



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Incorporación del caucho reciclado para mejorar las propiedades físico-mecánicas de la capa asfáltica en la av. San Felipe, Comas-2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Cerna Rivas, Alexander Gabriel
<https://orcid.org/0000-0002-0965-4305>

Herbas Uquiche Jhann Carlos
<https://orcid.org/0000-0002-9547-8757>

ASESOR:

Dr.Ing. Tello Malpartida Omar Demetrio
<https://orcid.org/0000-0002-5043-6510>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ
2020

Dedicatoria

A Dios con mucho amor y gratitud, por ser mi guía espiritual para llegar a concluir mis metas.

A mis padres por el apoyo constante
Martha Rivas y Alejandro Cerna

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito.

Alexander Gabriel Cerna Rivas

A El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

Jhan Carlos Herbas Uquiche

Agradecimiento

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi profundo agradecimiento a todas las personas, amigos y compañeros por abrirnos las puertas y compartir conocimiento con nos otros y así permitirnos realizar todo el proceso investigativo con éxito

De igual manera mis agradecimientos a la universidad cesar vallejo sede lima norte, a toda la Facultad de ingeniería civil, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente queremos expresar nuestro más grande y sincero agradecimiento a nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional

Índice de contenidos

Caratula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	I
Índice de contenidos	II
Índice de gráficos y figuras.....	V
Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	5
II. MARCO TEÓRICO.....	9
III. METODOLOGÍA	24
3.1. Tipo y Diseño de la investigación.....	25
3.2. Variables y operacionalización.....	25
3.3. Población, muestra y muestreo.....	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.5. Procedimientos	30
3.6. Método de análisis de datos	32
3.7. Aspectos éticos.....	32
IV. RESULTADOS.....	33
V. DISCUSIÓN.....	61
VI. CONCLUSIONES	65
VII. RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS.....	72
ANEXOS	
Índice de tablas	

Tabla N°1: Requerimiento para agregados grueso	21
Tabla N°2: Requerimiento para agregado fino	22
Tabla N°3: Gradación para mezcla asfáltica en caliente MAC	23
Tabla N° 4. Parámetros de diseño en mezcla asfáltica en caliente	24
Tabla N°5: Vacíos mínimos en agregado	25
Tabla N° 6: Temperatura media anual.....	26
Tabla N°7. Fichas técnicas.....	29
Tabla N°8. Formato de Inspección	29
Tabla N°9. Formato de certificado y calibración, ensayos	30
Tabla N°10. Composición granulométrica del agregado grueso.....	38
Tabla N°11. Composición granulométrica del agregado fino.....	40
Tabla N° 12. Resultados del Ensayo de Limite Liquido y Limite Plástico.....	42
Tabla N° 13. Resultados del Ensayo Equivalente de Arena	43
Tabla N° 14. Resultados Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso	44
Tabla N° 15. Resultados Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.....	45
Tabla N°16. Resultados al desgaste por abrasión.....	47
Tabla N°17. Resultados Porcentaje de caras Fracturadas.....	48
Tabla N°18. Resultados Porcentaje de Partículas Chatas y Alargadas.....	49
Tabla N°19: Resultados de Valor Azul de Metileno para Rellenos Minerales, Arcillas y Finos	52
Tabla N°20: Cuadro de Resumen de Ensayos Realizados a los Agregados Pétreos.....	52
Tabla N°21. Características del Cemento Asfáltico	54
Tabla N°22. Certificación del cemento asfáltico 60-70	55
Tabla N°23. Análisis granulométrico muestra patrón.....	56

Tabla N°24. Resultado de Ensayo de Gravedad Específica Teórica Máxima -Rice	
58	
Tabla N°25. Resultado de Ensayo Índice de Compatibilidad.....	59
Tabla N°26. Resultado de Ensayo de Resistencia Conservada (AASHTO T283)	59
Tabla N°27. Cuadro de Resumen de Diseño de Mezcla en Caliente Método Illinois - Marshall modificado	46
Tabla N°28. Composición granulométrica del caucho reciclado.....	47
Tabla N°29 Resultado de Ensayo de Resistencia Conservada con Adición de 1% de Caucho Reciclado	49
Tabla N°30. Cuadro de Resumen de Diseño de Mezcla en Caliente Método Illinois - Marshall modificado con 1 % de grano de caucho reciclado.....	50
Tabla N°31. Resultado de Ensayo de Resistencia conservada con Adición de 2% de Caucho Reciclado	51
Tabla N°32. Cuadro de Resumen de Diseño de Mezcla en Caliente Método Illinois - Marshall modificado con 2 % de grano de caucho reciclado.....	52
Tabla N°33. Cuadro del ensayo Marshall de mezcla con incorporación de caucho	54
Tabla N°34. Cuadro de resumen de C. A.....	54
Tabla N°35. Porcentaje de vacíos con aire o (simplemente vacíos) EG-2013.....	55
Tabla N°36. Resistencia conservada AASHTO T 283-EG2013.....	56
Tabla N°37. Vacíos de agregado mineral EG-2013.....	57
Tabla N°38. Flujo EG-2013	58
Tabla N°39. Estabilidad EG20133.....	59
Tabla N°40. Resistencia a la compresión EG-2013.....	60

Índice de gráficos y figuras

Gráfico N°1. Curva Granulométrica de agregado grueso	39
Gráfico N°2. Curva Granulométrica de agregado fino	41
Gráfico N°3. Curva Granulométrica de Resumen de los Ensayos Realizados a los Agregados Pétreos	54
Gráfico N°4. Curva granulométrica diseño patrón	57
Gráfico N°5. Curva Granulométrica del caucho reciclado	48
Gráfico N°6: Porcentaje de vacíos con aire.....	55
Gráfico N°7. Resistencia conservada AASHTO T 283-EG2013.....	56
Gráfico N°8. Porcentaje vacíos de agregado mineral.....	57
Gráfico N°9. Flujo.....	58
Gráfico N°10. Estabilidad	59
Gráfico N°11. Resistencia a la compresión	60
Figura N°1. Estructura del neumático.....	19
Figura N°2. Proceso adición polvo NFU al asfalto por vía seca	21
Figura N°3. Ubicación de la muestra	27
Figura N°4. Adquisición de agregado.....	34
Figura N°5. Adquisición de GCR.....	34
Figura N°6. Agregados pétreos de la mezcla.....	35
Figura N°7. Martillo de compactación y medidor de Flujo	36
Figura N°8. Análisis de la grava	37
Figura N°9. Análisis de porcentaje de arena	43
Figura N° 10. Máquina de los ángeles.	46
Figura N°11. Preparación de la briqueta 75 golpes.....	58

Figura N° 12. Máquina Marshall – Rotura de briquetas.....	53
Figura N° 13. Extracción de la Briqueta	53

Resumen

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar en qué medida mejora la incorporación de caucho reciclado de neumáticos las propiedades físico mecánicas en la capa asfáltica del pavimento flexible en la av. San Felipe, Comas. El tipo de investigación es aplicada y el diseño es cuasiexperimental. Se ha tomado como población todo el tramo de la av. San Felipe que comprende 2 km de longitud. El muestreo es no aleatorio, la muestra fue de 733.00 ml que evidencia el mayor daño, se describe el proceso seco empleado para obtener el asfalto modificado con grano de caucho. Asimismo, para el diseño de las mezclas se utilizó el método Marshall, con el cual se pudo evidenciar las mejoras en los resultados. Para la mezcla asfalto-caucho por el proceso seco se añadió el 1% y 2% de grano de caucho en reemplazo de una pequeña parte del agregado fino y para evaluar el desempeño se realizó un análisis comparativo de la mezcla patrón con la modificada. Se realizó los ensayos como el porcentaje de vacíos, resistencia conservada, porcentaje de vacíos de agregado mineral, flujo, estabilidad y resistencia a la compresión teniendo un total de 33 especímenes evaluados. De los resultados obtenidos se puede observar que existe una mejora en la estabilidad de 14.02 KN, mayor resistencia a la compresión de 2.9 Mpa y óptima resistencia conservada de 82% en la mezcla modificada con el 6.10% Cemento Asfáltico, lo cual mejora la durabilidad y las deformaciones por las cargas producidas por el tráfico. Con lo que evitaríamos el desgaste prematuro y el aumento de los plazos de mantenimiento por ende reducen su costo total. Finalmente, se ha determinado que con la adición de 1 % de caucho reciclado en el agregado fino tiene un mejor desempeño y ha mejorado las propiedades físico mecánica del pavimento asfáltico.

Palabras clave: Caucho reciclado, capa asfáltica, propiedades físico mecánicas de pavimentos

Abstract

This research work aimed to determine to what extent the incorporation of recycled rubber from tires improves the physical-mechanical properties in the asphalt layer of the flexible pavement in the av. Saint Philip, Comas. The type of research is applied and the design is quasi-experimental. The entire stretch of av. San Felipe, which is 2 km long. The sampling is non-random, the sample was 733.00 ml which shows the greatest damage, the dry process used to obtain the modified asphalt with rubber grain is described. Likewise, for the design of the mixtures, the Marshall method was used, with which it was possible to demonstrate the improvements in the results. For the asphalt-rubber mixture by the dry process, 1% and 2% of rubber grain were added in replacement of a small part of the fine aggregate and to evaluate the performance a comparative analysis of the standard mixture with the modified one was carried out. The tests were carried out as the percentage of voids, conserved resistance, percentage of voids of mineral aggregate, flow, stability and resistance to compression, having a total of 33 evaluated specimens. From the results obtained, it can be observed that there is an improvement in stability of 14.02 KN, greater compressive strength of 2.9 Mpa and optimum conserved strength of 82% in the modified mix with 6.10% Asphalt Cement, which improves durability. and deformations due to the loads produced by traffic. With which we would avoid premature wear and the increase of maintenance times, therefore reducing your total cost. Finally, it has been determined that with the addition of 1% of recycled rubber in the fine aggregate it has a better performance and has improved the physical-mechanical properties of the asphalt pavement.

Keywords: Recycled rubber, asphalt layer, physical-mechanical properties of pavements

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo actualmente se encuentra presente el problema de la contaminación ambiental de las cuales una parte lo produce la gran demanda de neumático en todas las escalas ya que cada vez hay una mayor aparición de vehículos en la sociedad y la conducción del residuo sólido se convierte en un problema, particularmente un tipo de desecho que ocasiona dificultad en su procesamiento lo compone los neumáticos en abandono también nombrado neumático fuera de uso (NFU). La gran dificultad se encuentra en lo complicado para su eliminación cuando cumple su vida útil.¹ Existe el planteamiento para valorizar el residuo bajo circunstancias económicas aceptables y en proporción suficiente a fin de enfrentar el incremento de cargas por tránsito que se ocasionan anualmente sobre los pavimentos.²

En América del Norte y América Latina entre ellos se encuentra Brasil, existen investigaciones en donde la incorporación del residuo de caucho en la carpeta asfáltica se encuentra reglamentada por la norma ASTM (American Society for Testing and Materials).³ Hoy en día España vende 35 millones de llantas/año y en Europa se elabora alrededor de 2,584 140 tn/año así mismo EEUU logra una fabricación de 3.6 millones de tn/año por ello el gobierno español obliga a reciclar los neumáticos para carreteras y adjudica que todas las carreteras deberán construirse utilizando el caucho reciclado ya que existe 300 kilómetros de carreteras de goma construidos con neumáticos usados y esta incorporación brinda mejoras en el pavimento. ⁴

En el Perú existe mucho desecho de neumáticos fuera de uso y esto perjudica al medio ambiente, en Arequipa recicladores quemaron neumáticos provocando contaminación y este hecho lo hacen constantemente (RPP, 2017).⁵ Actualmente se viene utilizando el caucho reciclado, pero optando más para otros beneficios como canchas deportivas y pistas atléticas, no existe ahora evidencia de pavimentos con mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado en el Perú por ese motivo es necesario evaluar la incorporación de caucho reciclado para brindar una mejora el comportamiento de las propiedades de la capa asfáltica cuando son sometidas a diferentes cargas y distinto ambiente, que en este momento se presenta en nuestra avenida.

Problema General, ¿En qué medida mejorara la incorporación de caucho reciclado las propiedades físico mecánicas de la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020?

Justificación práctica, Este proyecto de investigación justifica la incorporación del caucho en la capa asfáltica para ayudar a resolver un problema practico y se justifica con los resultados conseguido por los ensayos que se aplicará al asfalto así tiene implicancia para aumentar las propiedades físico mecánicas de la capa asfáltica utilizando el caucho reciclado que se encuentra en la zona para darle valor al material reciclado.

Justificación económica, Ya que los neumáticos fuera de uso son fácil de conseguir, el costo de la carpeta asfáltica innovada será menor al de la carpeta asfáltica convencional por ende reduce el precio de construcción así dando mayor incentivo para reciclar neumáticos y a su vez se va producir más carreteras asfaltadas para benéfico del sector transporte.

Justificación social, Hoy en día en otros países existe la implementación del caucho reciclado para la capa asfáltica, sin embargo, en el Perú se tiene poca información y experiencia en el uso de esta mezcla asfáltica, por ello al utilizar el material reciclado de la zona ayudara a solucionar el problema de la contaminación ambiental y a la vez brindara trabajos de mano de obra en los vecinos de la zona, también se beneficiara la sociedad al incorporar esta nueva tecnología de mezclas asfálticas modificadas .

En la siguiente investigación tiene como **objetivo general**. Determinar en qué medida mejorara la incorporación de caucho reciclado las propiedades físico-mecánicas de la carpeta asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020.

Los Objetivos Específicos son:

- Determinar en qué medida influirá la incorporación del caucho reciclado el porcentaje de vacíos en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020.

- Determinar en qué medida mejorará la incorporación del caucho reciclado en cuanto a la resistencia conservada en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020.
- Determinar en qué medida mejorara la incorporación del caucho reciclado el porcentaje de vacíos del agregado mineral en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020.
- Analizar de qué manera mejorará la incorporación del caucho reciclado el flujo en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020.
- Analizar de qué manera mejorará la incorporación del caucho reciclado la estabilidad en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020.
- Analizar de qué manera mejorará la incorporación del caucho reciclado la resistencia a la compresión en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020.

