones, en el primero del RAR con la mezcla, y en el segundo caso el RAR-GAP con la mezcla, podemos asumir que ambas implementaciones son beneficiosas para la mezcla; ya que en ambas se demuestra que la viscosidad mejora, esto genera que se adhiera fácilmente este ligante debido a que tienen un mayor porcentaje de asfaltenos. Además, genera que sea fácil de adherirse a las capas del pavimento. Gracias a estos adelantos tecnológicos las mezclas convencionales tendrán una mejora continua porque acondicionarle el RAR ayudarán a que el pavimento tenga un mejor comportamiento en sus propiedades mecánicas.

La viscosidad es una de las características principales de la mezcla asfáltica, es por ello que respaldamos a los autores, debido a que esta al estar en la temperatura adecuada, genera que sea la mezcla sea trabajable al momento de la colocación en el proceso constructivo, de esa forma no afecta al diseño del pavimento, además con esto se logró disminuir a la mitad de la cantidad de asfalto. Además, el que sea viscoso, ayuda en la flexibilidad del pavimento.

Respecto a la estabilización: los autores Santos y et al., (2017) obtuvieron una mejora en la estabilización de la mezcla usando un 5% de caucho reciclado en comparación de una mezcla sin alteraciones. Esta mejora ocurre por el uso de polvo en caucho; ya que este aumentó la viscosidad del asfalto lo que logra a mejora en la estabilidad. Así mismo, según los autores Bressi y et al., (2019) comprobaron que el aglutinante CRM modificara propiedades de las mezclas asfálticas como la viscosidad, ductilidad y penetración, lo que hace que la mezcla sea más trabajable. En el mismo sentido el autor Qasim (2019) demostró que el valor de penetración del aglutinante de asfalto puro y modificado, lo que demuestra que con el aumento de cantidad de modificado el valor de penetración disminuye, se observó que el efecto de goma de asfalto más blando fue significativo.

Comparando los resultados de los autores tenemos que Santos y et al., (2017) obtuvieron que la estabilización mejora al incorporarle caucho a la mezcla asfáltica de igual modo los autores Bressi y et al., (2019) demostraron que a través de realizar el ensayo de penetración la ductilidad y estabilización mejoran, de igual modo el autor Qasim (2019) demostró que la estabilidad mejora debido a la goma de caucho.

Si una mezcla es estable, esta debe ser capaz de resistir deformaciones y desplazamientos cuando el pavimento reciba diferentes cargas, de no ser así el pavimento puede llegar a presentar ondulaciones, etcétera. Por ello se debe tener en cuenta el ESAL para dicho diseño; ya que este será el tránsito esperado, ahora si los valores de estabilidad se encontraran por encima de lo establecido, este generara que el tiempo de vida útil previsto, disminuya; ya que se convertiría en un pavimento rígido. Debemos tener en cuenta que esto depende del comportamiento interno de los agregados (fricción) y de la capacidad del ligantes (cohesión). Es por ello que se respaldó a los autores; ya que el caucho y el aglutinante forman parte de la composición de la mezcla y según los resultados presentados ayudaron a la estabilidad.

Respecto a la resistencia a la fatiga: el autor Plewa (2014) a través de las pruebas de durabilidad de la fatiga en las mezclas modificadas con polvo de goma de neumático obtuvo que la máxima resistencia a la fatiga se presentó cuando se aplicó el 21% del aditivo de aglutinante modificado de caucho y asfalto, de esto se pudo entender que la resistencia a la fatiga de la mezcla asfáltica modificada era la adecuada para el pavimento, debido a que pudo soportar las cargas dinámicas cíclicas.

Además, los autores Figueroa y Fonseca (2015) señalaron al usar llanta, esta mejoró propiedades del ligante como lo es la sensibilidad térmica, la resistencia a la fatiga, la inflamabilidad y la resistencia a los diferentes solventes ya sea gaseoso, químico o sólido y que puedan caer en el pavimento, además de ello explico que el poli estireno mejoro las propiedades elásticas de la misma.

