



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Efecto del caucho reciclado en las propiedades físico – mecánicas  
del asfalto en caliente, Trujillo, La libertad, Perú - 2018”

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

**AUTOR:**

Gómez Padilla Miguel Ángel (ORCID: 0000-0002-7212-7911)

**ASESOR:**

Dr. Leopoldo Marcos Gutiérrez Vargas (ORCID: 0000-0003-2630-6190)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

TRUJILLO-PERÚ

2021

## Dedicatoria

*La presente va dedicada a mi madre Dña.  
María Padilla Ordoñez y a mi padre Ing.  
Eligio Gómez Cabanillas, quienes con su  
esfuerzo y apoyo incondicional me están  
permitiendo alcanzar mis metas trazadas,  
así como también a mi hermana y a mis dos  
hermosos hijos quienes son una fuente de  
inspiración para mí.*

*Est. Ing. Civil Gómez Padilla Miguel Angel*

## Agradecimiento

*En primer lugar, agradezco infinitamente a Dios por darme vida y salud, para poder llegar a esta etapa de mi carrera, en segundo lugar, a mis padres por su esfuerzo, dedicación y consejos, y por último a la universidad Cesar Vallejo y a su plana docente por la educación brindada.*

*Est. Ing. Civil Gómez Padilla Miguel Angel*

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. MÉTODO</b> .....	<b>5 2.1</b>
Tipo de estudio y diseño.....	5 2.2
Variable y operacionalización.....	5 2.3
Población y muestra.....	5
2.3.1 Población.....	5
2.3.2 Muestra.....	6
2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	6
2.4.1 Técnica.....	6
2.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	6
2.5 Método de análisis de datos.....	6
2.6 Aspectos éticos.....	7
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>IV. CONCLUSIONES</b> .....	<b>22</b>
<b>V. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>23</b>
<b>REFERENCIAS</b>	

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, va a permitir mediante el análisis reemplazar de manera adecuada el material de reciclaje, en este caso el caucho en la inclusión de este en las mezclas asfálticas en caliente de manera que cumpla de manera óptica con las características física y mecánicas, de los que actualmente se vienen utilizando en el mercado activo del rubro de la construcción, a través del uso de mezclas asfálticas que incluya polvo de caucho en determinada proporción como agregado fino.

Se sabe que los neumáticos fuera de uso son perjudiciales para la salud como también para el planeta, debido al uso irracional que se les ha dado durante muchos años en países como Perú. Este trabajo de graduación trata acerca de un uso, con el cual se pretende minimizar el daño ocasionado por los mismos, como material primario en una mezcla de concreto para elaboración de adoquines.

De acuerdo, a los objetivos planteados tenemos los siguientes resultados se tiene los ensayos hechos a la mezcla seca bajo normas ASTM, sólo el de contenido de aire presenta un aumento debido a la inclusión de polvo de llanta.

En resumen, se puede inferir que es factible, de acuerdo a los datos analizada, utilizar un porcentaje en peso de Polvo de Neumático de tamaño aleatorio (al azar), ya que no deteriora las características del concreto, además lo vuelve más liviano y al mismo tiempo ayuda a disminuir los efectos negativos que generan los desechos de caucho en el medio ambiente.

Palabras claves: Mezcla asfáltica, caucho, material reciclado.

## ABSTRACT

The present research work will allow, through the analysis, to adequately replace the recycling material, in this case the rubber in the inclusion of this in the hot asphalt mixtures so that it visually complies with the physical and mechanical characteristics, of those that are currently being used in the active construction market, through the use of asphalt mixtures that include rubber dust in a certain proportion as fine aggregate.

End-of-life tires are known to be harmful to health as well as to the planet, due to the irrational use that has been given to them for many years in countries like Peru. This graduation work deals with a use, with which it is intended to minimize the damage caused by them, as a primary material in a concrete mix for making paving stones.

According to the proposed objectives, we have the following results: the tests made on the dry mix under ASTM standards, only the air content shows an increase due to the inclusion of rim dust.

In summary, it can be inferred that it is feasible, according to the data analyzed, to use a percentage by weight of Tire Powder of random size (at random), since it does not deteriorate the characteristics of the concrete, it also makes it lighter and more at the same time it helps to reduce the negative effects that rubber waste has on the environment.

Keywords: Asphalt mix, rubber, recycled material.

## **I. INTRODUCCIÓN:**

La realidad problemática de los desechos de caucho en cierta forma es crítica para el medio ambiente, no solo en el Perú, sino en todo el mundo, podemos visualizar como el final de los neumáticos, por ejemplo, resultan siendo las calles o caminos en donde ocupan gran parte de dicho espacio dificultando el tránsito. Además, debemos entender que el caucho incrementa la posibilidad de incendios, además que atraen a los roedores y también insectos poco agradables y que suman un gran foco infeccioso que atenta contra nuestro bienestar y salud. En nuestro país no tenemos una adecuada gestión de residuos, esto también tiene como consecuencia que no se realicen políticas ni movimiento de iniciativa en temas de reutilización de estos residuos.

Creo firmemente que una de las soluciones más viables para solucionar este problema es la reutilización de éste material una vez que ya ha pasado su vida útil. Una de las opciones para reutilizar el caucho es su inclusión en el asfalto para carreteras pavimentadas, si bien sabemos las autoridades competentes tienen a bien invertir cierto presupuesto en asfaltado para mejorar el desplazamiento de los ciudadanos, buscando mayor seguridad y comodidad, sin embargo es fácil visualizar los accidentes de tránsito que ocurren debido a que las infraestructuras viales sufren fallas visibles como los agrietamientos, el hundimiento en el asfalto que forman un seno invertido lo cual ocasiona dificultades en el paso vehicular y por lo tanto perjudica el fluido natural de los vehículos, esto sin contar las pérdidas económicas.

En el aspecto económico, sabemos que el diseño y ejecución de las carreteras es costoso, y si a esto le sumamos que necesitaremos una inversión adicional en la reconstrucción de rehabilitación de esta, verdaderamente es un despilfarro de inversión. Para mejorar esta problemática es que propongo la utilización de caucho reciclado de llantas como opción para el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del asfalto, logrando así un resultado óptimo en el asfalto además de generar un desarrollo sostenible y mejorar la economía de nuestro país, ya que creo firmemente que para desarrollarnos de manera sostenible debemos proteger el medio ambiente manteniendo resultados óptimos en nuestras actividades.

La formulación del nuestro problema sería: ¿Cómo influye el uso del caucho reciclado en las propiedades físico – mecánicas del asfalto en caliente?

Justifico mi proyecto con una justificación ambiental la cual sería que en la actualidad nos encontramos en una crisis ambientalista productos de los desperdicios que la población arroja a las calles y a la ineptitud de los gobiernos locales en el manejo de dichos desperdicios, al utilizar el caucho reciclado como aditivo del asfalto reduciremos al menos en algo la cantidad de desperdicios contaminantes y apoyaremos al reciclaje del caucho.