La **hipótesis general** es como la incorporación del caucho reciclado mejora satisfactoriamente las propiedades físico mecánicas de la capa asfáltica en la avenida San Felipe-Comas 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Ragab y Abdelrahman (2018) en su artículo científico “Improved storage stability of granulated rubber modified asphalt by controlling its internal network structure” denota como objetivo general determinar los resultados de un estudio sobre la resistencia de agrietamientos por fatiga de dos tipos de mezclas bituminosas (SMA y arena ligada con betún) fabricadas y modificadas con caucho reciclado granulado con polímeros con elastómeros SBS. Lo cual, esta investigación presenta una investigación experimental y deriva los agrietamientos por macrofatiga de mezclas bituminosas relacionado y enfocados con sus propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica, dada a sus grandes ventajas económicas y medioambientales en un 15% según la patología de las carreteras. Debido a las mejoras en las propiedades mecánicas aportadas tras la aportación de neumáticos reciclados, las mezclas recicladas con estos ligantes se postulan como una solución fiable a esta problemática planteada por los autores. ⁶

Tai y Nhan (2018) en su artículo científico “Effects of granulated rubber content and curing time on the properties of asphalt concrete and Stone putty asphalt by dry process” abarca como objetivo general reducir eficazmente este tipo de desechos sólidos, incluido la reutilización del polvillo de caucho reciclado de neumáticos, como aditivo para mejorar el rendimiento de las mezclas asfálticas. Los efectos del caucho granulado sobre las propiedades mecánicas, especialmente la resistencia a la formación de surcos, del hormigón asfáltico modificado en la carpeta asfáltica variando dos factores, a ser aditivo y en el tiempo de curado. La dimensión de caucho reciclado utilizado varía de 0 a 2.36mm, que no es demasiado grueso para promover la interacción y no es demasiado fino para facilitar la producción de reciclaje de caucho. Los porcentajes de polvillo de caucho fueron aumentando gradualmente desde 0 a 3% para examinar los efectos del contenido óptimo, siendo de 1.5 a 2%, mientras que no se pudo determinar el tiempo de curado óptimo que contribuye al máximo incremento en las características mecánicas de ambas mezclas asfálticas. ⁷

Saberian y Thach (2018) en su artículo de investigación “Effect of granulated rubber on the mechanical properties of crushed recycled flooring materials” denota como objetivo general reusar el caucho reciclado en la capa asfáltica del pavimento, sin

embargo, la información sobre los efectos del caucho desmenuzado y su tamaño dentro de los agregados de construcción y demolición como capas de sub base y base están muy limitadas. Lo cual, se utilizó caucho en migajas con tamaño de partículas que van de 10 a 15mm, hormigón triturado reciclado de 20 mm y roca triturada de 20mm. El caucho desmenuzado se añadió a los grupos de agregados en porcentajes como de 0.5%,1% y 2% en proporción al peso de los agregados. Luego, se examinó el efecto del caucho en migajas sobre las propiedades mecánicas (con la relación de carga de California, la resistencia a la compresión no confinada, el valor de trituración del agregado, el penetrómetro de cono de luz dinámica, el valor de impacto de Clegg), valores de abrasión y modulo resiliente de los Ángeles. Con base en los resultados experimentales, se encontró que el caucho reciclado puede reciclarse como material de desecho para la carpeta asfáltica en un 90% de fiabilidad. ⁸

Chamorro y Chancusi (2017), en su investigación titulada “Estudio de las propiedades mecánicas del asfalto modificado con polvo de caucho reciclado incorporado por vía húmeda y por vía seca frente al asfalto flexible sin modificación” sustentado en la Universidad Central del Ecuador para obtener el título de ingeniero Civil. Su objetivo fue analizar las propiedades mecánicas del asfalto con polvillo reciclado de caucho, adicionado por vía húmeda y seca, mediante ensayos en el laboratorio, para obtener una composición óptima y ecológica para ejecución de vías, su metodología fue aplicada – experimental. La muestra tuvo como ensayos de penetración, Punto de Reblandecimiento, Ductilidad, Punto de Inflamación, Ensayo de la Marshall de asfalto y Peso Específico, dichos fueron realizados bajo las normativas correspondientes. Se concluyó que la granulometría y cantidad de materiales, en mezcla asfáltica es muy importante para obtener el asfalto óptimo, ya que una correcta composición de los agregados reducirá los espacios entre partículas y por lo tanto disminuirá la cantidad de asfalto necesaria para llenar dichos vacíos. ⁹

Ramírez (2015), en su investigación titulada “Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco” sustentado en la Universidad de Chile para obtener el título de Ingeniería Civil. Su finalidad fue

analizar la conducta mecánica de mezclas asfálticas con incorporación de caucho, como agregado fino. La metodología fue aplicada – experimental. La muestra fue dos tramos de la Ruta 60 y 65, sus escenarios climáticos de la zona son las más rigurosas en toda la región, se elaboró un diseño Marshall con la adición de caucho para determinar mejoras en estas condiciones. Concluyó que, el caucho en vía seca, disminuye el porcentaje de huecos con aire y de vacíos en agregado mineral. ¹⁰

Díaz y Castro, (2017), en su investigación titulada “Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá” para optar el título de ingeniero civil publicado en la Universidad Santo Tomás, Colombia. Su finalidad fue examinar la incorporación del grano reciclado de caucho, dentro del asfalto. La metodología fue aplicada-experimental. En donde se concluye, que la incorporación de granos de cauchos reciclados, son óptimos para lograr mejoras en la problemática de ahuellamiento, disminuye el porcentaje de los vacíos de aire. En principio el análisis realizado, refleja que el ahuellamiento y otros factores, se favorecen por no tener compactación. La solución fue incrementar los ciclos, más determinó que incorporando granos de caucho los ciclos pueden tender disminuir, por tanto, los cauchos reciclados mejoran sus propiedades, en comparación a un asfalto convencional. ¹¹

Domínguez, (2017) en su investigación “formulación de concretos bituminosos con asfalto modificado, caucho reciclado y asfáltica” para optar el título de ingeniero civil por la Universidad Industrial de Santander de Bucaramanga. Su metodología fue aplicada- experimental, sus muestra fueron los ensayos Marshall, objetivo de estudio, obtenerse un ligante más rígido y resistente, estudio experimental en cual los resultados, la estabilidad y flujo no tienen mucha diferencia diferenciados en cuanto a la mezcla convencional pero contenidos de ligante de adición por vía seca, 4.8% adición por vía húmeda y 6.0% nos da un claro resultado que el costo económico de la mezcla sería menor cuando la mezcla se hace por vía húmeda con mayor con capacidad estructural. ¹²

Ubidia L. (2019) en su investigación “Diseño de pavimento flexible con la utilización de polvo de caucho reciclado para minimizar la generación de fisuras del Jr. Jorge Chávez cdra. 01-09 Ciudad de Tarapoto San Martín.” Para obtener el título de ingeniero civil por la universidad cesar vallejo tuvo como finalidad utilizar el reciclaje de caucho, en pavimento flexible minimizando la generación de fisuras. su metodología fue experimental y según los resultados obtenidos concluyó, los valores altos en Estabilidad MARSHALL, mejoran el comportamiento a la fatiga y ahuellamiento.¹³

Maguiña W. (2019) en su investigación titulada “Caucho reciclado de llantas en la mezcla de Asfalto a Compresión para mejorar las Propiedades Mecánicas” para optar el grado de Maestro en Ingeniería Vial con Mención en Carreteras, Puentes y túneles por la universidad Ricardo palma en el cual tuvo como objetivo Diseñar un asfalto con adición de granos de caucho reciclado, procesado por vía húmeda, para la mejora de las propiedades mecánicas. su metodología fue aplicada-experimental, la muestra fue 16 briquetas con distintos diseños de mezcla según los resultados que obtuvo concluyo con lo siguiente, asfalto modificado grano de caucho reciclado 3.0%. mejora el comportamiento físico-mecánico en cuan a resistencia a la deformación, recuperación elástica por torsión, hasta 37% más que el asfalto convencional.¹⁴

Salvatierra, (2014) desarrollo su tesis titulada “Desarrollo de un aglomerado asfáltico con polvo de caucho, en la ciudad de Huanta- Ayacucho” para obtener el grano de Ingeniero Civil sustentado en la universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Tuvo como objetivo conseguir un aglomerado asfáltico, utilizando el polvillo del reciclaje neumáticos, para emplearlo en las capas asfálticas viales. La metodología es aplicada-experimental. En la muestra asfáltica se adiciono el 0.5%, 1% y 1.5% del polvillo de neumáticos, mediante el proceso de vía seca. Se concluyó que el polvillo de neumáticos puede ser utilizado acertadamente en la mejora de las propiedades mecánicas y tiene parámetros óptimos de la adición del caucho reciclado de las mezclas asfálticas, a la misma vez concluye, que el contenido óptimo de caucho de 5% resulto ser el que presento los mejores resultados.¹⁵

Granados (2017), en su investigación “Comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas en caliente modificada con caucho mediante proceso por vía seca respecto a la mezcla asfáltica convencional” para optar el título de Maestro en Ingeniería vial con mención en carretera, puentes y túneles en la universidad Ricardo Palma. Tuvo como finalidad analizar la influencia de los granos de caucho, dentro del asfalto, mediante el proceso por vía seca, respecto a la mezcla asfáltica convencional. La metodología fue aplicada-experimental. La muestra se elaboró de acuerdo a las normativas de diseños ya establecidas. Se concluye que la resistencia obtenida por tracción indirecta del asfalto modificada con adición de 0.5% de caucho, por encima del valor del asfalto convencional. Así se determina que la adición de caucho disminuyó el efecto negativo de agua, logrando una resistencia alta y conservada. ¹⁶

Flores (2018), desarrollo una investigación titulada “Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda. Avenida Perú, Callao 2018” para obtener el grado de Ingeniero Civil, sustentado en la Universidad César Vallejo, cuya finalidad primordial fue estudiar la conducta mecánica del asfalto adicionándole residuos de cauchos en vía húmeda. Realizo una metodología aplicada-experimental, su muestra fue estratificada elaborando 124 briqueta. Se concluyó que el mejor resultado fue obtenido con la adición de un 5% mediante vía húmeda, con dicho porcentaje se logró mantener una deformación estable e incrementa su resistencia a la compresión en un (8%), incrementa la resistencia al daño provocado por la humedad (susceptibilidad térmica) en un (7%); se logró una mejora en el desenvolvimiento mecánico, obteniendo mayor vida útil en la carpeta asfáltica. ¹⁷

Álvarez y Carrera (2017), desarrollo una investigación titulada “Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica” para obtener el grado de Ingeniero Civil, sustentado en la Universidad Privada Antenor Orrego en Trujillo. Su finalidad principal fue el analizar la influencia de la adición de reciclaje de llantas trituradas dentro de las propiedades físicas del asfalto. Su metodología fue aplicada-experimental. La muestra se obtuvo de datos de laboratorio y hojas de cálculo de los agregados de la empresa Areneras Jaén SAC y

el GCR de la empresa Stragross SAC. Se concluyó que las adiciones de caucho en 1.5% y 2% introducido por vía seca, mejora el flujo de estabilidad, la resistencia a la compresión, esta adición logra disminuir al momento de aumentar los porcentajes de caucho; asimismo las características físicas de densidad bulk es recíprocamente proporcionado a los porcentajes adicionados de caucho. ¹⁸

Siguiendo con la investigación se mencionará las siguientes bases teóricas:

El **asfalto** en caliente (WMA) y el rejuvenecedor se utilizan ampliamente hoy en día debido a los numerosos beneficios ambientales y económicos. Este estudio evaluó los efectos tecnológicos de la composición en caliente del asfalto (WMA), rejuvenecedor sobre resistencia en la formación de surcos, la firmeza al agrietamiento y a la susceptibilidad de la humedad de tres tipos de mezclas de asfalto. Los tres tipos de mezclas de asfalto fueron (a) una mezcla de asfalto con 50% de pavimento de asfalto recuperado (RAP), (b) una mezcla de asfalto con 50% de RAP y rejuvenecedor, (c) una mezcla tibia que contiene 50% de RAP. Las mezclas de WMA fueron producidas por plantas con una tecnología de formación de espuma comúnmente utilizada en los Estados Unidos. [1] ¹⁹

Los **asfaltos modificados** en los últimos años la innovación y la tecnología con referente al asfalto en pavimentos se han incrementado a nivel mundial como objetivo único mejorar desempeño en la capa asfáltica y esta nos ha permitido alargar su duración, ser más resistentes entre otros factores esenciales y su manteniendo en condiciones más severas. El agrietamiento térmico a baja temperatura, la rigidez de fluencia y la evaluación son los principales parámetros de la prueba. menor rigidez y mayor evaluación son atributos preferibles desde el punto de vista del agrietamiento térmico, una rigidez más baja da como resultado una menor tensión de acumulación debido a la deformación térmica y una evaluación más alta indica una mayor capacidad del aglomerante de asfalto para relajar la tensión de la deformación térmica. [2] ²⁰

Las **mezclas asfálticas**, denominadas también como aglomerado, es una combinación de minerales pétreos y ligantes, las proporciones inherentes de estos minerales

nos establecen propiedades físicas en una composición asfáltica, para un fijar rendimientos en su uso, ya sean estas como capetas de rodadura o capas menores, con funciones aceptables para obtener un plano de rodamiento cómodo y económico, para vías seguras para la circulación de vehículos, el método más común y utilizado para diseños asfálticos en caliente, es el Método Marshall AASHTO T 245 - ASTM D 15559.²¹

Propiedades físico-mecánicas en las mezclas asfálticas, un estudio sobre las propiedades mecánicas de asfalto mixto con reciclaje de caucho, los resultados del estudio indican que la modificación del caucho aumenta la rigidez y la relación de amortiguación, lo que lo convierte en un material muy atractivo para su uso en la construcción de carreteras. Por lo tanto, se puede concluir que agregar una cierta cantidad de caucho a una mezcla asfáltica puede disminuir levemente la rigidez, al tiempo que aumenta significativamente la amortiguación.²²

La **impermeabilidad** en un suelo, es la firmeza ante el ingreso de agua y aire en las capas interiores, estas características están relacionadas con las mezclas compactadas para disminuir el contenido de vacíos, aunque esta relación del contenido de vacíos en las mezclas compactadas, indica el ingreso potencial del agua- aire al interior de un suelo pavimentado, el contenido de vacíos es bastante significativo, ya que el grado de impermeabilidad, es determinante por la dimensión de espacios vacíos, y el acceso que tiene al interior por estos vacíos para determinar la durabilidad de la es importante en el asfalto tener un cierto grado de impermeabilidad pero siempre respetando las especificaciones técnicas [...]. **[1]**²³

La resistencia a la comprensión, la principal característica de la capa asfáltica, se precisa como la capacidad máxima para resistir cargas vehiculares, por unidad de área $RC = \text{Fuerza (N)} / \text{Área (m}^2\text{)}$ norma ASTM- 0695. Estos resultados se emplean principalmente para establecer la resistencia del material asfáltico, cumpliendo con las especificaciones técnicas en la estructura del pavimento (ASTM D638). “[...]. **[2]**²³

La **estabilidad** en mezclas asfálticas, es un máximo de su capacidad para soportar imperfecciones, deformaciones o desplazamientos transcurridos de cargas vehiculares y se puede precisar en kg/ cm² como contexto en un suelo asfaltado, este debe ser capaz de conservar su forma y textura, soportando diferentes pesos repetidos de vehículos, un pavimento asfáltico no estable, desarrolla a temprana edad ahuellamientos, adulaciones entre otros cambios como fisuras [...]”. [3]²³