En estudios más recientes los autores Moreno, Rubio y Del Barco (2016) expresaron que el comportamiento a la fatiga de una mezcla modificada con miga de caucho reciclado (1.5%), es mejor que una mezcla convencional, esto deriva a que el tiempo de vida del pavimento modificado, sea mucho más que el de un convencional y mejorar su comportamiento el cual es similar al de las modificadas con polímero SBS. Además, la energía disipada de la mezcla modificada con miga de caucho es menor en comparación con la modificada con polímero SBS.

Comparando los resultados obtenidos por los diferentes autores y comparándolos ente si, Plewa (2014) indicó que las mezclas modificadas con polvo de goma de neumático ocasionaron que esta aumente su resistencia a la fatiga en comparación con la de las mezclas convencionales y en estudios más recientes Figueroa, Fonseca (2015) reafirma esto y mencionó que no sólo mejoró la resistencia a la fatiga, sino que también mejoró la resistencia a diferentes solventes por último Moreno, Rubio y Del Barco (2016) explico que además de mejorar su comportamiento ante la fatiga, su comportamiento y efecto era similar al del polímero SBS.

Teniendo esto en cuenta, se asumió que, al agregarle caucho reciclado a las mezclas convencionales, esta mejorara su comportamiento frente a las cargas continuas que se presentan en los pavimentos, ocasionando por ejemplo lo que es conocido como la piel de cocodrilo.

Se coincidió con los autores; debido a que el comportamiento es positivo, y es el necesario en las mezclas, lo cual beneficiará al pavimento el cual podrá soportar de mejor manera las cargas que lo afectan. Debido a que la fatiga (carga repetitiva) en un punto del pavimento puede generar fallas en el mismo es por ello que al agregar llantas o sus derivados en las mezclas asfálticas convencionales mejoran las características de las mismas. A parte son protectores de los pavimentos; ya que, si existiera un mal diseño, la permeabilidad afectaría la composición de la estructura del pavimento.

Además de ello, los autores Yung, Cordoba y Randon (2016) demostraron a través de sus resultados que al agregar 17% de GCR y agregados pétreos a la mezcla sometida a una temperatura de 170°C y a un temple de 160°C, esta puede llegar a ser más resistente a causa del deterioro por abrasión tanto en seco como húmedo, comparadas con mezclas convencionales, lo que generara que la mezcla sea más fácil de manejar y de compactar. El GCR ayudó al pavimento, debido a que su viscosidad fue alta, se asumió que el número de vacíos es mínimo, lo que genera que la permeabilidad del pavimento sea la adecuada, y al momento de que las cargas rozaron la superficie de este, no se desgastó, ni tendió a perder material.

Respaldando esos resultados, los autores Mardones y et al., (2018) indicaron que una mezcla modificada tiene un mejor comportamiento frente a las diferentes deformaciones; ya que cuando se le incorpora fibras sintéticas, el ahuellamiento tiende a disminuir de 3.94mm a 0.8mm, lo que se interpretó como que a mezcla modificada mejora las características del pavimento, en comparación a una convencional.

Así mismo los autores Bustos y et al., (2018) realizaron un análisis mecánico y dinámico en la que las mezclas modificadas fueron expuestas a una temperatura de 30° a 138°, se observó un 5% de aumento de complejidad. Como resultado se obtuvo que esta mejora el agrietamiento por fatiga. En esa misma línea incorporaron SBR al asfalto se observó que este mejoró la capacidad de resiliente de fatiga y a la ruptura. Como se puede observar los autores al hacer el análisis reológico se obtuvo que el asfalto aumenta de ductilidad con un 5% de peso dando esto como resultado una mejora en el agrietamiento cuando se es expuesto a bajas temperaturas además la modificación del asfalto mejoró el agrietamiento a bajas temperaturas y una reducción de susceptibilidad térmica.

Los resultados obtenidos por los autores Yung, Cordoba y Randon (2016), así como por Mardones y et al., (2018) y también por Bustos y et al., (2018) coincidieron en que al usar GCR, fibras del caucho o algunos de los materiales obtenidos en los procesos de conversión junto a las mezclas, esta va a mejorar su comportamiento frente a las diferentes deformaciones que se presentan en el pavimento como lo es el ahuellamiento.