La justificación social del proyecto sería que al utilizar el caucho reciclado podemos generar ingresos en las familias peruanas incentivándoles a reciclar este aditivo a fin de que lo puedan negociar y así mejorar su economía.

Mi Justificación económica es que al utilizar el caucho reciclado lograremos que el asfalto genere costos de mantenimiento más bajo, aparte que tendría una vida útil más prolongada lo cual haría que no se llene de baches tan fácilmente y no necesite mantenimientos correctivos (parches), también significativamente reduciríamos el presupuesto para su ejecución ya que al ser un producto reciclable su costo es más bajo.

Y, por último, pero no menos importante la justificación técnica, la cual está basada en la utilización del caucho reciclado genera propiedades físico mecánicas en el asfalto que son favorables ya que le proporcionan mayor resistencia y mejor viscosidad lo cual es una de las causas por la cual la carretera de hoy en día se padece en nuestro país, ya que a raíz de esto se generan los huecos tan pronunciados que aquejan a nuestra sociedad.

En este proyecto mi hipótesis sería la sgte: “El uso del caucho reciclado influye significativamente en las propiedades de carácter físicas o mecánicas del asfalto en caliente”.

Mi objetivo general es “Determinar la influencia del caucho reciclado en las propiedades físico-mecánicas del asfalto en caliente”.

Y mis objetivos específicos serian: primero determinar el porcentaje necesario de caucho reciclado para obtener la resistencia optima en el asfalto. Luego determinar la resistencia a la compresión del asfalto utilizando caucho reciclado.



Tercero determinar la resistencia a la flexión del asfalto en caliente utilizando caucho reciclado. Y por último determinar la aplicabilidad del caucho reciclado en el asfalto en caliente.

En trabajos previos tenemos:

De Náyade Irene Ramírez Palma, año 2006. En su tesis de pregrado titulada: “Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco”. Tiene como objetivo general el estudio del desempeño mecánico en cuanto a la mezcla de asfalto a las cuales se le ha incluido en cierta proporcionalidad el material caucho como un material adicional granular de textura fina. Su población es en el país de Chile, y dentro de sus resultados se vio que luego del análisis de resultados de ensayos previos, se obtuvo un nivel más alto de resistencia diametral lo cual se logra con un .05% de material de caucho. Siguiendo la metodología CEN a 25° Celsius con valores mayores resilientes se logra obtener para un 0.5% de material caucho y para 40° Celsius se logra con tan solo 1% utilizando el método ASTM, cabe destacar que todos aquellos valores que son mayores de módulo resilientes se logran entre 0.5% y 1% de material de caucho. Por lo tanto, concluye que el caucho de procedencia reciclada la cual se obtuvo de neumáticos desechos, puede ser reutilizado de manera confiable para potenciar las propiedades mecánicas y físicas de las mezclas asfálticas recomendándolo como un agregado o como una variante del ligante para los procesos húmedos). De otra forma, el uso del caucho trae consigo muchos beneficios ambientales ya que al darle valor a un desecho como es el caso de los neumáticos y dar solución a la problemática de la utilización final de estos, disminuyendo de esta manera, gradualmente la contaminación.

De la tesis de Villagaray Medina Edwin Jesús, año 2017. Titulada “Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la avenida Trapiche – Comas (Remanso) 2017”. El objetivo general de este tesista es Determinar como al incluir caucho reciclado como un componente, para una clase de asfalto moldeado invocando a un diseño con mucha más flexibilidad y duración. La población utilizada para esta tesis fue todo el tramo de carretera que conduce a trapiche el cual tiene una longitud de 4.5km.

Luego del ensayo se notó que la mezcla asfáltica modificada logra un incremento significativo en la estabilidad, con un porcentaje de 3.54 en comparación a la mezcla que normalmente se utiliza, por lo cual vemos que evidentemente la mezcla asfáltica que fue modificada con caucho brinda una rigidez superior que el asfalto convencional, proporcionando ayuda a la resistencia contra las deformaciones que son permanentes. Adicional también se obtiene un ahorro económico de 4.11%. Por lo tanto, concluye que la rigidez obtenida de la mezcla de material asfáltico, las cuales fueron obtenidas mediante el ensayo realizado de diseño Marshall, por tal motivo el caucho reciclado es un material que fácilmente puede ser utilizado de manera confiablemente y segura y con ello se puede mejorar las propiedades físicas, así como las mecánicas de la mezcla asfáltica común, ya que incrementa el porcentaje de rigidez en un 13.24% a diferencia de un asfalto convencional, por tal motivo el asfalto modificado posee una resistencia mayor. Comprobamos entonces que el asfalto modificado con caucho reciclado optimiza a las mezclas convencionales brindándoles mayor resistencia a la deformación este incremento es de 3.54% dando de esta manera a la capa asfáltica mejor estabilidad=1440.4kg contrario al asfalto convencional que tiene una estabilidad=1389.4kg, por lo tanto, el asfalto modificado brinda mayor resistencia a las deformaciones.

De la tesis de Pereda Rodríguez, Danfer Alonso, año 2015. En su tesis titulada: "Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico-económico con los asfaltos convencionales". El objetivo general de esta tesis es demostrar, mediante las pruebas pertinentes de laboratorio que una mezcla asfáltica modificada con el uso de caucho reciclado, para este caso de llantas se comporta de una manera físico-mecánica más adecuada y tiene mayores ventajas económicas a comparación de las mezclas de asfaltos convencionales. Población utilizada Trujillo – Perú, los resultados obtenidos por el tesista fue que los costos que se obtuvieron para diseñar el asfalto Modificado fueron en un 26.2% más elevados que las mezclas asfálticas convencionales, pero este costo se compensa ya que esta nueva mezcla posee mayor durabilidad de y un costo menor en lo que es mantenimiento.

Por lo tanto, concluye que al adicionar polvo de llantas vamos a obtener un mejor comportamiento físico-mecánico de la mezcla asfáltica RC-70, la cual fue

utilizada para esta tesis. Al utilizar polvo de llantas optimizamos la resistencia que tiene la mezcla asfáltica a la deformación plástica. Este comportamiento lo podemos observar del RC-70 cuando recupera elasticidad por torsión, resultando el asfalto modificado un 37 % más recuperable que una mezcla común.