La **fluencia** es la deformación irre recuperable del pavimento compactado reduce un alargamiento rápido sin que varíe la tensión aplicada a esta deformación se mide mediante el ensayo de tracción a si quedando irreversible y esta sitúa encima del límite elástico de un pavimento expresada en milímetros mm [...]”. [4]²³

Porcentaje de vacíos en las mezclas asfálticas densamente graduadas es un requerimiento necesario que contengan porcentaje de vacíos, de esta manera admitir una compactación resistente para en tránsito pesado, así ir proporcionando vacíos para que pueda tener fluidez el asfalto al realizar la compactación, la duración de un suelo con asfalto, depende del porcentaje de vacíos mientras menor sea el porcentaje de vacíos, disminuye la permeabilidad de la mezcla, en tanto un porcentaje mayor de vacíos da pase a infiltraciones, que transcurren por el suelo asfaltado, por los cuales podrían ingresar infiltraciones de agua-aire, causando menor vida útil al asfalto.²⁴

Resistencia conservada, ensayo de inmersión - tracción directa; el ensayo tiene por finalidad evaluar la adhesividad de las mezclas asfálticas compactadas sometidos, las muestras a saturación y a ciclos térmicos AASHTO T283 y ASTM D-4867, Resistencia de mezclas bituminosas compactadas a los daños por humedad inducida", es uno de los procedimientos más utilizados para determinar la susceptibilidad a la humedad que genera la pérdida de adhesividad en las mezclas asfálticas ensayo Lottman 1986 original, algunos cambios en la actualidad utilizados en el procedimiento Marshall. Este ensayo también fue adoptado por el sistema Superpave (Superior Performing Asphalt Pavement) para la verificación los perjuicios provocados por humedad inducida en composiciones asfálticas.²⁵

Mezclas asfálticas en caliente, se definen como una composición con ligantes bituminosa, áridos o polvo mineral las cantidades relativas de ambos materiales como del ligante y el árido incluido el polvo mineral, estos establecen propiedades físicas de la composición asfáltica.²⁶ Su fabricación tiene un procedimiento que implica, en calentamiento del material pétreo y el ligante, a temperaturas especificadas por el MTC y ASSTHO en rango 150 grados centígrados según la viscosidad o tipo ligante con una proporción de vacíos que no superen los 6% en las mezclas cerradas o densas, en las mezclas semi- cerradas el rango de vacíos es desde un 6% a 10%, las composiciones abiertas, no deben superar los 12%, en las mezclas drenantes o porosas el porcentaje de vacíos es mayor al 20%.²⁷

Dado que la viscosidad a altas temperaturas refleja su resistencia, entonces se apuesta la resistencia a alta temperatura del asfalto modificado compuesto, los efectos de agregar diferentes modificadores sobre el punto de ablandamiento, penetración, ductilidad y la viscosidad del asfalto modificado, llegando a obtener resistencia la deformación en un 2% del asfalto modificado WCR.²⁸

- Condiciones y clima donde se ejecutará la composición de la mezcla
- Tipos de vías como: aeropuerto, carretera, entre otros.
- intensidad del tráfico pesado,
- Elección del tipo de mezcla y ligante que mejor desempeño tenga o mejor se adapte a los requerimientos planteados

El rendimiento que puede alcanzar al transformar las mezclas asfálticas

- Mayor durabilidad y desempeño del pavimento
- Mejor resistencia a las deformaciones permanentes
- Disminución de las fisuraciones térmicas

- Mayor resistencia a la fatiga.
- Reducción al envejecimiento en servicio,
- Ampliación de vida útil
- Trabajabilidad

Grano de caucho reciclado en la composición de la mezcla asfáltica (GCR)

Los residuos de cauchos granulados, derivados de los desechos de llantas, se vienen incorporando con ligante asfáltico para mejorar el rendimiento de las mezclas asfálticas en las últimas décadas. Los pavimentos que contienen ligante modificado con caucho granulado (CRM), obtienen un porcentaje óptimo de betún²⁹

Figura N°1. Estructura del neumático



Fuente: Neumáticos km0

Reutilización de neumáticos reciclados, “una gran problemática que ocasiona serios malestares al medio ambiental es el aumento de vehículos, los cuales desechan un sin número de neumáticos (llantas) ocasionando contaminación atmosférica. A manera de ayuda al medio ambiente y brindando una solución económica para la ingeniería,

hoy en día, se está llevando a cabo modificaciones de mezclas asfálticas a través de diferentes porcentajes de granos caucho. La incorporación de caucho granulado para reforzar el asfalto es una opción inteligente, para el llegar a desarrollar obras viales ya a la vez colaborar con nuestro habitat [30]”. se utilizan en:

- Artesanías
- Repuestos de autos
- Artículos para ganadería (correas)
- Artículos para zapatería
- Artículos de hogar
- Para gras sintético
- Caucho molido en gras sintético

(GCR) Grano de caucho reciclado en pavimentos flexibles

El grano obtenido a través del reciclado de caucho se puede incorporar por tres métodos diferentes las cuales son:

- **Vía Húmeda** el GCR modifica el cemento asfáltico
- **Vía Seca** el GCR se usa como una porción del agregado asfáltico

El caucho desmenuzado modifica el aglutinante asfáltico mediante un proceso de difusión, donde la partícula de caucho desmenuzado absorbe una parte de la fracción del aglutinante asfáltico, lo que provoca el hinchamiento de las partículas del caucho desmenuzado.³¹

Diseño volumétrico para mezclas asfálticas en caliente por Vía Seca, se realiza incorporando granos de caucho reciclado de neumáticos, directamente al mezclador la cantidad precisa según el diseño de mezcla o también se puede mezclar

previamente con algún componente pétreo siempre en cuando no altere el diseño técnico inicial [...]”. [1]³²

Figura N°2. Proceso adición polvo NFU al asfalto por vía seca



Fuente: Petro Perú

Agregado De Mezclas Asfálticas, a través de lo señalado en el Manual Carreteras EG 2013, establecidos en la tabla MTC.

Tabla N°1: Requerimiento para agregados grueso

Ensayos	Requerimiento	
	Altitud (msnm)	
	≤ 3000	> 3000
Abrasión Los Ángeles	40 % max.	35 % max.
Partículas chatas y alargadas	10% max.	10% max.
Caras fracturadas	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	0,5 % max.	0,5 % max.
Absorción	1 % max.	1 % max.

Fuente: Manual MTC

Tabla N°2: Requerimiento para agregado fino

Ensayos	Requerimiento	
	Altitud (msnm)	
	≤ 3000	> 3000
Equivalente de Arena	60 % min.	70 % min.
Índice de Plasticidad (Malla N°40)	NP	NP
Índice de Plasticidad (Malla N°200)	4 % máx.	4 % máx.
Absorción	0,5 % max.	0,5 % max.
Sales Soluble Totales	0,5 % max.	0,5 % max.

Fuente: Manual MTC

Gradación para mezcla asfáltica en caliente MAC, según lo establecido en el manual de MTC -ASTM D 3515

Tabla N°3: Gradación para mezcla asfáltica en caliente MAC

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.° 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.° 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.° 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.° 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.° 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: MTC EG 2013

Métodos de diseño, el método Marshall, es para determinar la deformabilidad y la estabilidad en cierta media cuantifican el trabajo como el valor de estabilidad Marshall, flujo y los vacíos de aire de las mezclas bituminosas contribuyendo potencialmente en el diseño de pavimentos.³³ Pero también se puede analizar el contenido vacíos, flujo resistencia conservada contenido de agregado, minera resistencia a la compresión, entre otras originalmente este método solo es aplicable a mezclas asfálticas como cementos asfálticos de penetración tradicional o usual y con un contenido de agregados máximos de 2.54cm centímetros de diámetro pulgada 1" o menores a ellas

para que haya equilibrio entre ambos materiales durabilidad y estabilidad y un contenido de aire en su interior que se limita entre 3% a 5% para algunas modificaciones se usa un procedimiento estándar utilizando especímenes de prueba estándar que están dadas entre 2 ½” 64 mm a 4” de diámetro 102 mm procedimiento específico según (ASTM D1559). Los dos aspectos primordiales de presente método, es la densidad, prueba de estabilidad análisis de vacíos y flujo de especímenes compactados romero.³⁴

Agregados, parámetros de diseño en mezclas asfálticas en caliente (MAC)

Tabla N° 4. Parámetros de diseño en mezcla asfáltica en caliente

Parámetro de Diseño- Marshall MTC E 504	Clase de Mezcla		
	A	B	C
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínima)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01” (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver Tabla 423-10		
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		

Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 mín.
--	---------

Fuente: MTC, EG-2013

Tabla N°5: Vacíos mínimos en agregado

TAMIZ	VMA MARSHALL
2.36 mm (N° 8)	21
4.75 mm (N° 4)	18
9.5 mm (3/8")	16
12.5 mm (1/2")	15
19.0 mm (3/4")	14
25.0 mm (1")	13
37.5 mm (1 1/2")	12
50.0 mm (2")	11.5

Fuente: MTC, EG-2013

Tabla N° 6: Temperatura media anual

24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40-50 ó 60-70 o modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

Fuente: Manual de carretera, EG-2013

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de la investigación

Tipo de investigación: la presente investigación es aplicada, donde el objetivo de este procedimiento es dar origen a tecnologías nuevas basándose en conocimientos adquiridos por medio de investigaciones representativas.³⁵

La presente investigación es **aplicada**, porque se realiza para solventar interrogaciones concretas y prácticas, para la composición de políticas, administración y respuestas para lograr comprender un fenómeno [..].³⁶

Ya que brindaremos información de un diseño de mezcla asfáltica incorporando una tecnología nueva, basándonos como apoyo en investigaciones ya realizadas.

Diseño de investigación: El actual estudio tiene un diseño cuasi experimental ya que maneja deliberadamente una variable independiente para analizar las consecuencias sobre una o más variables dependientes. [1]³⁷

Según lo citado nuestro diseño es **cuasi experimental** donde mediremos la variable dependiente para poder comprender el resultado de la incorporación del caucho en la capa asfáltica

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Incorporación del caucho reciclado

- **Definición conceptual:** El desecho de llantas fuera de uso no seleccionadas en un sistema de reciclaje para la reutilización de la materia es considerada un problema. Hoy por hoy las necesidades establecen protocolos de soluciones ambientales, y la incorporación del caucho en los pavimentos logra soluciones amigables al transporte sostenible.³⁸
- **Definición operacional:** Incorporaremos el caucho reciclado en caliente para que pueda unirse de forma homogénea, tendremos una muestra patrón con las características de la avenida estudiada, adicionaremos de 1 % al 3% de

GCR para así evaluar en qué porcentaje nos brinda un mejor parámetro en capa de asfalto.

Variable dependiente: Propiedades físico-mecánicas de la capa asfáltica

- **Definición conceptual:** Las mezclas asfálticas modificadas con la adición del caucho se están utilizando para obtener capas asfálticas cuyas propiedades físicas y mecánicas aumentan los tiempos de vida y minimizan el mantenimiento y garantiza un ahorro de costo total.³⁹
- **Definición operacional:** Se evaluará el comportamiento de las briquetas con adición del caucho reciclado mediante los ensayos físicos y mecánicos y determinaremos y evaluaremos los parámetros obtenidos.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: Definida como una totalidad de un conjunto de elementos y/o fenómeno de investigación, implica un conjunto de elementos de observaciones que conforma dicho fenómeno por ello, tiene que ser cuantificable, así precisar el estudio constituido por una totalidad N de formas que concurren en una explícita particularidad, es llama población por componer, una totalidad de fenómenos adscritos en la investigación.⁴⁰

Conforme a lo indicado por el autor citado, para dicha investigación se tomará como población todo el tramo de la av. San Felipe que comprende 2 km de longitud.

Muestra: Se conoce como muestra a una un subconjunto de la población donde se lleva la investigación. Existen lineamientos para conseguir el número de elementos que sujeta la muestra como formulas, lógica y otros de manera que es parte de la población y se determina como aleatoria y no aleatoria.⁴¹

Según lo citado nuestra muestra es no aleatoria para ello tomaremos el tramo que evidencian mayor daño que comprende de 733.00 ml y está ubicada entre el

jr. Chiclayo y la av. Universitaria, por ello se procedió a la recopilación de información como fotografías, conteo vehicular de ejes equivalentes para tener en consideración para el diseño y formatos de inspección según el Manual para la Inspección Visual de Pavimento Flexibles. Se toma como muestra representativa la av. San Felipe ya que es una arteria principal que une el distrito de Comas y Carabaylo y pasa por las avenidas principales como la av. Tupac Amaru, av. Universitaria y la av. Trapiche y comprende de colegios, casas multifamiliares y grifos, desde el año 2013 se viene presentando denuncias a la municipalidad de Comas y de Lima ya que es un peligro y no se puede transitar por que presenta fisuras y huecos de hasta 10cm, como pertinencia, se realizaron 6 ensayos con los cuales fue necesarios para obtener una carpeta asfáltica en base a los reglamentos establecidos dentro de normas.

Figura N°3. Ubicación de la muestra



Fuente: Base catastral del distrito de Comas y Carabaylo

Muestreo: El muestreo no aleatorio o no probabilístico es una selección sin método y cuenta con criterio de experto o autoridad, de las cuales no permite calcular errores.⁴²

Según lo citado nuestra investigación cuenta con un muestreo no aleatorio por lo que los fundamentos no se apoyan en la probabilidad, por lo contrario, se vincula con las propiedades del estudio trabajado.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: Se llevó a cabo a través de una observación experimental, también es llamado como un análisis experimental, por ser un estudio prospectivo, el cual resalta por la manipulación indirecta, trivial dirigido por el estudiador.⁴³

Según lo citado tomaremos la observación experimental porque utilizaremos los ensayos de laboratorio para determinaremos una mejora en sus propiedades físicas y mecánicas del asfalto mixtos o manipulados.

Instrumento: Una ficha es un instrumento que se usa para el registro de datos y permite el proceso de la información, también para redactar el reporte final de la investigación .⁴⁴

De acuerdo con lo señalado por el autor citado tomaremos como instrumento la ficha técnica para poder evaluar los ensayos de laboratorio y así tener un registro de datos para el reporte final.

También adjuntamos los formatos de inspección, el conteo vehicular de ejes equivalentes y levantamiento fotográfico de la zona más crítica.

Tabla N°7. Fichas técnicas

N° DE FICHA	INDICADOR	ANEXO
FICHA TECNICA N°1	FLUJO (Kg), ESTABILIDAD (Kg/cm ²), PORCENTAJE DE VACIOS (%), VACIO EN EL AGREGADO MINERAL (%)	Anexo 3
FICHA TECNICA N°2	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²), RESISTENCIA CONSERVADA (%)	Anexo 4

Tabla N°8. Formato de Inspección

N° DE FORMATO	INDICADOR	ANEXO
FORMATO N°1	LEVANTAMIENTO FOTOGRAFICO (ZONA CRITICA - MUESTRA)	Anexo 5
FORMATO N°1	FORMATO DE INSPECCION	Anexo 6
FORMATO N°2	FORMATO DE INSPECCION	Anexo 7
FORMATO N°1	FORMATO CONTEO VEHICULAR	Anexo 8

Validez: La validez de instrumentos se puede hacer de tres formas de validación: estadística, por juicio de expertos y por prueba piloto. Al validar mediante juicio de experto es necesario un especialista en las variables de la investigación.⁴⁵

La validez que tomaremos será por juicio de expertos para poder garantizar la fiabilidad de la investigación.