Debido a las cargas repetitivas que sufre el pavimento, es importante que la mezcla sea resistente a la fatiga; ya que de no serlo este podría generar diversas fallas en la carpeta asfáltica. Lo que implicaría en un riesgo para la transitabilidad vehicular, volviendo inseguro, además generaría que no solo se deteriore el punto donde la carga es repetitiva, sino que a la larga genera daños en toda la estructura del pavimento, ocasionando gastos extras ya sea de reparación o construcción o que la vía quede inservible y se tenga que realizar la construcción de un nuevo pavimento, por ello el diseño de la mezcla es importante.

Respecto a la Impermeabilidad: los autores Guerreo, Campaña y Galeas (2015) obtuvieron que la densidad de bulk tuvo casi el mismo valor que la mezcla convencional, el cual contiene 10 % de polvo de caucho y difirieron en un 4.37%. Respecto al valor de gravedad específica, el que más se aproxima la mezcla convencional es del modificado con 15%, lo que indicó que la cantidad de vacíos era mínima.

Respaldando lo antes dicho, los autores Cando y et al., (2019) señalaron que al agregar 3/4 de residuo de caucho a una mezcla asfáltica, esto dio como resultado que la densidad Bulk fuera 2,11 (gr/cm³) y para ese mismo porcentaje se logró una estabilidad de 3249 (lbf) (...). Además, los vacíos (Va) dentro la mezcla asfáltica modificada disminuyó. Lo que significó que su permeabilidad fue menor y por ende el pavimento obtuvo una mayor durabilidad, además de cumplir con parámetros establecidos.

Comparando los resultados de los autores Guerreo, Campaña y Galeas (2015) con Cando y et al., (2019), coincidieron en que la densidad de bulk se encontraba dentro de los parámetros, señalando así que la proporción de vacíos a través del ensayo de Marshall es de (3%-5%) obteniendo el grado de compactación de las mismas y nos muestra que beneficiara a la permeabilidad y al pavimento en sí; ya que al ser los valores bajos, el pavimento no perdió sus materiales y por ende no hubieron fallas respecto a la permeabilidad.

De acuerdo a lo expuesto, respaldamos a los autores; ya que la permeabilidad fue menor y por ende el pavimento obtuvo una mayor durabilidad, además de cumplir con los parámetros establecidos respecto al porcentaje de vacíos. Además de lo antes expuesto, asumimos que la permeabilidad y la poca cantidad de vacíos en las mezclas modificadas, son indicadores de que esta es favorable para el pavimento debido a que la posibilidad de que existan desgaste o que el material se desprenda por pase de agua a la estructura, es mínima.

Respecto a la flexión: los autores Lenoir, Preteseille y Ricordel (2016) determinaron que la resistencia a la flexión aumenta debido a la adición de fibras y se dieron debido a las variaciones de la fatiga en las mezclas modificadas. Se tomó en cuenta que la adición de 0.3% mejora el rendimiento mecánico de la fatiga del suelo estabilizado al mismo tiempo que mejora la homogeneidad del material y redujo a la fatiga. Así mismo los autores Carrion, Subhy y Lo presti (2020) explicaron que cuando se incorpora caucho de llanta a un pavimento, la relación rigidez y visco elasticidad se mantienen incluyendo la capacidad de resistir la deformación a las grandes temperaturas, así como también mantiene una excelente flexibilidad.

Comparando los resultados de los autores Lenoir, Preteseille y Ricordel (2016) comprobaron que al agregar fibras de neumático a la mezcla, este aumento su resistencia a la flexión, así como Carrion, Subhy y Lo presti (2020) obtuvieron que la relación rigidez y visco elasticidad mejoró, por ende, se asumió que la incorporación de caucho en la mezcla mejoro la estabilidad de la misma, respecto a los factores ambientales podemos decir que los resultados de los autores fueron positivos y concuerdan en que la incorporación del caucho en las mezclas para pavimentos beneficiara a la resistencia a la fatiga y flexibilidad.