## II MÉTODO:

**2.1 Tipo de estudio y diseño:** El presente estudio es experimental

**2.2 variable y operacionalización:**

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
V.I: Caucho reciclado	Material, el cual es obtenido a partir de las secreciones de tipo lechosa, que son producidas por el árbol de caucho.	Es el resultado en la tensión que está experimentando la muestra.	Tracción	N/m <sup>2</sup>	Nominal
		cantidad de caucho reciclado	Cantidad porcentual 5%, 10% y 15%	Tiene efecto no tiene efecto	Nominal
V.D: propiedades fisico-mecánicas	Cuando el asfalto es calentado a una temperatura lo suficientemente alta, por encima de su punto de inflamación, este comienza a fluidificarse, a veces como un fluido Newtoniano y sus propiedades fisico-mecánicas pueden definirse por su viscosidad. A temperaturas más bajas, el asfalto es un sólido visco-elástico, sus propiedades fisico-mecánicas son más complejas y se describen por su módulo de visco-elasticidad, conocido como el módulo de stiffness.	Las propiedades del concreto se determinaran mediante análisis y pruebas con equipos de laboratorio y se elabora en base a parámetros obtenidos mediante las normas técnicas estandarizadas: ensayo a la resistencia a la compresion norma ASTM C39	Resistencia a la flexion	Kg / cm <sup>2</sup>	Razon
		Ensayo de resistencia a la flexion, norma ASTM C78	Resistencia a ala compresion	Kg / cm <sup>2</sup>	Razon

**2.3 Población y muestra:**

**2.3.1 Población:** asfalto en caliente con aditivo modificado a base de caucho reciclado.

**2.3.2 Muestra:** Se planteó un diseño factorial con una variable independiente, el porcentaje de caucho reciclado con 3 diferentes porcentajes al 5%, 10% y 15% para cada uno de los ensayos.

Las pruebas se calcularon de la sgte forma:

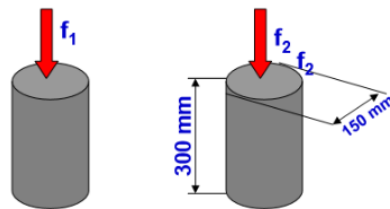
Número de pruebas = (# niveles de la variable A\*# réplicas)

Número de pruebas= (4) \*5

Número de pruebas= 20 pruebas

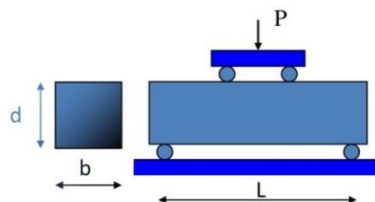
20 Probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

Elaborada con aditivo plastificante sika cem plastificante, agregado fino, agregado grueso, agua y caucho triturado.



Probetas cilíndricas para el ensayo de resistencia a la compresión. Norma ASTM C39.

20 Probetas de sección 15x15 cm y 50 cm de longitud. Elaborada con aditivo plastificante sika cem plastificante, agregado fina, agregado grueso, agua y caucho triturado.



Probetas rectangulares para el ensayo de resistencia a la flexión. Norma STM C78.

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad:

**2.4.1 Técnica:** la técnica utilizada fue observación experimental.

**2.4.2 Instrumento de recolección de datos:** Uso de laboratorio y software computacional.

**2.5 Método de análisis de datos:** se usará los sgtes. Métodos estadísticos:

- Muestreo aleatorio simple: Se asignó de manera aleatoria a los sujetos que fueron sometidos a distintos tratamientos o que fueron condicionadas

de forma sistemática. Este método aleatorio ejercido sobre los sujetos de prueba aumenta las posibilidades de que las diferencias que fueron observadas entre los diferentes grupos de probetas sean producto de la intervención realizada de manera experimental.

- Análisis de la varianza: La forma de aproximarse lo más simple debería de ser el comparar y analizar las medias de los grupos escogidos y de esta forma ver y analizar si las medias aritméticas que posee la variable que es objeto de estudio son similares o totalmente diferentes.

**2.6 Aspectos éticos:** Este proyecto está elaborado de manera responsable, siendo lo más honestos que se nos permita y con la honradez que siempre venimos desempeñando, con el objetivo de brindar nuevos enfoques, además asegurarse de proteger el medio ambiente.

### **III RESULTADOS Y DISCUSIÓN:**

Las mezclas de asfalto, son conocidas además como materiales aglomerados o aglomerantes, se encuentran constituidas de una mezcla gradual de agregados pétreos, así como de un ligante hidrocarbonato, con el objetivo que estos quedan colmados por una membrana continua éste se diseña a través de centrales que pueden ser fijas o móviles, después son transportadas a obra y es allí donde son extendidas y luego compactadas. Estas mezclas de asfalto son utilizadas por la construcción de carreteras, así como también en aeropuertos, los pavimentos de carácter industrial, entre muchos otros usos. Recordando también que son usadas en las capas inferiores de las carreteras para el tránsito de pesados intensos. Las mezclas asfálticas están, por lo general, elaboradas por un 90 % de agregados pétreos grueso y fino, un porcentaje igual a 5 de polvo mineral (filler) y por último de un porcentaje de 5% de ligante asfáltico. Estos componentes tienen suma importancia para que la mezcla asfáltica tenga un correcto funcionamiento y cabe mencionar que la ausencia de calidad tan solo en uno de estos afecta a la mezcla en conjunto. Por ejemplo, el ligante asfáltico, así como el polvo mineral son los dos de los componentes que más influencia tiene ya sea en los estándares de calidad que se pueda encontrar en la mezcla de asfalto como en su análisis de costo total.

La fusión de asfalto son empleadas en la elaboración de pavimentos, pueden ser, tanto en las capas o sub capas de rodadura, así como también en capas inferiores y su funcionalidad es lograr que la superficie de tránsito resulte cómoda, que sea segura y también que tenga un soporte económico a las personas que usaran estas vías de transporte y comunicación, haciendo más fácil, de este modo, el circular de los vehículos, sin olvidar que su deber es de transferir de manera suficiente las cargas necesarias al tráfico así como a la totalidad explanar para que estas la soporten de manera eficiente. Además, se deben de tomar en consideración 2 hechos de vital importancia al momento de diseñar y proyectar una carretera o firme: la primera es, la Función Resistente, la cual va a determinar los materiales y los espesores necesarios para el diseño de los diferentes niveles que tendremos que necesitar para su diseño y ejecución. Y segundo la Finalidad, la cual va a determinar las condiciones para la textura y para los detalles finales que se tiene que esperar de los niveles superiores de nuestro firme, para que de esta manera resulten con un alto índice de seguridad y además resulten confortables para los usuarios.

Los firmes por su tipología, las podemos dividir en cuatro grupos, (1) pavimentos Flexibles. (contenedores de base granulada). Elaborados con niveles de sub-base y también de base de material granulado, que posee un acondicionamiento superfluo o también por un nivel de mezcla de asfalto con un espesor que normalmente no son gruesos, por el contrario, resultan ser delgados y van desde los 10cm. generalmente, estos niveles de característica granular son las que soporta, principalmente, el accionar del tráfico, mientras que los niveles de rodadura son utilizados con el fin de obtener la impermeabilización del firme.

Firmes Flexibles. (conocido como base asfáltica). Esta elaborado con el uso de una estructura base y también un pavimento de material asfáltico, este último se encuentra diseñado por un nivel intermedio y una de rodadura, la base subalterna tiende a tener características granulares o también diseñada basándose en la inclusión de un material ligoso de característica hidráulica o hidrocarbonado.