Confiabilidad: Confiabilidad viene hacer la forma de medir proporcionalmente un fenómeno, resultando consistente en la medición para ambas partes, y puede ser por diversas técnicas. [2]³⁷

Según lo citado la confiabilidad va a ser los certificados de calibración de los equipos que utilizaremos para cada ensayo de la investigación.

Tabla N° 9. Formato de certificado y calibración, ensayos

INDICADOR	ANEXO
CERTIFICADO Y CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS	Anexo 9
ENSAYOS	Anexo 10

3.5. Procedimientos

Recolección de datos, la investigación de tipo cuasi experimental, instrumentos y procedimiento técnico que se desarrolló detallado en la investigación para lograr una composición asfáltica eficiente, se llevan a cabo una serie de pruebas de laboratorio con los materiales que se emplearon, para las mezclas asfálticas, esto garantiza el desempeño de los lineamientos establecidos por el MTC.

Recopilación de información, se obtuvieron fotografías del campo a trabajar, ficha de inspección y conteo vehicular para considerar en la mezcla patrón.

Etapa 1: Adquisición de agregados.

- Se procedió a la compra de los agregados en la cantera Excalibur – Lima ya que los materiales cumplen con la especificación técnica del MTC.
- El grano de caucho reciclado se compró en la empresa LIDER GRASS PERU E.I.R.L.

Etapa 2: Acopia de materiales.

- Se procedió a realizar la granulometría de los materiales en el laboratorio INGEOCONTROL.

Etapa 3: Caracterización de los materiales.

- Se hizo el método del cuarteto para el agregado grueso, fino y del caucho, para determinar la granulometría de los materiales como nos dice la norma ASTM D422 Y NTP 339.128.
- Al obtener la granulometría se obtuvo resultados del porcentaje atrapado en el último tamiz para hacer los diseños de mezcla y obtener el más óptimo.

Etapa 4: Diseño asfalto convencional (mezcla patrón).

- Se elaboró el diseño patrón después de obtener la granulometría de los materiales, para el cumplimiento de los parámetros impuesta por el EG2013 diseño de parámetros Marshall.

Etapa 5. Caracterización de agregados para la mezcla mejorada con caucho.

- Granulometría de arena fina
- Granulometría de arena gruesa
- Granulometría de caucho

Etapa 6. Diseño de mezcla con diferente porcentaje de caucho %.

- Se hizo un diseño de mezcla con porcentajes de 1% y 2% de caucho de acuerdo los parámetros diseño Marshall de las especificaciones técnicas EG 2013
- Se procedió evaluar los resultados y se comparó con el diseño patrón

Etapas 7. Evaluación e Interpretación de los resultados.

- Se evaluó y se interpretó según los parámetros del diseño Marshall, para poder hacer la conclusión y las recomendaciones

3.6. Método de análisis de datos

Se llevó a cabo la recolección de datos mediante una observación directa, mediante la cual se visualizó distintas pruebas de laboratorio. Para obtener un análisis de datos, el investigado confía en los procedimientos cuantitativos (estadística descriptiva) [3].³⁷

La estadística descriptiva se aplica para obtención de datos, para lo cual se emplearán análisis estadísticos utilizando cuadros, histogramas y otros tipos de gráficas.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación está desarrollada éticamente por los autores, así como el reconociendo a los estudiantes que aportaron sus conocimientos con sus estudios realizados, dicha investigación tiene la potestad de asegurar que se dio reconocimiento a todos los aportes obtenidos de otros investigadores y fueron llamados según la norma ISO 690:2010(E). Por ello la investigación pasara por una revisión de TURNITIN para respetar los principios éticos que debe poseer cada investigador.

Se tendrá en cuenta la transparencia y honestidad en cada etapa del proyecto, así como en la interpretación y/o análisis de todos los datos finales obtenidos a través de un laboratorio certificado.

IV. RESULTADOS

4.1 DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

Etapa 1: Adquisición de agregados

Los agregados arena fina como piedra chancada 1/2" se adquirieron en el banco de materiales EXCALIBUR S.A.C. ubicado en la antigua panamericana km 23.1 de villa el salvador y cumplen los requisitos establecidos y estudios de análisis químicos aprobados.

Figura N°4. Adquisición de agregado



Fuente: EXCALIBUR S.A.C.

Caucho reciclado de neumáticos (GCR), se compró 50 kg de la empresa LIDER GRASS PERU E.I.R.L. con dirección en Jr. Jorge Chávez Nro. 977 breña de asfaltos de INGECONTROL.

Figura N°5. Adquisición de GCR



Fuente: LIDER GRASS PERU E.I.R.L.

Etapa 2: Acopio de materiales

Para el diseño de mezcla por el método Marshall que se realizó en el laboratorio INGCONTROL se adquirió piedra chancada $\frac{1}{2}$ " , agregado fino $\frac{3}{8}$ " y 50 kg de grano de cucho de neumáticos reciclados.

Figura N°6. Agregados pétreos de la mezcla.



Fuente: Propia de los autores.

Etapa 3: Caracterización de los materiales

Ensayos realizados a los agregados

- Se determinó el porcentaje óptimo de agregados con ensayo en el laboratorio de INGCONTROL para agregado grueso y tanto agregado fino según el cuadro de aceptaciones Marshall.

Equipos y materiales:

- Moldes para briqueta
- Extractor de briqueta
- Equipo de Compactación
- Soporte para molde
- Prensa Marshall
- Horno

- Mezcladora
- Tamices
- Termómetros
- Balanzas
- Baño maría
- Guantes para manipular mezcla en caliente
- Bateas metálicas

Figura N°7. Martillo de compactación y medidor de Flujo.



Fuente: Propia de los autores

- Se hizo las pruebas del agregado fino, grueso y del caucho reciclado; realizando el cuarteto pasando por diferentes tamices de mayor a menor como nos dice la norma ASTM D422 y NTP 339.128.
- Al hacer la granulometría se obtuvo resultados de cuanto quedo atrapado en la malla del agregado grueso, fino y del caucho reciclado para hacer el diseño de la mezcla, como nos dice la norma ASTM C136.

- **Granulometría del agregado grueso.**

Se tomo una muestra de 5,426.00 gr aproximado del agregado grueso por el proceso de cuarteo, luego se determinó el peso retenido en los tamices para luego procesar los cálculos que se obtienen y realizar la curva granulométrica, como indica la norma ASTM C136.

Figura N°8. Análisis de la grava.



Fuente: Propia de los autores

-Toma de dato. Con respecto a la granulometría del agregado grueso tenemos los siguientes datos:

Tabla N°10. Composición granulométrica del agregado grueso

TAMIZ ASTM	ANALISIS GRANULOMÉTRICO				
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa
1"	25.400	-	-	-	100.0
3/4"	19.050	-	-	-	100.0
1/2"	12.700	5,426.0	37.1	37.1	62.9
3/8"	9.525	3,412.0	23.3	60.4	39.6
1/4"	6.350	-	-		
N° 4	4.760	4,245.0	29.0	89.5	10.5
N° 6	3.360	-	-		
N° 8	2.380	-	-		
N° 10	2.000	1,084.0	7.4	96.9	3.1
N°16	1.190	-	-		
N° 20	0.840	458.0	3.1	100.0	0.0
N° 30	0.590	-	-		
N° 40	0.426	-	-	100.0	0.0
N° 50	0.297	-	-		
N° 80	0.177	-	-	100.0	0.0
N° 100	0.149	-	-		
N° 200	0.074	-	-	100.0	0.0
-200	-	-	-	100.0	

Fuente: Propia de los autores

Cálculos

Tara	K-7
Peso de Tara	750.00 g
Tara + muestra Húmeda	15,522.00 g
Tara + muestra Seca	15,375.00 g

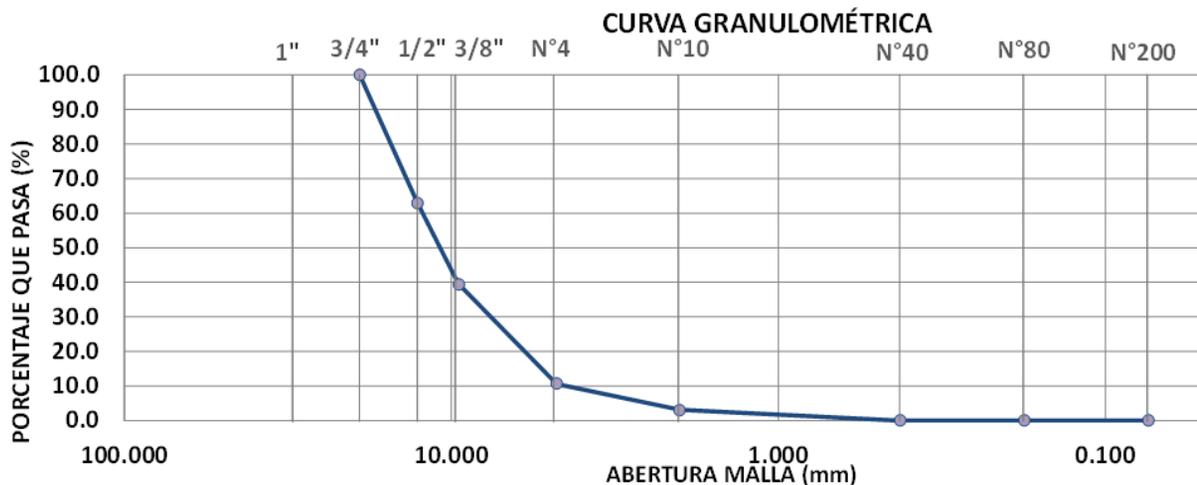
Contenido de Humedad (%)	1.01
Muestra Seca	14,625.0 g

Proporciones de agregado

Agregado Grueso.	89.5 %
Agregado Fino.	10.5 %
Fino Malla 200.	0.0 %

Estos resultados son procesados en forma de un gráfico para su mejor interpretación, es así como podemos observar del Gráfico 1: Curva Granulométrica de agregado grueso, la dimensión máximo nominal del agregado utilizado es de $\frac{3}{4}$ ".

Gráfico N°1. Curva Granulométrica de agregado grueso



Fuente: Propia de los autores

- **Granulometría del agregado fino.**

Se realizó una muestra de 600 gr del agregado fino por el proceso de cuarteo.

A continuación, siguiendo con los resultados de los análisis, la granulometría del agregado fino usado tenemos.

-Toma de datos.

Tabla N°11. Composición granulométrica del agregado fino

TAMIZ ASTM	ANALISIS GRANULOMÉTRICO				
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa
1"	25.400	0	-	-	100.0
3/4"	19.050	-	-	-	100.0
1/2"	12.700	-	-	-	100.0
3/8"	9.525	6.0	0.6	0.6	99.4
1/4"	6.350	-	-	-	99.4
N° 4	4.760	19.4	2.1	2.7	97.3
N° 6	3.360	-	-		
N° 8	2.380	-	-		
N° 10	2.000	307.7	32.7	35.4	64.6
N°16	1.190	-	-		
N° 20	0.840	206.2	21.9	57.3	42.7
N° 30	0.590	-	-		
N° 40	0.426	96.8	10.3	67.6	32.4
N° 50	0.297	-	-		
N° 80	0.177	115.4	12.3	79.9	20.1
N° 100	0.149	-	-		
N° 200	0.074	81.3	8.6	88.5	11.5
-200	-	108.0	11.5	100.0	

Fuente: Propia de los autores

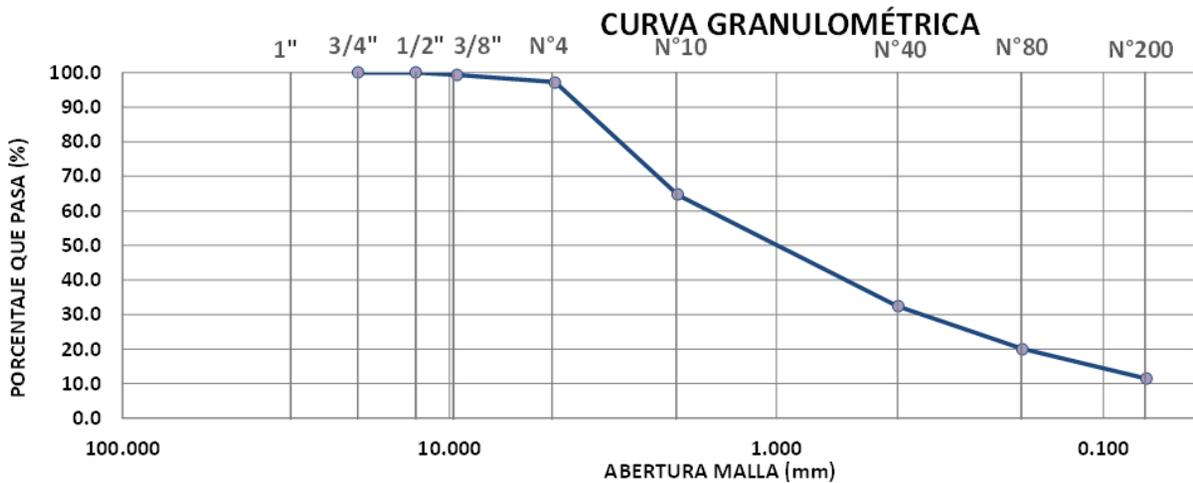
Cálculos

Tara	U-5
Peso de Tara	206.20 g
Tara + muestra Húmeda	1,154.00 g
Tara + muestra Seca	1,147.00 g
Contenido de Humedad (%)	0.7 %
Muestra Seca	940.8 g

Proporciones Agregados

Agregado Grueso.	2.7 %
Agregado Fino.	97.3 %
Fino Malla 200.	0.0 %

Gráfico N°2. Curva Granulométrica de agregado fino



encontró material pasante la malla 40.

Tabla N° 12. Resultados del Ensayo de Limite Liquido y Limite Plástico.