La resistencia a la flexión es una propiedad importante en las mezclas asfálticas debido a que esta ayuda a que las fuerzas de tracción no deformen el pavimento, además al agregarle las fibras de neumático le dio un plus, aunque sea mínimo.

Preguntas Emergentes a Partir del Tema de Investigación

Como consecuencia de los resultados publicados por los diferentes autores en esta investigación, surgieron diferentes preguntas las cuales se espera se le dé solución en un futuro. Por ejemplo, tenemos que en la investigación no existe una norma establecida de acerca del reciclado de llantas, además se observó la ausencia de algún manual de procesos para incluir dicho material en las mezclas asfálticas en nuestro país, como lo es el caso de la Norma Técnica CE.010 de pavimentos urbanos que nos indica los parámetros para la construcción de los mismos.

Es por ello que planteamos las siguientes interrogantes ¿Una norma en la legislación peruana respecto a la implementación del caucho reciclado de llanta beneficiaría la estructura de los pavimentos? ¿Se podrá implementar las llantas recicladas del Pavimento de la Av. Las Casuarinas-Piura- 2020?

IV. CONCLUSIONES

- Las mezclas asfálticas están compuestas por 90% de agregados pétreos, 5% de filler y 5% de ligante asfáltico. El cemento asfáltico es el resultado del procesamiento del petróleo, entre sus componentes se encuentran los hidrocarburos, teniendo entre sus características durabilidad, flexibilidad, alta resistencia a ácidos y álcalis, además el filler es un residuo de la quema de madera, por último, el ligante asfáltico es una mezcla de muchos compuestos orgánicos en la totalidad de hidrocarburos que cambian según su estructura y peso molecular.
- Existen cinco procesos de transformación de la llanta para combinarlas en las mezclas asfálticas, entre los cuales se fundamentaron la termólisis la cual consiste en la alteración de la llanta, que al ser expuesta a temperaturas elevadas presentara una separación de sus componentes. Además, tenemos a la incineración que consiste en la calcinación completa del neumático, la trituración y molienda que consiste en la reducción de su tamaño de manera tradicional convirtiéndola en partículas que pueden ser añadidas como agregados en las mezclas y la pirolisis que dio como resultado un conjunto de compuestos químicos en forma líquida, gaseosa y sólida los cuales son usados en su mayoría en la industria como generadores de energía.
- Existen dos métodos para la adición del caucho sintético con las mezclas asfálticas convencionales, el cual el primer método es por la vía seca que consiste en reemplazar los agregados por Grano de caucho reciclado, mientras que por el proceso de vía húmeda el caucho se combina con la mezcla convencional antes de unirlo con el agregado; pero ambos procesos contribuyen a que un pavimento mejore las condiciones de vida útil.
- Al usar el caucho de llantas reciclado en mezclas asfálticas convencionales, este tiende a beneficiar a sus características, como en el caso de la resistencia a la tensión donde se demostró que al usar partículas pequeñas de GCR genera un mayor soporte frente a las diferentes cargas, evitando así la deformación del pavimento.

Así mismo la viscosidad proporciona una mejor trabajabilidad, logrando así reducir la cantidad mezclas asfáltica en el proceso constructivo de un pavimento. Finalmente, cuando a la fatiga y flexión se le adiciono fibra de neumático presento una mayor homogeneidad de la mezcla, trayendo consigo la reducción de esta. Beneficiando en su totalidad a las características de las mezclas, las cuales tienen como objetivo que la estructura del pavimento cumpla las funciones de mitigar, transportar las cargas a las diferentes capas de su estructura, obteniendo que el pavimento cumpla su tiempo de vida útil para el que fue diseñado.