Pavimentado semi-rígidos (elaborados a base de ligantes hidrocarbonados). Elaborado, principalmente, a base del ligante hidrocarbonado, o también de material como concreto, además la base subalterna generalmente puede tiende

a tratarse de materiales que sean granulares, resultando equilibrada, el firme está diseñada tan sólo por una, así como también por dos capas de mezcla de asfalto.

Firmes Rígidos, estos pavimentos elaborados a base de hormigón, diseñados por una losa a base de hormigón suministrada de manera directa sobre la explanada, o también sobre una capa que posea una capa granular o estabilizada, esta losa de hormigón actuará, o tendrá la función de ser una capa de rodadura.

Ahora clasificaremos las mezclas de asfalto; sabemos que resultan un sinnúmero de aspectos para clasificar y a la vez poder definir las distinciones que existen en las diferentes gamas de mezclas y las formas de clasificarlas son diversas, así, se da a manera de ejemplo, tenemos a las mezclas de asfalto por fracciones de agregados de material pétreo incluido en su elaboración (Polvo mineral además de un ligante, conocida como masilla asfáltica; Agregado fino incluido una masa, comúnmente llamado mortero de asfalto; Agregado grueso con la inclusión de mortero, también llamado concreto de asfalto y por último, agregado grueso incluyendo ligante de asfalto, comúnmente llamado Macadam asfáltico)

Tenemos también las mezclas asfálticas clasificadas por las temperaturas de puesta en obra, mencionaremos por ejemplo a las mezclas de asfalto en caliente fabricadas en un rango de los 150 C°, ahora dependiendo de la viscosidad que posea el material ligoso, se lleva a altas temperaturas adicionalmente los materiales adicionales, para que de esta manera las mezclas de asfalto no se vayan a enfriar cuando va a hacer contacto con ellos. Tenemos también las mezclas de asfalto en frío, cuya característica es que el ligante que se utiliza siempre suele ser un tipo de emulsión asfáltica, y su puesta en la obra es realizada a la temperatura normal del medio. Ahora por la proporcionalidad de vacíos que existen en las mezclas de asfalto podemos encontrar a las mezclas Cerradas o también llamadas mezclas densas cuya proporcionalidad de estos vacíos no supera al 6 %. Mezclas Semi-cerradas o las llamadas Semi-densas: cuya proporcionalidad de vacíos oscila entre el 6 % y el 10 %. Mezclas abiertas con 12% y porosas o drenantes con porcentajes superiores al 20%.

Un punto importante a tratar es la tipología de las mezclas de asfalto, como habíamos mencionado líneas atrás tenemos a las mezclas de asfalto en caliente, sabemos que este tipo de mezcla asfáltica viene a constituir el tipo de asfalto más generalizado de estas mezclas y definimos como mezcla de asfalto en caliente la fusión de un material ligante hidrocarbonado, adicional a la inclusión de polvo mineral y, adicionalmente, los aditivos, de tal forma que en su totalidad las partículas que son del agregado queden recubiertas de buena manera por una película homogénea de material ligante. EL proceso de elaboración va a implicar calentar el material ligante y todos los materiales del agregado (a excepción del polvo mineral) cabe destacar que su colocación en la obra tiene que llevarse a cabo a temperaturas superiores a las del ambiente. Este tipo de asfalto es utilizado normalmente, en la elaboración de carreteras, del mismo modo en la ejecución de vías de carácter urbano y de los aeropuertos, y son utilizadas en niveles que cumplirán la función de rodadura como también para aquellas capas ubicadas en la parte inferior de los firmes. Cabe mencionar que existen algunos grupos que forman parte de este aglomerado de mezclas asfálticas con rasgos totalmente diferenciadas. Son elaboradas con asfaltos, sin embargo, también son empleadas en mezclas de asfalto que se modifica, estas proporcionalidades suelen darse entre el 3 y 6 por ciento asfáltico en volúmenes del llamado agregado pétreo.

Ahora, se mostrará el proceso evolutivo de las diferentes metodologías de diseños de mezclas de asfalto en caliente. The Hubbard-Field (1920's). En su libro titulado Método de diseño de mezclas asfálticas, siendo el primero en evaluar la metodología de vacíos encontrados en el asfalto y también en los agregados minerales. Utilizó un método de estabilización para probar y para lograr encontrar las dimensiones de deformación existente en las mezclas asfálticas. Esta funcionó de manera adecuada y pudo evaluar mezclas con agregado en cantidades pequeñas o también en la granulometría fina, sin embargo, no posee para mezclas cuya granulometría poseían agregados superiores. Metodología de Marshall (1930's). Es una metodología usada para diseñar las mezclas de asfalto, este método fue utilizado en el segundo conflicto mundial y luego fue adoptada con el fin de ser utilizadas en carreteras. Emplea un equilibrio y un coeficiente porcentual de vacíos fundamentalmente para



pruebas importantes. A excepción las variantes en las especificaciones, esta metodología no ha sido modificada a partir de 1940. Método Hveem (1930), este método utilizado para las mezclas de asfalto, tuvo su tendencia casi al mismo tiempo que el método Marshall. Sin embargo, este método evalúa la estabilidad pseudotriaxial. Método de la Western WASHTO (1984). Este método se caracteriza por la recomendación de variar los pedidos de materiales granulares y en los detalles utilizados para diseñar el asfalto y lograr la optimización de la resistencia a las roderas. La metodología de Asphalt Aggregate Mixture Analysis System. AAMAS (1987). Promueve que necesariamente se realicen cambios para diseñar las mezclas de asfalto fue reconocida, este cambio demoró 2 años para desarrollar un proyecto nuevo y adecuado ya que el diseño de mezclas debía ser mejorado, además buscaba la inclusión de nuevos métodos para compactar realizados en laboratorios y la evaluación final de las propiedades de carácter volumétrico, desarrollo también lo que viene a ser las pruebas para la identificación de las deformaciones permanentes, llámense también las grietas de fatiga y por otro lado también la fuerza para la resistencia de grietas con características de temperaturas bajas. La metodología SUPERPAVE diseñada en 1993. Metodología AAMAS, fue el inicio para la metodología SUPERPAVE, la cual promueve un diseño actualizado de carácter completamente basado en el volumen de mezcla, para basar su funcionabilidad en predicción mediante la metodología conseguir ensayos en los laboratorios, grietas que han ocurrido a causa de la fatiga que experimenta el pavimento y grietas que se dan debido a temperaturas considerablemente bajas. Los métodos de intuición de funcionabilidad se llegaron a completar de manera satisfactoria recién en el año 2000. El planteamiento de diseño basado en volumen de mezclas en el SUPERPAVE resulta en la actualidad incorporado en varios de los estados de norte américa, dado que se detectó un enlace recurrente dada por las propiedades de volumen propios de la mezcla de asfalto y su adecuado desempeño. Posee su información final, sin embargo, la aprobación proveniente del control de calidad se ha visto modificada para sus propiedades en volumen. SUPERPAVE afirma basar su desempeño en metodologías o ensayos realizados en laboratorios que se pueden utilizar para lograr detectar numéricamente la resistencia, sufrida a causa del estrés del pavimento, a las deformaciones plásticas de estos.