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
	LÍQUIDO	PLÁSTICO	
		NP	NP

Fuente: Propia de los autores

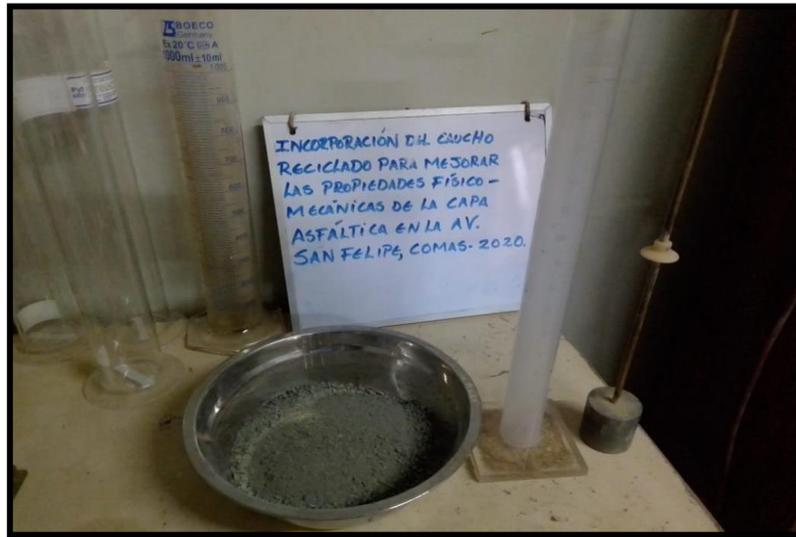
Material Pasante Tamiz N.º 40	
LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
NP	NP

• **Equivalente de Arena (MTC E 114, NTP 339.146 y ASTM D2419)**

Este ensayo estipula un valor empírico a la cantidad referente, material fino que pasa el tamiz N°4 (4.75 mm).

El parámetro admitido para el equivalente de arena esta normado en el “Manual EG-2013” sección 423-2, nos pide como valor mínimo 60%.

Figura N°9. Análisis de porcentaje de arena.



Fuente: Propia de los autores

Tabla N° 13. Resultados del Ensayo Equivalente de Arena

ITEM	DESCRIPCION	ENSAYOS	
		1	Tamaño Máximo (mm)
2	Muestra N.º	1	2
3	Hora de Entrada	11:45	11:47
4	Hora de Salida	11:55	11:57
5	Hora de Entrada	11:57	11:59
6	Hora de Salida	12:17	12:19
7	Altura Máx. de la Arena (Pulgadas)	3.61	3.73
8	Altura Máx. de Material Fino (Pulgadas)	5.70	5.80
9	Equivalente de Arena (%)	63.3	64.3
10	Equivalente de Arena Promedio (%)	64	

Fuente: Propia de los autores

• **Método de Prueba Estándar para la Densidad relativa Peso Específico (ASTM C127-15 y NTP 400.021)**

-**Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso**, los equipos y métodos para determinar la gravedad específica en agregados gruesos se encuentran en AASHTO T-85 y ASTM C-127-15.

DATOS		1	2
A	Peso de la muestra sss	1875.3	1912.2
B	Peso de la muestra sss sumergida	1181.1	1205.9
C	Peso de la muestra secada al horno	1860.4	1899.3

Tabla N° 14. Resultados Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

RESULTADOS	1	2	PROMEDIO
Peso específico de masa = $C/(A-B)$	2.680	2.689	2.685
Peso específico de masa S.S.S. = $A/(A-B)$	2.701	2.707	2.704
Peso específico aparente = $C/(C-B)$	2.739	2.739	2.739
Porcentaje de absorción (%) = $(A-C) * 100/C$	0.8	0.7	0.7

Fuente: Propia de los autores

-**Peso Específico y Absorción del Agregado Fino**, los equipos y métodos para determinar la gravedad específica aparente de los agregados finos se encuentran en AASHTO T-84 y ASTM C-128-15.

Tabla N° 15. Resultados Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

	IDENTIFICACIÓN	1	2	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (SSS)	500.0	500.1	
B	Peso Frasco + agua	697.5	697.5	
C	Peso Frasco + agua + muestra SSS	1006.4	1009.0	
D	Peso del Mat. Seco	498.0	498.0	
	Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = $D/(B+A-C)$	2.61	2.64	2.623
	Pe Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS = $A/(B+A-C)$	2.62	2.65	2.634
	Pe Aparente (Base seca) o Peso específico aparente = $D/(B+D-C)$	2.63	2.67	2.652
	% Absorción = $100*((A-D)/D)$	0.4	0.4	0.4

Fuente: Propia de los autores

• **Desgaste por Abrasión (MTC E207-2000 y ASTM C131/ C131M-14)**

El análisis de abrasión de los ángeles, en pocas voces, mide el aguante de los puntos de contacto de un agregado al deterioro o a la abrasión. En el diseño de la MAC el desgaste es importante para asimilar la condición del agregado grueso usado en la mezcla, este ensayo nos debe dar un parámetro menor al 40% dado por el MTC en su “Manual - EG-2013” sección 423-1.

La importancia de no superar los valores establecidos en este ensayo radica en que la calidad de los agregados usados en la MAC le permite transmitir y distribuir los esfuerzos de carga de una intensidad máxima en la superficie hasta una mínima en la subrasante.

El procedimiento se describe brevemente:

- La muestra deberá ser lavada y secada en horno a una temperatura de 110°C, tamizadas por las mallas 1/2” y 3/8”, con un peso retenido de 2500±10 gr cada uno.

- Colocar la muestra junto con la carga abrasiva en la máquina de Los Ángeles, Prender la máquina, regulándose el número de revoluciones a 500 de 30 a 33 r.p.m.
- Al terminar el tiempo de rotación, se extrae el agregado se tamiza por la malla N°12.
- El material retenido en la malla N°12 lavarlo y secarlo en horno durante 24 horas, a una temperatura entre 105° a 110°C pesar la muestra con precisión de 1 gr.

Figura N° 10. Máquina de los ángeles.



Fuente: Propia de los autores.

Los resultados son los siguientes:

DATOS

PI	P100	P400	U	ABRASION
10003.1	9397	8089	0.32	19

Tabla N°16. Resultados al desgaste por abrasión

DETALLE	RESULTADO
Uniformidad	0.32
Abrasión	19%

Fuente: Propia de los autores

**-Ensayo para determinar las caras fracturadas en agregado grueso
- ASTM D5821-13 (2017)**

El objetivo de albergar caras fracturadas en la MAC es el de incrementar la rigidez al esfuerzo cortante con el aumento de la fricción dentro las partículas, el de dar estabilidad, fricción y textura a los agregados empleados.

Las partículas irregulares y angulares por lo general soportan el desplazamiento en el pavimento, debido a que se combinan al ser compactadas. El más optimo se da cuando las partículas de bordes puntiagudos se unen con los de forma cúbica, producidas regularmente por la trituración.

El proceso se puede describir como:

- Lavar la muestra en la malla designada y quitar cualquier fino.
- Determinar la masa de la muestra con una proximidad de 0.1%.
- Extender la muestra seca sobre una superficie plana, limpia y lo suficientemente grande como para permitir una inspección. Para verificar si la partícula alcanza o cumple el criterio de fractura, sostener el agregado de tal manera que la cara sea vista directamente. Si la cara constituye al menos $\frac{1}{4}$ de la máxima sección transversal, considerarla como cara fracturada.

- El procedimiento de este ensayo es de naturaleza visual, por lo que es importante el lavado previo del material para poder diferenciar mejor las caras fracturadas.

Los resultados del ensayo son:

Tabla N°17. Resultados Porcentaje de caras Fracturadas

A- CON UNA CARA FRACTURADAS						
TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(g)	(g)	((B/A)*100)	% Retenido	C*D
1 1/2"	1"	2000.0	1984.0	99.2	9.2	912.6
1"	3/4"	1500.0	1497.2	99.8	5.1	509.0
3/4"	1/2"	1200.0	1198.6	99.9	8.6	859.0
1/2"	3/8"	300.0	299.1	99.7	19.3	1,924.2
TOTAL		5000.0	4978.9			

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA	TOTAL, E	4205	99.6 %
	TOTAL,	42.20	
		=	

Fuente: Propia de los autores

B- CON DOS CARAS FRACTURADAS						
TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(g)	(g)	((B/A)*100)	% Retenido	C*D
1 1/2"	1"	2000.0	1978.6	98.9	9.2	910.2
1"	3/4"	1500.0	1364.9	91.0	5.1	464.1
3/4"	1/2"	1200.0	1162.4	96.9	8.6	833.1
1/2"	3/8"	300.0	264.9	88.3	19.3	1,704.2
TOTAL		5000.0	4770.8			

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS	TOTAL E	3911	92.7 %
	TOT	42.20	

Fuente: Propia de los autores

-Porcentaje de Partículas Chatas y Alargadas, atendiendo a las normas: NTP 400.040 y ASTM D-4791

el Método de Ensayo Estándar Según la norma ASTM D 4791-99 para partículas chatas y alargadas en agregado grueso tienen como referencia de un solo país (EE.UU.). y de acuerdo a esta norma se puede determinar que tienen una relación de longitud a espesor mayor que un valor especificado como 2/1, 3/1, 4/1 5/1 según las recomendaciones del MTC se toma la proporción 3/1, tamaño mínimo de agregado 3/8", como también se evaluara de 1/2". Y como instrumento utilizar será un calibrador para comparar proporciones de postes fijos y eje móvil. Se fija la longitud y se defino a la partícula chata y alargada aquella que pasa por la abertura menor, prefijada según una proporción determinada.

Tabla N°18. Resultados Porcentaje de Partículas Chatas y Alargadas

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		Masa de partículas Chatas	Masa de partículas Alargadas	Masa de partículas Chatas y Alargadas	CHATAS y ALARGADAS (5:1)		
		Masa Retenida Grad. Original	% Retenido				Σ	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800		0.0				0.00	-	
1 1/2"	38.100		0.0				0.00	-	-
1"	25.400		0.0				0.00	-	-
3/4"	19.000		0.0				0.00	-	-
1/2"	12.700	4152.00	41.2	41.00		8.60	49.60	1.2	0.5
3/8"	9.500	2630.00	26.1	68.00			68.00	2.6	0.7
N° 4	4.750	3285.00	32.6		121.00		121.00	3.7	1.2
PESO TOTAL DE LA MUESTRA:		10067.0							

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN MASA (%)	2.4
--	------------

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		N° de partículas Chatas	N° de partículas Alargadas	N° de partículas Chatas y Alargadas	CHATAS y ALARGADAS (5:1)		
		Cantidad de partículas G. Or	% Retenido				Σ	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800		0.0				0	-	
1 1/2"	38.100		0.0				0	-	-
1"	25.400		0.0				0	-	-
3/4"	19.000		0.0				0	-	-
1/2"	12.700	165	1.6	2			2	1.2	0.0
3/8"	9.500	324	3.2	7		4	1 1	3.4	0.1
N° 4	4.750	592	5.9		19		1 9	3.2	0.2
PESO TOTAL DE LA MUESTRA:		1081							

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS POR CONTEO (%)	0.3
---	------------

-Valor azul de Metileno para rellenos minerales, arcillas y finos, a la norma: AASHTO T330

Se determinó con el agregado fino con el fin de determina la reactividad del agregado, el porcentaje del material para ver las arcillas.

Se determinó con la fórmula:

$$AM = C_{sol} / P_{finos}$$

Fuente: MTC, EG-2013

Los resultados del ensayo son:

Tabla N°19: Resultados de Valor Azul de Metileno para Rellenos Minerales, Arcillas y Finos.

ENSAYO	N.º	1	2	ESPECIFICACIÓN
Cantidad de solución	g	14.1	14.2	FORMULA: $AM = C_{sol} / P_{finos}$
Peso del material fino	g	5.213	5.168	
VALOR AZUL DE METILENO	mg/g	2.7	2.7	
PROMEDIO	mg/g	2.7		

A continuación, se presenta un cuadro resumen de los resultados de los ensayos realizados a los agregados pétreos.

Tabla N°20: Cuadro de Resumen de los Ensayos Realizados a los Agregados Pétreos

TAMI Z AST M	ANALISIS GRANULOMÉTRICO							MAC-2	
	ABERT. mm	Grava	Arena triturada	Filler			% Pasa		
1"	25.400								
3/4"	19.050	100.0	100.0		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.700	62.9	100.0		85.9	85.2	84.4	80.0	100.0
3/8"	9.525	39.6	99.4		76.6	75.4	74.3	70.0	88.0
1/4"	6.350								
Nº 4	4.760	10.5	97.3		64.3	62.6	60.9	51.0	68.0
Nº 6	3.360								
Nº 8	2.380								

N° 10	2.000	3.1	64.6		41.4	40.1	38.9	38.0	52.0
N° 16	1.190								
N° 20	0.840								
N° 30	0.590								
N° 40	0.426		32.4	100.0	20.4	19.8	19.1	17.0	28.0
N° 50	0.297								
N° 80	0.177		20.1	100.0	12.9	12.5	12.1	8.0	17.0
N° 100	0.149								
N° 200	0.074		11.5	98.0	7.5	7.3	7.1	4.0	8.0
-200	-								

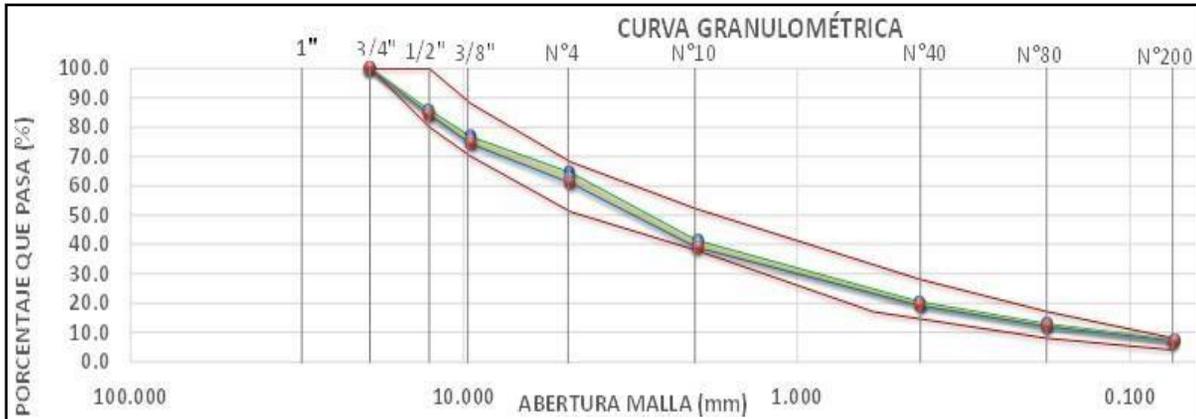
Proporciones Agregados.