V. RECOMENDACIONES

- Cuando se desee modificar las mezclas convencionales se debe conocer los elementos que la componen; ya que estos pueden variar en cantidades, canteras o yacimientos donde provienen, además se debe tener cuenta el uso para la que ha sido diseñada y obtener los mayores beneficios posibles.
- Para realizar la adecuada elección de los métodos de aplicación para cualquier proceso de transformación del caucho de llanta a materia prima, se deberá tener en cuenta el uso que se le piensa dar; y así saber si necesitamos GCR, fibra, polvo, etc.; ya que cada uno de estos contienen diferentes técnicas, además aprovecharemos los recursos materiales como económicos.
- Para aplicar el método seco o húmedo es recomendable saber las características que se obtendrán al combinar caucho de llanta con otro agregado, ya que estos tienen diferentes procesos, pero a la vez contribuyen a que un pavimento mejore sus propiedades en general.
- Si en un futuro se deseara implementar el uso de las llantas de caucho reciclado en las mezclas para el Pavimento de la Av. Las Casuarinas – Piura-2020, se deberá tener en cuenta el ESAL actualizado y de esta forma al modificar la mezcla esta contenga los porcentajes adecuados de acuerdo al espesor de su carpeta asfáltica y así de esa manera pueda beneficiar de manera adecuada a las características de la misma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARROYO, P. HERRERA, R. SALAZAR, L. GIMENEZ. MARTINEZ, J. CALAHORRA, M. A new approach for integrating environmental, social and economic factors to evaluate asphalt mixtures with and without waste tires [En línea]. Noviembre 2018, Vol.33, n. °3.301-314 [Fecha de consulta:18 de mayo de 2020].
Disponible en
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071850732018000300301&lng=en&nrm=iso&tlng=en
DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000300301>
2. ASMAEL, Noor Moutaz. WAHEED, Mohanned. Investigation of using polymers to improved Asphalt Pavement Performance. [En línea]. Enero del 2018, Vol.39, n. °1.38-48 [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020].
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/322436508_Investigation_of_Using_Polymers_to_Improve_Asphalt_Pavement_Performance
ISSN (Online) 2313-4402
3. BANSAL, Shubham. MISRA, Anil. BAJPAI, Purnima. Evaluation of modified bituminous concrete mix developed using rubber and plastic waste materials. [En línea]. Julio del 2017, Vol.6, n°.2.442-448 [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020]
Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609017301115?via%3Dihub>
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.07.009>
4. BARCO, Ana. SUBHY, Ayad. LO PRESTI, Davide. ISQUIERDO, Maria. Optimisation of liquid rubber modified bitumen for road pavements and roofing applications [En línea]. Julio del 2020, Vol.249, p.118630 [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020].
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/340846908_Optimisation_of_liquid_rubber_modified_bitumen_for_road_pavements_and_roofing_applications

DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.118630

5. BOTASSO, Gerardo. SEGURA, Adrián. Estudio experimental de micro aglomerado asfáltico antiderrapante modificado con NFU [En línea]. Agosto 2013, n. °14.36-44 [Fecha de consulta:18 de mayo de 2020].

Disponible en:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132013000200003

DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132013000200003>

6. BRESSI, Sara. FIORENTINI, Nicholas. HUANG, Jiandong. LOSA, Massimo. Crumb Rubber Modifier in Road Asphalt Pavements: State of the Art and Statistics. [En línea]. Junio del 2009, Vol.9, n. °6. pag 384 [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020]

Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-6412/9/6/384>.

DOI: <https://doi.org/10.3390/coatings9060384>

7. BUSTOS, Henry. SOSA, Pedro. RODRIGUEZ, Nelson. CLADERON, Jeimy. Fundamentos micro y macroscópicos de la modificación del asfalto convencional con polímeros: una revisión [En línea]. 2 de abril del 2018, Vol.13.nº 24.58-77 [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020]

Disponible en:

<https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/1686>

DOI: <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.13.24.2018.58-77>

8. CANDO, Wilson. BONILLA, Patricio. YANEZ, Gustavo. BUCHELI, Jorge. MUÑOS, Adriana. ORQUERA, Mari. FERNÁNDEZ, Lenys. ESPINOZA, Patricio. Effect of incorporation by dry procedure of rubber residue obtained after removal of an airport runway in asphalt AC-20 [En línea]. 20 de diciembre del 2020, Vol.43, nº.1.3-11 [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020].