Revisemos ahora las propiedades físicas del asfalto en caliente, cuando la mezcla de asfalto se calienta a una temperatura alta arriba de su punto de inflamación, comenzará a formarse como un líquido newtoniano y su material específico está determinado por su característica viscosa. A bajas temperaturas, el asfalto tiene una alta resistencia a la tracción, sus materiales son más complejos y están representados por un recubrimiento visco elástico conocido como alta resistencia a la tracción. Las viscosidades del asfalto generalmente se miden con una almohadilla viscosa a medida que se aplica el aceite. Este método mide el peso del aumento de película registrado con centi-stokes (cst). La dinámica o los valores absolutos son medidos en centímetros (cp.) además se pueden obtener a partir de una sustancia química multiplicándolos por un factor de temperatura ya diseñada. A continuación, la tabla nos indica la viscosidad promedio de la mezcla de asfalto dependiendo de la entrada o cualquier viscosidad. Conociendo la temperatura adecuada correspondería:

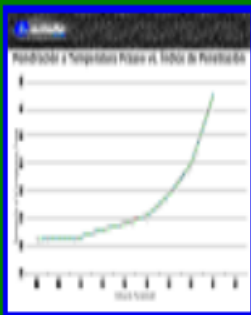
Rango en penetración	Viscosidad en cst						
	20.000	5.000	2.000	1.000	200	100	50
180/200	70	85	100	110	140	155	175
80/100	80	95	105	120	150	170	190
60/70	85	100	115	125	155	175	195
50/60	90	105	115	125	160	175	200
40/50	90	110	120	130	165	180	200
30/40	95	110	125	135	170	185	210
20/30	100	120	130	145	175	195	220
10/20	115	130	140	155	190	205	230
Rango en pen / P.A.							
85/25	125	145	160	170	205	225	250
85/40	130	145	160	170	200	220	245
115/15	165	185	205	215	255	-	-

Viscosidad de la aplicación: en muchas aplicaciones, el asfalto está lo suficientemente caliente como para ser lo necesariamente líquido para ser aplicada particularmente. A continuación, la siguiente tabla muestra la viscosidad necesaria para producir la mezcla de asfalto para aplicaciones específicas. Se espera que la aplicación se produzca con la resistencia a la tracción más baja, es decir, a la temperatura más baja. Dependiendo del material utilizado, la viscosidad puede ser baja ya que puede dañarse con el calor.

Aplicación	Viscosidad requerida (cst)
Spray	20-100
Llenado de Juntas	100-200
Mezclado con Filler	200
Impregnación	20-200
Impermeabilización	200-1000
Pintado	600
Recubrimiento	1000
Bombear	1500-2000

Prueba de Fraass: es una medida de la rotura de la estructura asfáltica a bajas temperaturas. En este experimento, la placa de metal se cubrió con alquitrán de 0,5 mm y se movió de manera diferente. El valor al que la temperatura desciende lentamente y la línea se daña se llama temperatura FRAASS. La prueba Fraass muestra el riesgo de explosión del betún a bajas temperaturas. Se pueden obtener diferencias a partir de los resultados de esta prueba dependiendo de la fuente de la materia prima asfáltica obtenida.

Asfalto	Temp. Fraass °C
180/200	-22
80/100	-16
60/70	-13
40/50	-10
10/20	-4
Oxid.85/25	-16
Oxid.85/40	-22
Oxid.115/15	0



la siguiente tabla nos muestra la densidad típica de los asfaltos:

Asfalto	Temperatura °C					
	15	25	50	100	150	200
280/320	1.01	1.00	0.99	0.96	0.94	0.91
180/200	1.02	1.01	1.00	0.97	0.95	0.92
80/100	1.03	1.02	1.01	0.98	0.96	0.93
60/70	1.04	1.03	1.02	0.99	0.96	0.93
20/30	1.05	1.04	1.03	1.00	0.97	0.94
Oxid. 85/25	1.03	1.02	1.01	0.98	0.95	0.93
Oxid. 85/40	1.02	1.01	1.00	0.97	0.94	0.92
Oxid. 115/15	1.03	1.02	1.01	0.98	0.95	0.93

Resistividad / conductividad eléctrica: las mezclas asfálticas poseen una elevada resistencia y, por lo tanto, un material adecuado de características aislantes. Esta característica propia para la resistencia frente al global los grados comerciales bajan debido al aumento gradual de temperaturas y muchas de las variantes son las que mencionamos a continuación:

Temp. °C	Resistencia (ohm/cm)
30	$10^{14}$
50	$10^{13}$
80	$10^{12}$

Resistencia dieléctrica: la encontramos medida en Kv/mm, y esta va a depender de las condiciones de los ensayos y el Angulo en el que se encuentren los electrodos. Este tipo de asfalto duro posee una amplia contraposición dieléctrica, incluso por arriba de las mezclas asfálticas con menor viscosidad; esta contraposición dieléctrica disminuye con el incremento gradual de las temperaturas.

Temp. °C	Rigidez Dielectrica (Kv/mm)
20	20-30
50	10

Constante dieléctrica: se encuentra entre los 2.7 a 20°C, alcanzando muchas veces estar entre los 3 y 30 grados centígrados. La disminución dieléctrica va a crecer debido al aumento gradual de temperaturas, sin embargo, esta va a decrecer con la constancia con la que se muestran en la tabla adjunta:

Pérdida Dieléctrica			
temperatura °C	tangente delta (50 ciclos/seg)	frecuencia (ciclos/seg)	tangente delta (20°C)
20	0.015	50	0.015
50	0.017	10 <sup>5</sup>	0.006
80	0.029	10 <sup>6</sup>	0.003
100	0.045	10 <sup>7</sup>	0.001

Propiedad de característica térmica: Su conducción térmica oscila entre los 0.16 W/metro. °C. La expansión de asfalto en cubos aproximadamente va desde 0.0006/°C.

Temp. °C	Kj / kg.°C	cal /g/ °C
0	1.67	0.4
100	1.89	0.45
200	2.10	0.5

Almacenamiento de temperatura y manejo del asfalto: el desgaste y el agrietamiento de la piel del tanque de asfalto se deben al sobrecalentamiento en un ambiente esterilizante. Esto se puede reducir bajando gradualmente el calor de almacenaje o impidiendo el aumento temporal del calor a consecuencia de la falta de control de temperatura. No almacene mezcla de asfalto en grandes cantidades a altas temperaturas. Si la temperatura de operación excede los 160 °C, se debe alcanzar con un tanque pequeño y la temperatura dentro del tanque debe ser 50 °C más alta que el asfalto objetivo. Se pueden utilizar gases inertes como nitrógeno y dióxido de carbono a fin de evitar el origen de "pieles" en la parte superficial del alquitrán. Dicho proceder puede resultar caro. Se pueden utilizar muchos procedimientos, por ejemplo: Con la certeza que la línea de retorno sistemático de circulación se introduzca en el tanque abajo del nivel superficial asfáltico y disminuir la exhibición de la mezcla asfáltica al encontrarse con el oxígeno proveniente del aire, la utilización de depósitos en forma vertical con el objeto de la reducción para la superficie que entra en contacto con el oxígeno del aire, hay que tener en cuenta que si alguna piel empieza a formarse en la superficie de contacto de la mezcla asfáltica con el oxígeno, combinar de manera superficial a modo de que dicha porción carbonosa de residuos fusionados nuevamente se mezclen con la masa original del asfalto.