Agregado Grueso.	42.0 %
Agregado Fino.	57.5 %
Fino Malla 200.	0.5 %

Mezcla de agregados

Prueba N° 01	38	61.5	0.5	
Prueba N° 02	40	59.5	0.5	
Prueba N° 03	42	57.5	0.5	OK

Gráfico N°3. Curva Granulométrica de Resumen de los Ensayos Realizados a los Agregados Pétreos



Fuente: Propia de los autores

Cemento asfáltico, en esta investigación se trabajó con un cemento asfáltico 60 – 70. de tipo convencional en la ciudad de Lima; muy usados en diferentes tipos de tránsito, como livianos o pesados, así también como para climas a temperaturas de entre 15 °C a más, según la EG 2013, cemento asfáltico certificado que cumple las normas ASTM, AASHTO Y LA NTP

Tabla N°21. Características del Cemento Asfáltico

CARACTERÍSTICAS		UNE EN	UNIDAD	15/25 ⁽¹⁾	35/50	50/70	70/100	160/220
Penetración a 25°C		1426	0,1 mm	15-25	35-50	50-70	70-100	160-220
Punto de Reblandecimiento		1427	°C	60-76	50-58	46-54	43-51	35-43
Resistencia al envejecimiento UNE EN 12607-1	Cambio de masa	12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 1,0
	Penetración retenida	1426	%	≥ 55	≥ 53	≥ 50	≥ 46	≥ 37
	Incremento del Punto de Reblandecimiento	1427	°C	≤ 10	≤ 11	≤ 11	≤ 11	≤ 12
Índice de Penetración		12591 13924 Anexo A	-	De -1,5 a +0,7	De -1,5 a +0,7	De -1,5 a +0,7	De -1,5 a +0,7	De -1,5 a +0,7
Punto de fragilidad Fraass		12593	°C	TBR	≤ -5	≤ -8	≤ -10	≤ -15
Punto de inflamación en vaso abierto		ISO 2592	°C	≥ 245	≥ 240	≥ 230	≥ 230	≥ 220
Solubilidad		12592	%	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0

Fuente: Cantera Excalibur

Tabla N°22. Certificación del cemento asfáltico 60-70

Propiedades	Resultados	Estado
PENETRACIÓN		
Penetración a 25 °C, 100 g, 5s, 1/10 mm	65	Cumple
DUCTILIDAD		
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	>105	Cumple
VOLATILIDAD		
Punto de inflamación, °C	291.0	Cumple
SOLUBILIDAD		
Solubilidad en tricloroetileno, % m	99.83	Cumple
OTROS		
Índice de penetración	-1.0	Cumple
Ensayo de la Mancha	35% xileno, negativo	Cumple
ENSAYO DE PELICULA DELGADA		
Pérdida por calentamiento	0.10	Cumple
Penetración retenida	64.6	Cumple
Ductilidad del residuo	52.8	Cumple

Fuente: Cantera Excalibur

Etapa 4: Diseño de mezcla convencional (mezcla patrón).

Se determinó la proporción de agregados a partir de los requisitos de graduación según la norma MTC, EG 2013, y gradaciones especificadas ASTM D 3515.

Tabla N°23. Análisis granulométrico muestra patrón

TAMIZ	ABERTURA	Material N.°01	Material N.°02	Material N.°03		Prueba N.°01	ESPECIFICACIÓN MAC-2	
ASTM	mm	Grava	Ar. Trit.	Filler				
3"	76.200							
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000							
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0		100.0	100	100
1/2"	12.500	62.9	100.0	100.0		84.4	80	100
3/8"	9.500	39.6	99.4	100.0		74.3	70	88
1/4"	6.350							
# 4	4.750	10.5	97.3	100.0		60.9	51	68
# 8	2.360							
# 10	2.000	3.1	64.6	100.0		39.0	38	52
# 16	1.180							
# 30	0.600							
# 40	0.420		32.4	100.0		19.1	17	28
# 80	0.180		20.1	100.0		12.1	8	17
# 100	0.150							
# 200	0.075		11.5	98.0		7.1	4	8
>200								
MEZCLA								
Prueba N.°01		42.0%	57.5%	0.5%	100.0			

Fuente: Propia de los autores

Descripción de la Muestra

Observaciones:

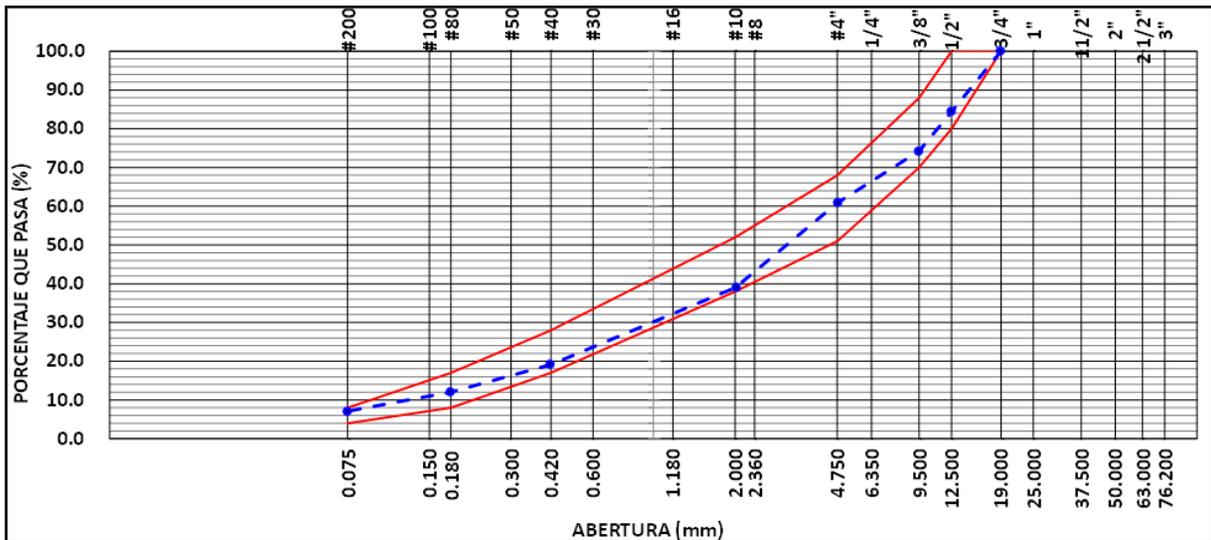
Según especificaciones técnica MTC EG-2013 (sección 423)

Pavimento de concreto asfáltico en caliente.

Mezcla agregados diseño asfalto MAC-2

Grava triturada = 42.0%
Arena triturada = 57.5%
Cemento portland =0.5%

Gráfico N°4. Curva granulométrica diseño patrón



Fuente: Propia de los autores

Diseño mezcla de muestra patrón

Para determinar el contenido óptimo de ligante se elaboraron 4 diferentes contenidos 5.0 %, 5.5 %, 6.0 %, 6.5 %, y estas probetas Marshall se prepararon según la norma ASTM D 1559 para una energía de compactación 75 golpes por cada cara de molde proyectada para un tráfico pesado por ser una condición más exigente según esta investigación.

Figura N°11. Preparación de la briqueta 75 golpes



Fuente: Propia de los autores

Tabla N°24. Resultado de Ensayo de Gravedad Específica Teórica Máxima -Rice

MUESTRA N. °	01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO	6047.0	6047.0	6047.0	6047.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	8187.0	8187.0	8187.0	8187.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	7703.8	7699.4	7694.1	7697.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8909.0	8902.0	8900.0	8885.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1205.2	1202.6	1205.9	1188.0
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	483.2	487.6	492.9	490.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.494	2.466	2.447	2.425
CONTENIDO % C.A.	5.10	5.60	6.10	6.60

Fuente: propia de los autores

Tabla N°25. Resultado de Ensayo Índice de Compatibilidad

N.º de Muestras	01	02	03	04
N.º de Golpes Marshall	50	50	5	5
1,- Peso Briqueta al Aire	1200.6	1199.3	1199.2	1202.9
2,- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1209.3	1208.0	1214.4	1217.4
3,- Peso por Desplazamiento	671.7	675.4	636.7	633.2
4,- Volumen de la Briqueta	537.6	532.6	577.7	584.2
5,- Peso Unitario (Gr./cc)	2.233	2.252	2.076	2.059
PROMEDIOS	2.243		2.067	

Fuente: propia de los autores

2.243	2.067
50	5

$\frac{1}{0.175}$ GEB(50) - GEB(5)

IC = 5.27

Tabla N°26. Resultado de Ensayo de Resistencia Conservada (AASHTO T283)

	N.º DE PROBETAS	Grupo seco			Grupo húmedo		
		01	02	03	04	05	06
1	Diámetro	10.13	10.15		10.15	10.15	
2	Espesor	6.65	6.65		6.65	6.66	
3	Contenido de Cemento Asfáltico	5.90	5.90		5.90	5.90	
4	Peso Probeta al Aire	1203.0	1201. 2		1205. 3	1197. 0	
5	Peso de la Probeta Saturada (60')	1203.4	1201. 7		1206. 0	1197. 6	
6	Peso de la Probeta en el Agua	702.0	700.0		704.0	698.0	
7	Volumen de la Probeta	501.4	501.7		502.0	499.6	
8	Peso Específico Bulk de la Probeta	2.399	2.394		2.401	2.396	
9	% de Vacíos = (17-16) x100/17 (ASTM D 3203)	2.3	2.5		2.2	2.4	
10	Estabilidad sin corregir	276	284		226	230	

1							
1	Factor Estabilidad	1.04	1.04		1.04	1.04	
1	2 Estabilidad corregida (kg)	287	295		235	239	
1	3 Resistencia a la compresión	2.7	2.8				
1	4 Resistencia retenida	82	81				
1	5 Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)	291					
1	6 Promedio Estabilidad (24 Horas) (kg)				237		
1	7 Resistencia conservada (%)	81					

Fuente: propia de los autores

Mezcla de agregados (Dosificación)

Agregado grava triturada TM 3/4" (Cantera Excalibur) = **42.0%**

Agregado arena triturada (Cantera Excalibur) = **57.5%**

Filler (Cemento Portland) = **0.5%**

Ligante Asfáltico

Tipo de Asfalto: **PEN 60/70**

% Optimo de Asfalto residual: **5.9%**

Tabla N°27. Cuadro de Resumen de Diseño de Mezcla en Caliente Método Illinois - Marshall modificado.

Parámetros de diseño		- 0.2 %	% Óptimo	+0.2 %	Especificación EG 2013
GOLPES	N°		75.0		75
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.70	5.90	6.10	
PESO UNITARIO	kg/m3	2.346	2.350	2.353	
VACIOS	%	4.8	4.3	3.8	3 - 5
V.M.A.	%	16.5	16.5	16.6	14
V. LL.C.A.	%	70.0	73.1	76.2	
POLVO / ASFALTO	%	0.7	0.7	0.8	0.6 - 1.3
FLUJO	mm	13.2	13.5	13.9	8 - 14
ESTABILIDAD	kN	1014.4	991.1	966.2	8,15
ESTABILIDAD/ FLUJO	kg/cm	3071.1	2931.1	2776.8	1700 - 4000
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Mpa		2.7		2.1
RESISTENCIA RETENIDA	%		81		75
RESISTENCIA CONSERVADA	%		81		80

Fuente: propia de los autores

Etapas 5. Caracterización de agregados para la mezcla mejorada con caucho

- **Granulometría del caucho reciclado**

Se realizó esta prueba al PCR según la norma NTP 339.128 y ASTM D422 y con un peso de muestra: 600 gr.

- Toma de datos.**

Tabla N°28. Composición granulométrica del caucho reciclado

TAMIZ ASTM	ANALISIS GRANULOMÉTRICO				
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa
1"	25.400	-	-	-	100.0
3/4"	19.050	-	-	-	100.0
1/2"	12.700	-	-	-	100.0
3/8"	9.525	-	-	-	100.0
1/4"	6.350	-	-	-	100.0
N° 4	4.760	-	-	-	100.0
N° 6	3.360	-	-	-	100.0
N° 8	2.380	313.2	56.7	56.7	43.3
N° 10	2.000	90.5	16.4	73.1	26.9
N°16	1.190	-	-		
N° 20	0.840	-	-	73.1	26.9
N° 30	0.590	-	-		
N° 40	0.426	146.7	26.6	99.6	0.4
N° 50	0.297	-	-		
N° 80	0.177	0.4	0.1	99.7	0.3
N° 100	0.149	-	-		
N° 200	0.074	1.1	0.2	99.9	0.1
-200	-	0.7	0.1	100.0	

Fuente: Propia de los autores

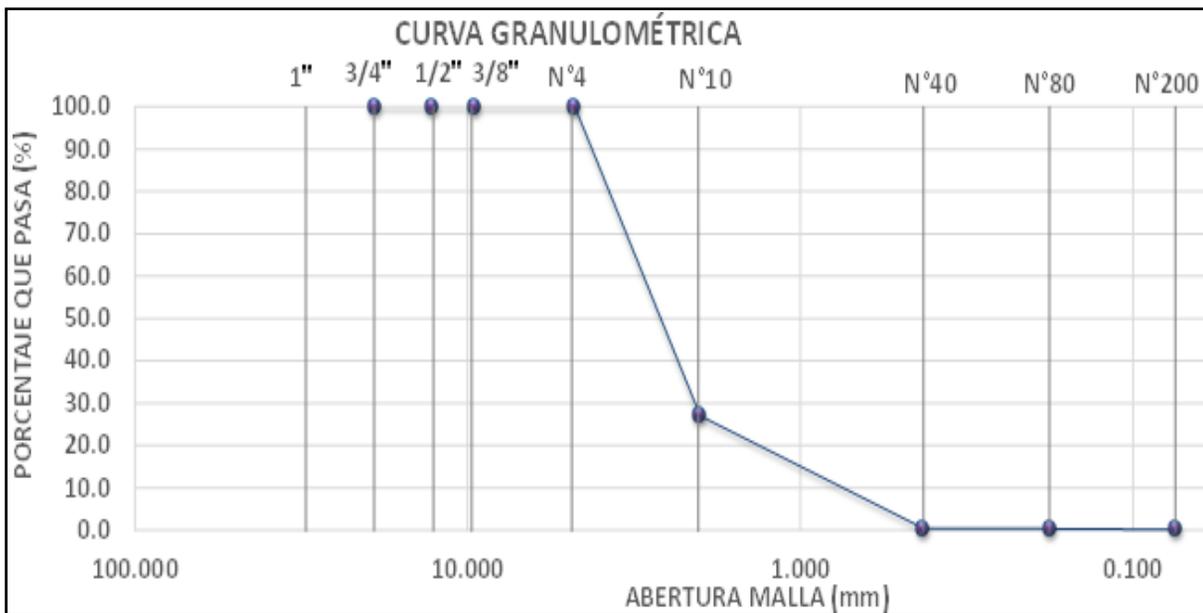
Cálculos.		
Tara	E-4	
Peso de Tara	110.30 g	
Tara + muestra Húmeda	665.80 g	
Tara + muestra Seca	662.90 g	
Contenido de Humedad (%)	0.5 %	Muestra seca= 552.6g

Proporciones Agregados.

Agregado Grueso.	0.0 %
Agregado Fino.	100.0 %
Fino Malla 200.	0.0 %

De acuerdo a la tabla anterior se establece que el tamaño máximo nominal del PCR es de 2.38 mm.

Gráfico N°5. Curva Granulométrica del caucho reciclado.