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/338400946_Effect_of_incorporation_by_dry_procedure_of_rubber_residue_obtained_after_removal_of_an_airport_runway_in_asphalt_AC-20

9. CASTRO, Guillermo. Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A [En línea]. Febrero 2007 [Fecha de consulta:18 de mayo de 2020].
Disponible en:
<https://www.pdfFiller.com/100984518-Acerospdf-DEPARTAMENTO-DE-INGENIERIA->
10. CASTRO, Andrea. FUENTES, Luis. MARTINES, Gilberto. Efecto de la adición del polvo de llantas desechadas en mezclas asfálticas en frío con el 100% de agregados reciclados [En línea]. Abril 2016, 6ta edición [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2020].
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/310316410_Efecto_de_la_adicion_del_polvo_de_llantas_desechadas_en_mezclas_asfalticas_en_frio_con_el100_de_agregados_reciclados
11. Decreto supremo N° 009-2019-M Diario oficial El peruano, Lima, Peru,7 de noviembre del 2019.
12. DHOSKA, K. MARKJA, Yo. PRAMONO, Un. Análisis de betún modificado con caucho reciclado en Albania para la calidad de la construcción de carreteras [En línea]. Agosto 2019, Vol.673. N. °1 [Fecha de consulta:10 de mayo de 2020].
Disponible en:
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/673/1/012126>
DOI: 10.1088/1757-899X/673/1/012126
13. FIGUEROA, Ana. FONSECA, Elsa. Estudio de material reciclado para reparar fisuras y su aplicación en un pavimento en Bogotá [En línea]. 2014 [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020]
Disponible en:
<https://www.semanticscholar.org/paper/Estudio-de-material-reciclado-para-reparar-fisuras-Infante-Santanilla/8408f05a5ac7f6b7b0a16d09f29202c85ec8c275>
ISSN-E 2389-8828

14. GUERRERO, Víctor. CAMPAÑA, Orlando. GALEAS, Salome. Obtención de Asfalto Modificado con Polvo de Caucho Proveniente del Reciclaje de Neumáticos de Automotores [En línea]. Setiembre del 2015, Vol.36, nº3.1-1 [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020].
Disponible:
https://www.researchgate.net/publication/283266510_Obtencion_de_Asfalto_Modificado_con_Polvo_de_Caucho_Proveniente_del_Reciclaje_de_Neumaticos_de_Automotores
15. HOFKO, Bernhard. MASCHAUER, Daniel. STEINER, Daniel. MIRWALD, Johannes. GROTHE, Hinrich. Bitumen ageing – Impact of reactive oxygen species) [En línea]. 29 de mayo de 2020, Vol.13. [Fecha de consulta:18 de junio de 2020]
Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509520300620?via%3Dihub>
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00390>
16. JOSEPHIA, Richard. Estudio de Materiales Calizos como Agregado Grueso en Mezclas Asfálticas en Caliente [En línea] 2015 [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2020]. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020]
Disponible en:
<https://www.smig.org.mx/#>
17. KARACASU, Murat. OKUR, Volkan. ER, Arzu. A Study on the Rheological Properties of Recycled Rubber-Modified Asphalt Mixtures reciclados [En línea]. Setiembre 2014, Vol.2015 [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2020].
Disponible en:
<https://www.hindawi.com/journals/tswj/2015/258586/>
DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/258586>
18. KOCAK, Salih. KUTAY, Emin. Effect of addition of dry crumb 1 rubber on the performance of terminal blend crumb rubber modified asphalt mixtures [En línea]. Enero 2017, Vol.2633, N. °1.90-97 [Fecha de consulta:10 de mayo de 2020].

- Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/320463278_Effect_of_Addition_of_Dry_Crumb_Rubber_on_the_Performance_of_Terminal_Blend_Crumb_Rubber_Modified_Asphalt_Mixtures
DOI: 10.3141/2633-11
19. LOPEZ, Teresa. MIRO, Rodrigo. El envejecimiento en mezclas asfálticas [En línea] 2015 [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2020].
Disponible en:
<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/126751>
ISBN: 978-84-617-9652-6
20. MARDONDES, Luis. CALABI, Alejandra. SANCHEZ, Elsa. VALDES, Gonzalo. Evaluación de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas con la incorporación de fibras sintéticas de aramida y polipropileno. [En línea]. Junio del 2018, Vol.20, nº.36.15-24 [Fecha de consulta:18 de mayo de 2020]
Disponible en:
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S221537052018000200015&script=sci_abstract&tlng=es
DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/iv.v20i36.37729>
21. MARTÍNEZ, G. CAICEDO, B. GONZALES, D. CELIS, L. FUENTES, L. TORRES, V. Trece años de continuo desarrollo con mezclas asfálticas modificadas con Grano de Caucho Reciclado en Bogotá: Logrando sostenibilidad en pavimentos [En línea]. Febrero 2018, Vol.38, n. °1.41-50 [Fecha de consulta:18 de mayo de 2020].
Disponible en:
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v33n1/0718-5073-ric-33-01-00041.pdfs>
DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000100041>
22. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción [En línea] junio 2013, n.º 643. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020]
Disponible en:
<https://www.gob.pe/mtc#normas-legales>

23. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (Perú). Norma Técnica CE.010: Pavimento Urbanos. Lima: RNE,2010.
24. MORENO, Fernando. RUBIO, Carmen. BARCO, Jimenez. Tire crumb rubber effect on hot bituminous mixtures fatigue-cracking behaviour [En línea]. Octubre del 2015, Vol. 22.65-72 [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020]
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/283815788_Tire_crumb_rubber_effect_on_hot_bituminous_mixtures_fatigue-cracking_behaviour
ISSN 1392-3730
25. MUÑOS, Osvaldo. MOVILLA, Diana. RAPOSEIRAS, Cristiam. Estudio experimental sobre la susceptibilidad térmica de mezclas fabricadas con cenizas procedentes de la celulosa como filler de aportación al mástico bituminoso, utilizando el método UCL basado en el ensayo Cántabro de pérdida por desgaste [En línea] Agosto del 2016, Vol.5 [Fecha de consulta:6 de Julio de 2020]
Disponible en
https://www.researchgate.net/publication/308174305_Estudio_experimental_sobre_la_susceptibilidad_termica_de_mezclas_fabricadas_con_cenizas_procedentes_de_la_celulosa_como_filler_de_aportacion_al_mastico_bituminoso_utilizando_el_metodo_UCL_basado_en_ell
26. NÚÑEZ, Jairo. SALGUERO, Leandro. VERA, Faver. Asfalto natural alternativa de rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura vial del Alto Magdalena Colombia – Revisión Sistemática [En línea] 31 de marzo del 2019, Vol.4, nº.1.2-15 [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2020].
Disponible en:
<http://www.centroseditorial.com/index.php/revista/article/view/33>
ISSN: 2600-5743
27. PATIÑO, Viviana. RODRÍGUEZ, María. Llantas usadas: materia prima para pavimentos y múltiple eco aplicaciones [En línea]. Enero -Diciembre 2017, Vol.5 n. °5.73-114 [Fecha de consulta:21 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revistao/article/view/2004>

DOI: 10.1088 / 1757-899X / 801/1/012116

28. PINTO, A. SOUSA, J. The first brazilian experience with in situ field blend rubber asphalt. Munich: s.n. Asphalt Rubber. [En línea]. Enero del 2012, Vol.2012 [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020].

Disponible:

<https://www.ra-foundation.org/the-first-brazilian-experience-with-in-situ-field-blend-rubber-asphalt/>

29. PLEWA, Andrzej. ZASTOSOWANIE MIAŁU GUMOWEGO ZE ZUŻYTYCH OPON SAMOCHODOWYCH W MIESZANKACH MINERALNO-ASFALTOWYCH. [En línea]. 2014, Vol.40. [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020].

Disponible en:

<http://www.ineko.net.pl/Zastosowanie-mialu-gumowego-ze-zuzytych-opon-samochodowych-w-mieszankach-mineralno-asfaltowych,481,0,1.html>

30. PRETESEILLE, Mathieu. RECORDEL, Sophie. LENOIR, Thomas. Contribution of the fiber reinforcement on the fatigue behavior of two cement-modified soils [En línea]. Diciembre del 2016 [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020].