Límites de Temperaturas Recomendadas °C			
Grado	Almacenamiento Prolongado	Tanques de Despacho	Máximas Condiciones de Operatividad
<b>Asfalto de penetracion</b>			
penetracion > 200	105	155	190
100-200	115	165	200
40-100	125	175	200
penetracion <40	140	190	220
<b>Asfalto Oxidados</b>			
Punto Ab. <80	150	175	200
Punto Ab. 80-90	160	190	
Punto Ab. 90-100	175	200	
Punto Ab. >100	200		

Veamos ahora las mezclas asfálticas en frío, Son compuestos a base de emulsión asfáltica y se aplica principalmente para procesos constructivos y mantenimiento de pavimentos. Por lo general, se recomienda sellar las juntas de alquitrán para retrasar el envejecimiento de la mezcla de arranque en frío. Suelen ser postindustriales, incluso durante semanas, porque el aglutinante se mantiene durante mucho tiempo a bajas concentraciones debido al uso de emulsión que contiene alquitrán soluble en agua: el aumento de viscosidad es muy lento. para el almacenamiento, pero después de aplicar una capa fina, la falta de repelencia al agua da como resultado una curación superficial rápidamente. Hay muchas mezclas frescas hechas de emulsiones que se descomponen lentamente sin usar ningún líquido, pero no son voluminosas y se pueden comprimir después de romper la emulsión. A este procedimiento en el cual se aumenta la resistencia la denominamos maduración gradual. Principalmente contiene humedad debido a la degradación emulsionada y el continuo aumento de la resistencia del compuesto.

Las mezclas porosas o también conocidas como drenantes se utilizan en huecos de escaleras, especialmente en carreteras, y están hechos de asfalto modificado utilizando asfalto regular con un valor que oscila entre el 4,5% y el 5% del total de grava, calles, calles de la ciudad o jardines. Base bajo el paisaje. Se utiliza como disipador de calor para tráfico intenso y como filtro con un grosor de unos 4 cm. La lluvia que cayó sobre la vía pudo evacuar rápidamente debido a la infiltración.

Conocemos también el micro aglomerado que es una mezcla con una dimensión media de piedra por debajo de los 10mm además puede utilizarse en niveles delgados. Debido a su delgadez (menos de 3 cm), tanto los micro aglomerados fríos (también llamados lodos de alta densidad) como los micro aglomerados calientes son revestimientos superficiales para una amplia gama de formas de aplicarla. Comúnmente se considera apta para lugares urbanizados, ya que el adelgazamiento se propaga, evitando problemas de altura y altura. Para las carreteras, hay pequeños micro agregados que están hechos de piedra de alta calidad y alquitrán modificado.

Las masillas son una mezcla de polvo mineral y recubrimiento como ligante, por lo que cualquier colección de agregado grueso se extenderá en la cohesión de su formación. Éstas no funcionan por competencia interna y su resistencia está dada por la aglomeración producida. Debido a la gran área específica de minerales, la cantidad de asfalto es muy alta. Dependiendo de la eficiencia de dicho sistema para el cambio de temperatura, use un asfalto duro, mantenga la calidad del polvo mineral y fortalezca la masilla agregando aditivos para fijar la mezcla. Hay que reducir el calor. El asfalto es una mezcla similar y eficaz, pero en países más fríos y templados se puede utilizar para puentes, calles de la ciudad y aceras.

El caucho es un material, que ha sido adquirido mediante la secreción de apariencia lechosa, proporcionadas mediante la planta de caucho (arbusto). Las resinas obtenidas naturalmente del árbol son denominadas látex, posteriormente, esta sustancia se trabaja con diferentes sustancias químicas, las que seguidamente darán lugar a la elaboración del látex, los diferentes usos que se le dan a este material son muy variados, no obstante la aplicación más recurrente que posee es en la elaboración de llantas para usos automotrices y algunos compendios elaborados a raíz de hidrocarburos, actualmente el caucho se elabora también de manera artificial necesitándose para este fin, la simulación de técnicas para su producción. Los usos de este material son muy diversas y se conoce de su uso desde épocas arcaicas, inclusive antes de que el continente Americano se viera colonizado por los pueblos de origen europeo, los nativos americanos ya le daba uso al caucho, y lo utilizaban para la elaboración de herramientas como cierto tipo de calzado cuya finalidad era la de proteger los

pies, permitiendo así que regiones nativas como Iquitos y Manaus (actual Brasil) lograran progresar significativamente, la explotación de este producto (caucho) para aquel entonces tuvo un significado para los trabajadores que allí trabajaban fueran explotados.

Existe también lo que se conoce como el caucho sintético, el cual es un material que tiene la propiedad de tolerar diversos tipos de modificaciones, al ser sometido, por ejemplo, a estrés y luego recobra su estado original sin que sufra ningún tipo de alteración, para casos en donde se requiera un aditivo de mejor calidad que el caucho de origen natural resulta muy útil usarlo como sustituto del mismo. Las propiedades físico mecánicas del caucho las podemos definir como sus características de soporte frente a esfuerzos y cargas sin que este llegue a deformarse o quebrarse, también pueden presentar deformación de manera permanentes hasta llegar a dañarse de alguna forma. Se ejecutan numerosas pruebas que determinan esta resistencia, pero las pruebas incluyen costos adicionales de equipo y personal que se pueden implementar y traducir, sin efectos adversos. Se necesita buen juicio para elegir el que mejor se adapte a su política. A un precio razonable.

A continuación, demostraremos los más importantes métodos de pruebas, las cuales son los más utilizados, además se tratará de describir detalladamente la realización, Tracción: dentro de las características tenemos, junto con la propiedad de la dureza, que de manera constante son incluidas en los detalles, ya sea de cauchos de origen sintético, de igual forma también los naturales. Con el objetivo de lograr obtener una medida de la tracción de un elastómero, es necesario la utilización de un dinamómetro. Tomamos un muestreo (consta de una probeta que posee diseño de halterios), sujetamos posteriormente los extremos para posteriormente proceder a estirla relativamente con una velocidad constante, para que llegue a su límite de rotura. Para que llegue a romperse necesita de una tensión la cual va a representar la resistencia a la tracción de dicho material. El tiempo en que se demora al estirar la muestra, se va realizando la medida de la fuerza (F) la cual se está ejecutando. Una vez que identificamos y medimos la fuerza aplicada sobre nuestra muestra, procedemos a dividir el resultado por el área de nuestra muestra. Lo que obtengamos



producto de efectuar esa división obtenemos la tensión experimentada por nuestra muestra.  **$F / A = \text{Stress}$** .