Fuente: Propia de los autores

Etapa 6. Diseño de mezcla con diferente porcentaje de caucho %

- **Diseño de mezcla con 1 % de grano de caucho reciclado.**

Tabla N°29 Resultado de Ensayo de Resistencia Conservada con Adición de 1% de Caucho Reciclado

N.º DE PROBETAS	Grupo seco			Grupo húmedo		
	01	02	03	04	05	06
Diámetro	10.11	10.12		10.12	10.14	
Espesor	6.65	6.65		6.65	6.66	
Contenido de Cemento Asfáltico	6.10	6.10		6.10	6.10	
Peso Probeta al Aire	1200.4	1204.2		1201.0	1200.0	
Peso de la Probeta Saturada (60´)	1206.0	1210.7		1207.4	1208.4	
Peso de la Probeta en el Agua	706.0	707.0		704.0	706.0	
Volumen de la Probeta	500.0	503.7		503.4	502.4	
Peso Específico Bulk de la Probeta	2.401	2.391		2.386	2.389	
% de Vacíos = $(17-16) \times 100/17$ (ASTM D 3203)	6.8	7.2		7.3	7.2	
Estabilidad sin corregir	297	294		246	238	
Factor Estabilidad	1.04	1.04		1.04	1.04	
Estabilidad corregida (kg)	309	306		256	248	
Resistencia a la compresión	2.9	2.9				
Resistencia retenida	83	81				
Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)	307					
Promedio Estabilidad (24 Horas) (kg)				252		
Resistencia conservada (%)	82					

Fuente: propia de los autores

Mezcla de agregados (Dosificación)

Agregado grava triturada TM 3/4" (Cantera Excalibur)	: 40.0 %
Agregado arena triturada (Cantera Excalibur)	: 58.5 %
Caucho reciclado	: 1.0 %
Filler (Cemento Portland)	: 0.5 %

Gradación = MAC-2 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

Ligante Asfáltico

Tipo de asfalto	: PEN 60 / 70
% optimo de asfalto residual	: 6.1%

Tabla N°30. Cuadro de Resumen de Diseño de Mezcla en Caliente Método Illinois - Marshall modificado con 1 % de grano de caucho reciclado

Parámetros de diseño		- 0.2 %	% Óptimo	+0.2 %	Especificación EG 2013
GOLPES	N°		75.0		75
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.90	6.10	6.30	
PESO UNITARIO	kg/m ³	2.457	2.459	2.459	
VACIOS	%	4.9	4.6	4.2	3 - 5
V.M.A.	%	12.6	12.8	12.9	14
V. LL.C.A.	%	59.5	63.0	66.5	
POLVO / ASFALTO	%	0.4	0.5	0.5	0.6 - 1.3
FLUJO	mm	14.2	14.4	14.7	8 - 14
ESTABILIDAD	kN	1408.6	1402.0	1386.8	8,15
ESTABILIDAD/ FLUJO	kg/cm	3973.2	3885.1	3763.1	1700 - 4000
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Mpa		2.9		2.1
RESISTENCIA RETENIDA	%		82		75
RESISTENCIA CONSERVADA	%		82		80

Fuente: propia de los autores

- **Diseño de mezcla con 2 % de grano de caucho reciclado.**

Tabla N°31. Resultado de Ensayo de Resistencia Conservada con adición de 2% de Caucho Reciclado.

	N.º DE PROBETAS	01	02	03	04	05	06
1	Diámetro	10.11	10.12		10.12	10.14	
2	Espesor	6.65	6.65		6.65	6.66	
3	Contenido de Cemento Asfáltico	6.10	6.10		6.10	6.10	
4	Peso Probeta al Aire	1201. 1	1203. 0		1200. 0	1204. 8	
5	Peso de la Probeta Saturada (60´)	1213. 7	1217. 5		1212. 9	1218. 1	
6	Peso de la Probeta en el Agua	707.0	709.0		706.0	708.0	
7	Volumen de la Probeta	506.7	508.5		506.9	510.1	
8	Peso Específico Bulk de la Probeta	2.370	2.366		2.367	2.362	
9	% de Vacíos = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)	6.8	7.0		6.9	7.1	
10	Estabilidad sin corregir	265	278		205	209	
11	Factor Estabilidad	1.04	1.04		1.04	1.04	
12	Estabilidad corregida (kg)	276	289		213	217	
13	Resistencia a la compresión	2.6	2.7				
14	Resistencia retenida	77	75				
15	Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)	282					
16	Promedio Estabilidad (24 Horas) (kg)				215		
17	Resistencia conservada (%)	76					

Fuente: propia de los autores

Mezcla de agregados (Dosificación)

Agregado grava triturada TM 3/4" (Cantera Excalibur)	: 40.0 %
Agregado arena triturada (Cantera Excalibur)	: 57.5 %
Caucho molido	: 2.0 %
Filler (Cemento Portland)	: 0.5 %

Gradación = MAC-2 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

Ligante Asfáltico

Tipo de asfalto	: PEN 60 / 70
% óptimo de asfalto residual	: 6.1%

Tabla N°32. Cuadro de Resumen de Diseño de Mezcla en Caliente Método Illinois - Marshall modificado con 2 % de grano de caucho reciclado

Parámetros de diseño		- 0.2 %	% Óptimo	+0.2 %	Especificación EG 2013
GOLPES	N°		75.0		75
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.90	6.10	6.30	
PESO UNITARIO	kg/m3	2.407	2.411	2.414	
VACIOS	%	5.4	5.0	4.6	3 - 5
V.M.A.	%	14.4	14.4	14.5	14
V. LL.C.A.	%	60.0	63.5	67.1	
POLVO / ASFALTO	%	0.5	0.6	0.6	0.6 - 1.3
FLUJO	mm	16.1	16.6	17.1	8 - 14
ESTABILIDAD	kN	1214.2	1188.4	1158.7	8,15
ESTABILIDAD/ FLUJO	kg/cm	3017.6	2866.7	2711.0	1700 - 4000
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Mpa		2.7		2.1
RESISTENCIA RETENIDA	%		76		75
RESISTENCIA CONSERVADA	%		76		80

Fuente: propia de los autores

Figura N° 12. Máquina Marshall – Rotura de briquetas



Fuente: Propia de los autores

Figura N° 13. Extracción de la Briqueta



Fuente: Propia de los autores

Tabla N°33. Cuadro de resumen del ensayo Marshall de la mezcla con incorporación de caucho

Parámetros de diseño		RESUMEN DE RESULTADOS			Especificación EG 2013
CAUCHO RECICLADO EN EL DISEÑO MAC %		0.0	1.0	2.0	
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.90	6.10	6.10	
PESO UNITARIO	kg/m3	2.35	2.46	2.41	
VACIOS	%	4.29	4.55	4.97	3 - 5
V.M.A. (mínimo)	%	16.50	12.76	14.41	14
V. L.L.C.A.	%	73.12	62.99	63.54	
POLVO / ASFALTO	%	0.74	0.47	0.56	0.6 - 1.3
FLUJO	mm	13.53	14.43	16.58	8 - 14
ESTABILIDAD (Mínimo)	kN	991.10	1402.00	1188.40	8,15
ESTABILIDAD/ FLUJO	kg/cm	2931.1	3885.1	2866.7	1700 - 4000

Tabla N°34. Cuadro de resumen de C.A

Asfalto 60-70	Golpes	Peso unitario	Vacios de mezcla	V.M. A	Vacios llenos de asfalto	Polvo / asfalto	flujo	Estabilidad	Estabilidad flujo
%			%	%	%			kg	Kg/cm
5.1	75	2.427	7.2	13.0	44.0		13.7	1355.0	3962.0
5.6	75	2.450	5.6	12.6	55.1		14.0	1396.0	3988.0
6.1	75		4.6	12.82	63.0	0.5	14.4	1402.0	3885.1
6.6	75	2.454	3.9	13.3	70.6		15.3	1346.0	3514.0

Asfalto 60-70	Golpes	Resistencia a la compresión	Resistencia retenida	Resistencia Conservada
%	75			
5.1	75			
5.6	75			
6.1	75	2.9	82	82
6.6	75			

Fuente: Propia de los autores

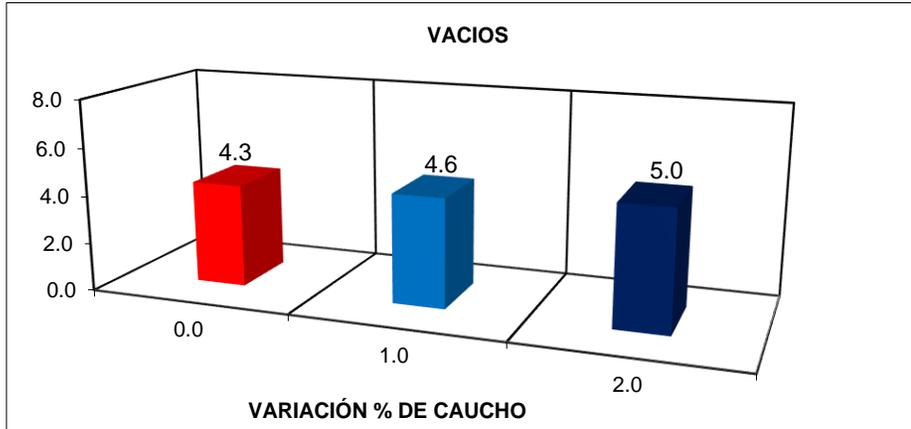
4.2. Resultados (VD. I1, I2, I3, I4, I5, I6)

Indicador 1, Porcentaje de vacíos con aire

Tabla N°35. Porcentaje de vacíos con aire o (simplemente vacíos) EG-2013

Porcentaje de vacíos con aire		EG-2013	
mezcla patrón 0%	4.3	3-5%	¡cumple!
modificada 1% caucho	4.5	3-5%	¡cumple!
modificada 2% caucho	5.0	3-5%	¡cumple!

Gráfico N°6: Porcentaje de vacíos con aire



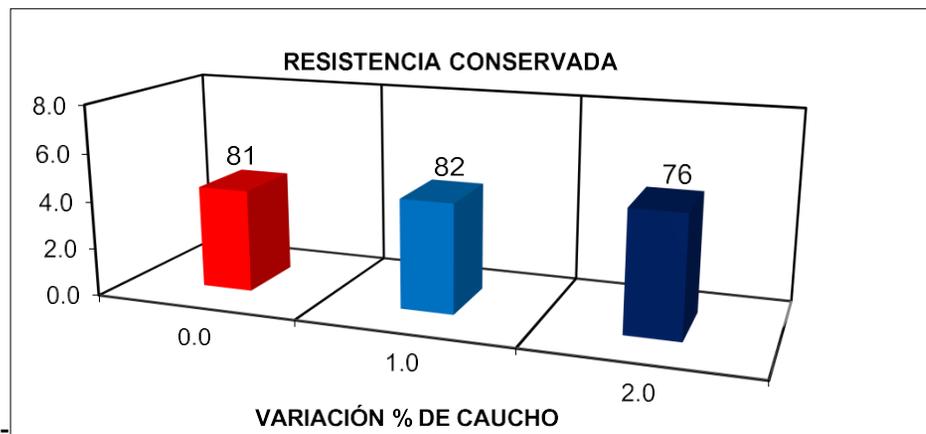
De acuerdo a la tabla N°35 y el gráfico N°6 el porcentaje de vacíos de aire de la mezcla modificada con 1% de caucho ha aumentado el contenido de vacíos en +0.2% con respecto al asfalto convencional que obtuvo 4.3% de igual forma para la mezcla modificada con 2% de caucho ha aumentado en +0.7%. Lo que nos indica que la exigencia de vacíos con aire está dentro del rango de aceptación de los parámetros de diseño Marshall que está en 3 a 5 % de acuerdo EG-2013, Para la mezcla fabricada a 150 °C por lo tanto la hipótesis del indicador de la influencia de caucho en el contenido de vacíos con aire se acepta por que la durabilidad y la permeabilidad de un pavimento asfáltico está en función al contenido de vacíos de rango de aceptación Marshall

Indicador 2, Resistencia Conservada

Tabla N°36. Resistencia conservada AASHTO T 283-EG2013

RESISTENCIA COSERVADA		EG-2013	
mezcla patrón	81	80% min.	¡cumple!
modificada 1% caucho	82	80% min.	¡cumple!
Modificada 2% caucho	76	80%min.	¡No cumple!

Gráfico N°7: Resistencia conservada AASHTO T 283-EG2013



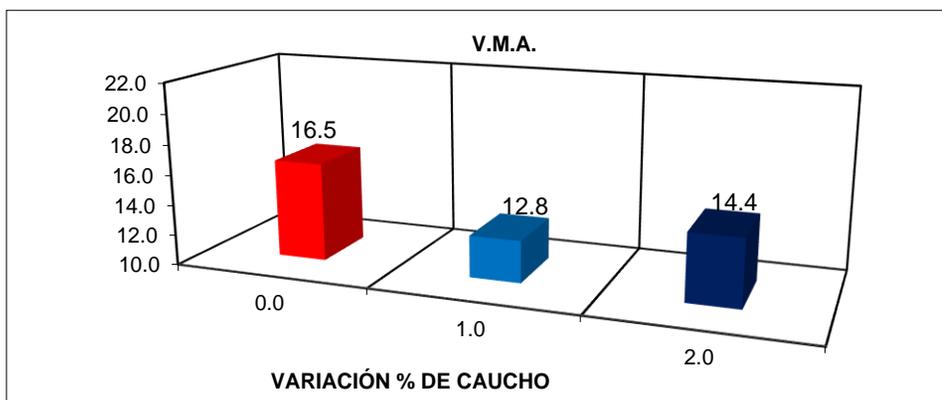
De acuerdo a la tabla N° 36 y el gráfico N°7 se observa lo siguiente. La resistencia conservada con 1% de caucho ha aumentado 1.2% con respecto al diseño patrón, que obtuvo 81%, pero la mezcla con 2% de caucho ha disminuido en -12.82% el cual no cumple el parámetro Marshall EG-2013 y en base a estos resultados la hipótesis del indicador de la influencia del caucho con 1% en agregado se acepta y se rechaza para un contenido de 2% de caucho por lo que es más conveniente con 1% de contenido de caucho óptimo en agregado que influye en resistencia conserva en tracción directa a cargas de tránsito pesado.

Indicador 3, Porcentaje de vacíos de agregado mineral

Tabla N°37. vacíos de agregado mineral EG-2013

Porcentaje Vacíos de agregado mineral		EG-2013	
mezcla patrón 0%	16.5%	14%min.	¡cumple!
modificada 1% caucho	12.8%	14%min.	¡NO cumple!
modificada 2% caucho	14.4%	14%min.	¡cumple!