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/307096013_Contribution_of_the_fiber_reinforcement_on_the_fatigue_behavior_of_two_cement-modified_soils

DOI: <https://doi.org/10.22209/rt.v43n1a01>

31. QASIM, GJ. TAYH, S A. YOUSIF, RA. Influence of Tire Crumb Rubber on Properties of Asphalt Binders. [En línea]. Junio del 2009, Vol.518. n. 02. p.022066 [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020]

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/518/2/022066>.

DOI: 10.1088/1757-899X/518/2/022066

32. REYES, Oscar. CAMACHO, Javier. LONDOÑO, Angie. Caracterización mecánica de mezclas asfálticas en función del origen y gradación del agregado pétreo [En línea]. 24 de septiembre de 2013, Vol.11. n. °12.215-232 [Fecha de consulta:10 de Julio de 2020]
Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/recig/v11n12/v11n12a11.pdf>
ISSN 1900-6586
33. Revista Mexicana De La Construcción [En línea]. México: Cámara del comercio de la industria de la construcción,2019 [Fecha de consulta :15 de mayo de 2020]
Disponible en:
https://issuu.com/helios_comunicacion/docs/rmc_637/6
34. RODRIGUEZ, Ellen. Uso de polvo de caucho de llantas en pavimento asfálticas [En línea]. Abril 2016, Vol.7. n. °4 [Fecha de consulta:15 de mayo de 2020].
Disponible en:
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/316>
35. SANTIAGO, Agustín. Vecinos de Urb. Los Geranios piden mejorar la avenida Las Casuarinas [En línea]. El Tiempo: Piura, Peru,11 de abril del 2019. [Fecha de consulta:23 mayo de 2020].
Disponible en:
<https://eltiempo.pe/vecinos-de-urb-los-geranios-piden-mejorar-la-avenida-las-casuarinas/>.
36. SANTOS, Eduardo. Verdezoto, Carlos. Mora, Carlos. Córdova, Fránciso. Pavimento flexible con cemento asfáltico modificado utilizando polvo de caucho. [En línea]. Octubre del 2017, Primera Edición [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020].
Disponible en:
<http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/109>
37. SINGH, Bineet. MOHANTY, Fanismita. DAS, Sudhanshu. SWAIN, Sarat. Graphene sandwiched crumb rubber dispersed hot mix asphalt [En línea]. Julio 2019, edición en ingles [Fecha de consulta:20 de mayo de 2020].
Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095756418305002>

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.02.003>

38. SITEPU, Muhammad. RAHIM, Armayani. SEMBIRING, Meilita. Gestión y procesamiento del reciclaje de neumáticos [En línea]. Octubre 2019, Vol.801 n. °1. p. 012116 [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/801/1/012116>

DOI: 10.1088 / 1757-899X / 801/1/012116

39. VALDES, G. CALABI, A. SANCHEZ, E. MIRO, R. REYES, O. Matriz árido-ligante: factores implicados en la capacidad adhesiva y cohesiva del ligante asfáltico

[En línea]. 9 de marzo de 2015, Vol.5.40-49 [Fecha de consulta:8 de Julio de 2020]

Disponible en:

<https://revistaschilenas.uchile.cl/handle/2250/99194>

ISSN 0719-0514

40. YEPES, Víctor. Elaboración de mezcla asfáltica [En línea].2 de setiembre del 2014 [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/aglomerado-asfaltico/>

41. YUNG, Yee. Wan. CORDOBA, Jorge. RONDON, Hugo. Evaluación del desgaste por abrasión de una mezcla drenante modificada con residuo de llanta triturada (GCR) [En línea]. 21 de febrero de 2016, Vol.20. n. °50.106-118 [Fecha de consulta:16 de mayo de 2020]

Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123921X2016000400008&script=sci_abstract&tlng=es

ISSN 0123-921X

ANEXOS

ANEXO 1

Uso de llantas recicladas Para las Mezclas Asfálticas Convencionales del Pavimento de la Av. Las Casuarinas-Piura- 2020.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

2 %	2 %	0 %	1 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
3	www.petngo.com.mx Fuente de Internet	<1 %
4	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
5	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
6	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
8	www.edomex.gob.mx Fuente de Internet	<1 %