**ASTM D412 · Ensayo de tracción sobre cauchos vulcanizados y elastómeros termoplásticos:** según la normativa ASTM D412 nos brinda específicamente cuales son las condiciones pertinentes del ensayo para poder determinar de esta forma las propiedades físicas, la tracción, por ejemplo, provenientes de elastómeros ya sea que hayan sido modelados o en sus defectos troquelados. Dado a la extensión propia de los cauchos y en realidad todos los elastómeros, es de suma necesidad generalmente extensómetros para poder de esta manera medir de manera precisa la elongación o el estiramiento que existe al aplicar las fuerzas.

**ISO 1798:1999 · Resistencia a la Tracción y Alargamiento a la Rotura de los materiales poliméricos flexibles celulares:** La normativa ISO 1798 realiza una labor de investigación a la resistencia térmica como también a la deformación de los materiales poliméricos flexibles cuando se sirven a temperaturas medias a bajas. Como regla general, la prueba se admite entre caracteres 2D y el tamaño se establece en una longitud de reflexión específica. El modelo se expande a altas velocidades hasta que se rompe. Estos se tensan al momento de realizarse las pruebas y son utilizadas para conocer la temperatura y su factor de humedad en reposo. Elongación, Alargamiento a la Rotura: La naturaleza elástica del caucho no solo significa conocer la resistencia del caucho. La resistencia te dice cuánta violencia necesitas para romper algo. Pero no le dice nada sobre lo que le sucedió al producto cuando intentó resolverlo. Ahora es útil examinar las propiedades elásticas de los productos poliméricos. El estiramiento causa varios tipos de discapacidad. Por otro lado, la deformación viene a ser variación en su forma experimentada ante cualquier cosa que se encuentre bajo efectos de tensión. Al hacer referencia a la tensión, logramos identificar que nuestra muestra sufre deformación por el efecto causado al momento de estirarla. Este efecto recibe el nombre de elongación.

Casi siempre, hablamos de porcentaje al referirnos a la elongación, que viene a ser la longitud que presenta la muestra, después de haberla estirado (L), dividido por su longitud original (L0), y posteriormente multiplicando a este resultado por un factor de 100.  **$(L / L0) \times 100 = \% \text{Elongación}$**

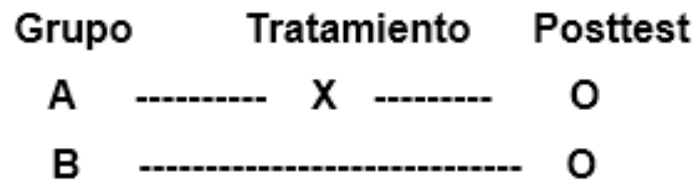
Existen cánones como la ASTM D412 · DIN 53504 · ISO 37 · EN ISO 1798 · JIS K6251, las cuales se encuentran vinculadas directamente a la elongación, las cuales son dependientes de cualquiera sea la tipología del material con el cual estemos realizando el estudio. Las más destacables vienen a ser dos, la primera es la elongación final y la segunda, la elongación elástica.

La elongación final indispensable para cualquier material. Y viene a representar la cantidad de estiramiento que se pueden enviar antes de que se rompan. El alargamiento elástico es la cantidad de alargamiento que se puede lograr sin cambiar significativamente la forma del producto. En otras palabras, la cantidad que se podría ofrecer volvería a su altura original una vez que se detuviera la violencia. Lo cual es especialmente fundamental si hablamos de cualquier sea el tipo de material elastomérico. El elastómero debe poder estirarse un poco y luego volver a su longitud original. Gran parte de estos elastómeros suelen alargarse en un intervalo de 200% y de 700% para luego reestablecer su longitud de inicio sin presentar inconveniente alguno.

**La norma ASTM D624 tipo C:** El modelo Tipo C no poseen arcos, tienen un ángulo recto (90°) en un lado y bordes afilados. El diseño de esta parte de la prueba funciona principalmente en paralelo y se orienta con la lengüeta hacia la dilatación que poseen las mordazas. ASTM D624 Tipo C conlleva un riesgo para la ruptura, también conocida como ruptura de factores estresantes en el pico de los 90°. Si el inicio de los desgarros no ocurre en el pico, el efecto es más fuerte que los desgarros.

**La Normas DIN 53516 · UNE 53527** se realiza mediante probetas con forma de cilindro de 16mm de diámetro la cual tiende a desplazarse longitudinalmente sobre un cilindro incluido de un movimiento rotatorio el cual es tapado con la ayuda de un telar de esmeril, logrando de esta forma un recorrido de la probeta igual a los 40m sin que esta ocupe posiciones iguales a las que ocupó antes. En el tiempo que dura este ensayo la muestra va a estar experimentando fuerzas equivalentes a los 10N en cauchos duros también 5N en los cuchos blandos. Al final el resultado será expresado por la disminución de la abrasión, la cual está mencionada en mm<sup>3</sup>, en otras palabras, la disminución de pesaje se encuentra dividida por los efectos de la densidad propia del tipo de material. Motivo por el cual entre menor resulte el valor, mayor será la respuesta a la abrasión que

posee el elastómero. En el desarrollo de este trabajo de investigación obtuvimos algunos resultados dada que la investigación tiene un diseño experimental con post test y grupo control. Esto se refiere a que la manipulación de la variable independiente alcanza solo dos niveles: presencia de y ausencia de (Hernández Sampieri, 2010).



Dónde:

A: Grupo experimental

B: Grupo control

O: Observación, medida registrada en el post test

X: Tratamiento.

% de caucho		5	10	15
Asfalto	Sin utilizar caucho	6.8	4.3	3.1
	Utilizando Caucho	7.8	5.2	3.2
resistencia a la compresión	Sin utilizar caucho	3.3	4.2	4.2
	Utilizando Caucho	4.3	4.0	4.2
resistencia a la flexión	Sin utilizar caucho	1692	1870	1858
	Utilizando Caucho			
Estabilidad	Sin utilizar caucho			

	Utilizando Caucho	2241	2184	2041
Denso	Sin utilizar caucho	2.342	2.37	2.5
	Utilizando Caucho	2.371	2.38	2.38

Con esto entro en discusión con lo siguiente: De acuerdo al análisis y discusión obtenido del trabajo de investigación, podemos decir con certeza que existen ventajas cuando en las mezclas asfálticas se incluye el caucho, al compararlas con mezclas de asfalto que no poseen en su composición el caucho, se optimizan. Podemos distinguir las ventajas obtenidas de la siguiente manera: En lo técnico, se incrementa la resistencia al deterioro por el uso y a la oxidación que poseen todos los ligantes asfálticos; observamos un incremento en la resistencia que posee la mezcla de asfalto frente al agrietamiento; optimiza su efectividad de resistencia al calor producido por el ligante de asfalto; decrece el bullicio ocasionado por la rodadura. Económicamente, dado que esta mezcla asfáltica posee mayor duración, no existe la necesidad de mantenimiento muy costosos. En lo que respecta a la protección del medio ambiente, el uso de caucho nos va a ayudar a reducir los desperdicios de llantas usadas que causan impactos negativos en el ambiente. Y por último socialmente, vamos a generar mayores oportunidades laborales, ya que se aumentarían las empresas de reciclaje, en este caso de caucho o llantas desechadas.

#### **IV. Conclusiones:**

- Se determina que con un 10% de inclusión de caucho reciclado para las mezclas de asfalto es suficiente para obtener una resistencia óptima en el asfalto obteniendo mejores resultados que en una mezcla convencional.
- La resistencia a la compresión obtenida con el caucho reciclado es mayor a la convencional independiente del porcentaje de caucho que se haya utilizado.

- La mezcla de asfalto que poseen porcentualmente caucho, lograr un aumento de flexibilidad en sus propiedades físicas, brindando la propiedad de disminuir su deformación.
- El caucho que se obtiene producto de reciclar neumáticos debe ser de gran utilidad para el sector de la construcción, debido a que su uso nos favorece en la ejecución de pavimentos y vías, por lo tanto, es seguro que ayudará a reciclar el caucho que generalmente es usado como desperdicio.

#### **V. Recomendaciones:**

- Desarrollar ensayos con mezclas asfálticas para mejorar aspectos físicos mecánicos del mismo como son la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Continuar con los estudios granulométricos, pero con diferentes porcentajes de caucho reciclado a fin de encontrar el porcentaje óptimo.
- Utilizar el caucho en el asfalto de ciertos tramos para revisar su comportamiento.

## REFERENCIAS

- Álamo N. R. (1973-1974). Muros de bloques de concreto. Revista IMCYC, 1.
- Arrieta, J., & Peña Herrera, E. (2001). Fabricación de Bloques.
- Arrieta, J, & Muñoz, F. (2011). Características de resistencia del hormigón con ceniza., Universidad austral de Chile.
- Asocem. (s.f.). La adición de partículas de neumáticos reciclados en el concreto Recuperado de: [http://www.asocem.org, pe/web/\\_actual/net.lmaticos](http://www.asocem.org.pe/web/_actual/net.lmaticos), pdf
- Castro, G. (2008). Materiales y compuestos para la industria de /os neumáticos. Buenos Aires, Argentina.
- Cantanhede & Monge (2002). Estado del Arte del Manejo de Llantas Usadas en Las Américas. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. OPS. Lima Consulta: 6 de junio de 2017. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd24/manejo.pdf>
- Peña Herrera, D. (xxx). Fabricación de Bloques Huecos de Concreto con una Mesa Vibradora. Lima.
- González G. (1983). Bloques de Concreto. Revista IMCYC.
- Hernández (2013). Plan tecnológico del proceso de reciclado de llantas. Universidad Autónoma de Querétaro. México. Swaneck (2011). Reciclado de Neumáticos Fuera de Uso y su Aplicación en la Construcción. Universidad Mayor - Facultad de Ingeniería. Chile.
- Kozievith, & Pino. (2001). Comportamiento del caucho pulverizado proveniente de llantas con el cemento portland. EEUU.
- Ramírez, N & Muñoz, G. (2010). Tesis: Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco. Universidad de Chile. Santiago. Chile.
- Revista Ingeniería Construcción. Hormigón liviano de alto desempeño – una comparación entre pérdidas de pretensado reales y estimadas por los códigos de diseño. Chile.
- Revista Tecnología y Construcción. Hormigón Celular: La “sustentabilidad” y Ahorro energético llegaron al hormigón. Recuperado de <http://www.revistatc.com/?p=3678>

- Rivva, E. (1992). Tecnología del Concreto, Diseño de Mezclas. Lima: HOZLO S.CR.L.
- Sánchez, D. (1993). Tecnología del Concreto y del Mortero. En D. Sánchez, Tecnología del Concreto y del Mortero (pág. 349). Bogotá: Lta. Santa Fé de Bogotá.
- Toutanji, A. (1996). El uso de caucho de neumáticos partículas en concreto a Reemplazar Mineral Agregados, Journal of Cemento y Composites de hormigón. Vol. 18, EE.UU.
- ALBANO, C., CAMACHO, N., REYES, J., FELIU, J.L., HERNANDEZ, Influence of scrap rubber addition to Portland I concrete composites: Destructive and nondestructive testing, Composite Structures, (2005).P.71, 439-446.
- GUZMÁN, D. Z. Tecnología del concreto y del mortero”, Edición quinta, Bogotá D.C. Bhandar Editores Ltda. 2001.349 P. Pontificia Universidad Javeriana.
- INSTITUTO DE CONCRETO, “tecnologías y propiedades,” colección básica del concreto, 12-15, 2000
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Presentación de trabajos escritos. 2 ed. Bogotá: ICONTEC, 1996. p 42 (NTC 1486)
- INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (IVIC), revista Facultad de ingeniería de la universidad central de Venezuela, volumen 3, 2007. Isa, C. A., & Salem, G. utilization of recycled crumb rubber as fine aggregates in concrete mix design, construction and building materials, 48-52, 2013.
- JOSÉ CONCRETOS. Manual de consejos prácticos sobre el concreto. Bogotá: Edición: lunes por, de 2007 Reimpresión 2003, Asociación Colombiana de Productores de Concreto, ASOCRETO. 146 p.
- Entrevistado LLERAS G.V, Ministro de Transporte ¿para qué sirven las llantas que son desechadas?, (noticia caracol,), Bogotá junio 2015.

- Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. Resolución numero 0325 sistema de recolección selectiva y gestión ambiental del residuo de llantas usadas y se adoptan otras determinaciones, Bogotá D.C (2012), P 15.
- MUÑOZ OJEDA, R.F. Características de resistencia del hormigón con ceniza, Valdivia chile, universidad austral de chile, (2011), P.20.
- PELISSER, F., ZAVARIZE, N., LONGO, T.A., & BERNARDIN, A. M: Concrete made with recycled tire rubber, effect of alkaline activation and silica fume addition, En: journal of cleaner production, Brazil (2011). P 75-76
- SALGADO BARRA, B., & MOMM, L. evaluación de las características físicas y químicas de los rellenos minerales de piedra caliza y polvo de piedra en la formulación de los morteros asfálticos, Santa Catarina, (2009). P 125.
- TOUTANJI H.A. El uso de caucho de neumáticos partículas en concreto a Reemplazar Mineral Agregados, Journal of Cemento y Composites de hormigón, EE.UU. (1996), vol. 18, No. 2.