Gráfico N°8. Porcentaje vacíos de agregado mineral



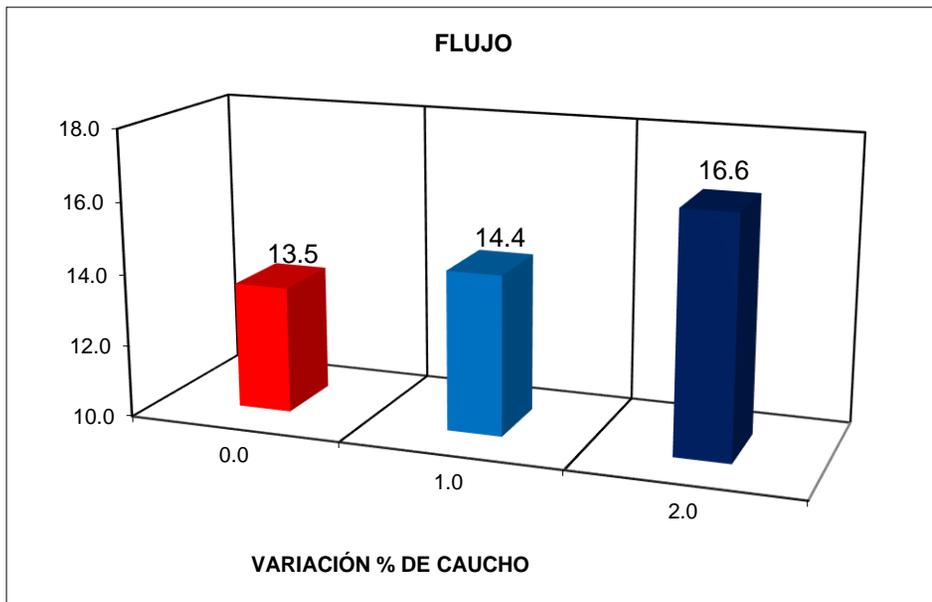
De acuerdo a la tabla N°37 y el gráfico N°8 se deduce lo siguiente, que el contenido de vacíos de agregado mineral con respecto al asfalto convencional ha disminuido como se observa la gráfica celeste tiene menos contenidos de vacíos de hasta -22.4% con respecto al diseño patrón del gráfico rojo que obtuvo 16.5% y no cumple el parámetro de diseño Marshall EG-2013, que el contenido de vacíos en el agregado mineral debe tener 14% agregado total como mínimo, pero es distinto el resultado del gráfico azul con 1% de caucho disminuyó en -14.9% con respecto al diseño patrón, por tanto la hipótesis de indicador de la influencia de caucho con 1% en la carpeta asfáltica se acepta, ya que es el más óptimo y cumple con las características Marshall por lo que la película de asfalto cubrirá mejor los agregados, haciendo más durable la mezcla del agregado, y se rechaza la hipótesis del indicador con 2% de caucho en el agregado. Por qué no cumplen el parámetro de diseño Marshall EG-2013.

Indicador 4, Flujo

Tabla N°38. Flujo EG-2013

FLUJO		EG-2013	
mezcla patrón 0%	13.5	8-14 mm	¡cumple!
modificada 1% caucho	14.4	8-14mm	¡NO cumple!
modificada 2% caucho	16.6	8-14mm	¡NO cumple!

Gráfico N°9: Flujo



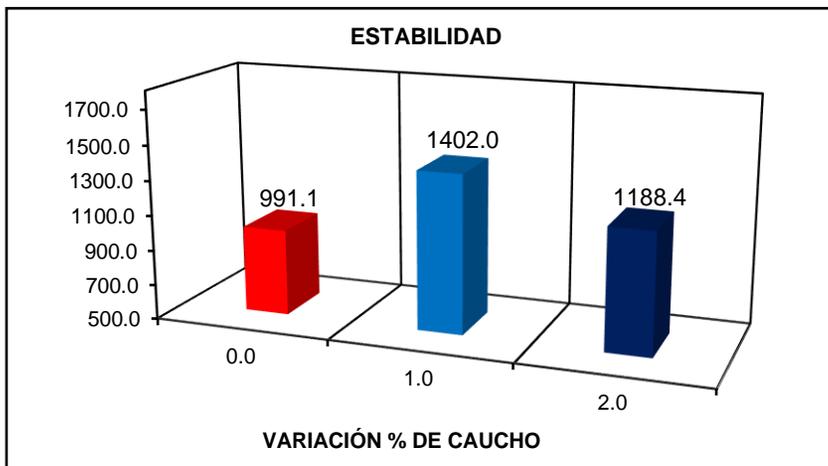
Como se puede observar en la tabla N°38 y la gráfica N°9, el asfalto modificado con 1% y 2% de caucho no cumplen los parámetros de diseño Marshall de la EG-2013 que en rango de 8 a 14 mm con respecto al asfalto convencional que obtuvo 13.5 mm y en base a estos resultados la hipótesis de la influencia de flujo con incorporación de caucho en la capa asfáltica se rechaza

Indicador 5, Estabilidad

Tabla N°39. Estabilidad EG-2013

ESTABILIDAD		EG-2013	
mezcla patrón	991.1	8.15KN min.	¡cumple!
modificada 1% caucho	1402.0	8.15KN min	¡cumple!
Modificada 2% caucho	1188.4	8.15KN min	¡cumple!

Gráfico N°10: Estabilidad



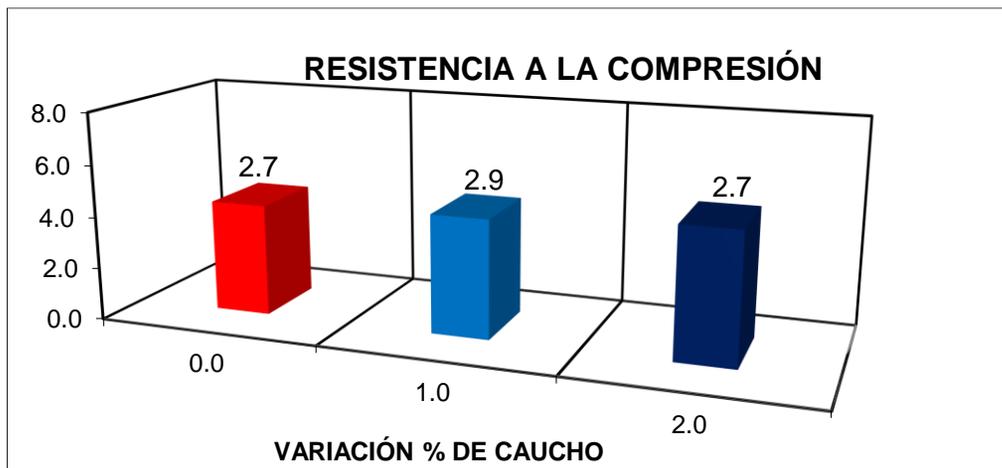
Como se puede observar en La tabla N°39 y la gráfica N°10 la estabilidad de la mezcla modificada con 1% de caucho presenta un incremento de 41.46%, y 19.91% para mezcla modificada con 2% de caucho. Esto, con respecto al diseño patrón de la mezcla convencional que obtuvo 991.1Kn cumpliendo el parámetro de diseño mínimo en base a estos resultados obtenidos se puede determinar que la hipótesis del indicador de la influencia del caucho en la carpeta asfáltica en cuanto a la estabilidad se acepta, dado que la incorporación de caucho reciclado mejora la estabilidad en la carpeta asfáltica como resultado más óptimo, con 1% de caucho es más favorable la estabilidad.

Indicador 6, Resistencia a la compresión

Tabla N°40. Resistencia a la compresión EG-2013

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		EG-2013	
mezcla patrón 0%	0.0	2.1 Mpa. Min.	¡cumple!
Modificada 1% caucho	2.9	2.1 Mpa. Min.	¡cumple!
Modificada 2% caucho	2.7	2.1 Mpa. Min.	¡cumple!

Gráfico N°11: Resistencia a la compresión



De acuerdo a la tabla N°40 y la gráfica N°11 la resistencia a la compresión se ha incrementado en 8% con respecto al diseño patrón que se obtuvo 2.7Mpa y la mezcla con incorporación de 2% de caucho se mantiene en 2.7Mpa el mismo resultado que la mezcla patrón, por lo tanto se pudo determinar la hipótesis del indicador de la influencia del caucho en la carpeta asfáltica en cuanto a la resistencia a la compresión se acepta dado que, el asfalto modificado con 1% de caucho influye en la carpeta asfáltica y tiene mayor representación cuanto a tracción por cargas y cumple las especificaciones técnicas EG-2013.

V. DISCUSIÓN

- En cuanto a los resultados de porcentajes de vacíos se obtuvo como muestra patrón 4.3 % de vacíos con un 5.9 % C.A, al añadir 1% de adición con caucho y 6.1% C.A se obtuvo 4.5 % de vacíos aumentando un 0.2 % con respecto al diseño patrón y con 2 % de adición con caucho y 6.1 % C.A se obtuvo 5.0% de vacíos aumentando 0.7% respecto al diseño patrón y considerando los parámetros de diseño Marshall que establece 3 a 5 % de vacíos en MTC EG-2013. Mientras Villagaray (2017), en su diseño patrón tiene 3.9 % de vacíos con un 5.6 % C.A, con 0.5 % de adición de caucho y 5.4 % C.A obtuvo 4.4 % de vacíos, con 1 % de adición con caucho y 4.6% C.A obtuvo 4.4% de vacíos. Lo que indica que estos resultados son similares ya que nuestro resultado con el 1 % de adición con caucho y 6.1 % C.A obtuvimos 4.5 % de vacíos y el antecedente obtuvo con 1% de adición de caucho y 4.6% C.A logro 4.4 % de vacíos y los dos fueron trabajados con el PEN 60/70, esto resultados le permite al pavimento la expansión del asfalto en tiempos cálidos y mejorar su comportamiento mecánico ante las deformaciones.
- De los resultados óptimos en cuanto a la *resistencia conservada* con diseño patrón se obtuvo 81 % de la resistencia conservada y con la adición de 1 % de caucho se obtuvo un 82% con una mejora de 1.2% respecto al patrón y cumpliendo con las Norma AASHTO T 283 que nos pide como requerimiento 80 % como mínimo. Mientras que el investigador Granados (2017), como diseño patrón tiene 84.9 % y con la adición de 0.5% de caucho se logró 93.7 %, aumentando un 10.3% respecto al patrón. Lo que indica que los resultados son similares por lo que los dos fueron elaborados a una temperatura de digestión de 170 C° de esta manera el efecto negativo en la cohesión del diseño de mezcla baja con la adición de caucho, logrando incrementar su resistencia conservada teniendo mejores resultados el diseño del antecedente.
- Los resultados de porcentaje de vacíos de agregado mineral como diseño patrón se obtuvo 16.5 % VMA, con el 1 % con adición de caucho no cumple ya

que el manual de carreteras EG-2013 nos pide agregado mineral como mínimo 14 % para diseño Marshall y el 2 % con adición de caucho cumple con un 14.4% VMA. Mientras que el investigador Ramírez (2006) tiene como diseño patrón 18.3 % VMA, con 0.5 % adición de caucho se obtuvo 17.0 % VMA y con 1 % de adición de caucho se logró 16.3 % VMA. Lo que indica que estos resultados son diferentes con 1 % de adición de caucho ya que nuestra granulometría del caucho reciclado es menor a 2.380mm y tenemos un tipo de asfalto 60/70 y el investigador utilizó una granulometría de caucho menores 0.63mm con un tipo de asfalto 60/80 y se aprecia los vacíos del agregado mineral reducen a medida que los porcentajes de caucho aumenta.

- De los resultados de Flujo como diseño patrón con 5.9 %C. A se obtuvo 13.5 mm el cual es el único que cumple los parámetros 8 – 14 mm de diseño Marshall (MTC)EG-2013, fue trabajado con 6.10 %C. A con 1 % de adición con caucho se obtuvo 14.4mm y con 2% de adición de caucho se obtuvo 16.6 mm. Mientras que el investigador Cervera (2016), en su diseño patrón con 5.8 %C. A obtuvo 9.88 mm, y con 5.9%C. A para 0.5% con adición de caucho se logró 11.73 mm y con 5.3%C. A con 1% de adición con caucho se obtuvo 9.65 mm. Estos resultados son diferentes ya que en este trabajo de investigación se utilizó un cemento tipo 60/70 y con contenido de asfalto 5.9 % y 6.10 % en cambio en el antecedente utilizó un cemento tipo 85/100 y con contenido de asfalto 5.8 %, 5.9 % y 5.3% de los cuales los resultados están dentro de los parámetros de diseño Marshall de esta forma no afecta a la estabilidad y tiene un mejor comportamiento ante las deformaciones.
- De los resultados de estabilidad nuestro diseño patrón es de 991.1 kg y con 1 % de adición de caucho se obtuvo 1402.0 kg con un aumento positivo de 41.46% respecto al modelo patrón, con una incorporación de 2% de caucho, se obtuvo 1188.4 KN aumentando 19.91% respecto al diseño patrón. Mientras que el investigador Álvarez y Carrera (2017), obtuvo en su diseño patrón 1210.3 kg, con 1.5 % de adición de caucho obtuvo 1066.1 kg disminuyendo 12% y con 2

% de adición de caucho obtuvo 955.7 kg disminuyendo 21 % respecto al diseño patrón. Estos resultados son diferentes ya que nuestro diseño aumenta con la adición de caucho por lo contrario con los resultados del antecedente disminuye al adicionar GCR porque nuestra granulometría de la mezcla de la patrón es de 42 % grava triturada, 57.5% arena triturada y 0.5% de Filler en cambio del antecedente es de 55 % grava triturada, 40 % de arena triturada y 5% de Filler, con respecto al diseño más óptimo el 1 % de adición con caucho tiene una granulometría 40 .0% grava triturada, 58.5 % de arena triturada, 0.5 % Filler, 1 % GCR y el investigador es su resultado más óptimo 55% grava triturada, 40% de arena triturada, 3.5 % filler y 1.5% de GCR por lo que al obtener una granulometría óptima mejoramos la trabajabilidad.

- De los resultados de resistencia a la comprensión en la mezcla patrón se obtuvo 2.7 Mpa, con adición de caucho de 1 % se obtuvo 2.9 Mpa aumentando un 8% respecto al patrón y con el 2 % de adición de caucho se obtuvo el mismo resultado que el patrón. Mientras que el investigador Flores (2018), en su diseño patrón 3.5 Mpa y con el 5% de granos de caucho obtuvo 3.9 Mpa aumentando un 11 % respecto al diseño patrón. Lo que indica que estos resultados son similares por que los dos tienden a aumentar respecto al patrón, y se manejó el mismo tipo de asfalto PEN 60/70 y la misma clase de mezcla. Las 2 investigaciones desempeñaron los parámetros de la norma de carreteras EG-2013 que nos dice 2.1Mpa. como mínimo por lo tanto incrementa la capacidad de carga.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó que de acuerdo a los resultados de los ensayos Marshall, los neumáticos en des uso GCR mejora sus propiedades físicas y mecánicas de la capa asfáltica, se puede utilizar de manera confiable como un agregado adicional, relativa de 1 % que es la más óptima remplazando en la arena triturada o agregado fino que nos permita mejorar las características funcionales de durabilidad resistencia, estabilidad, resistencia conservada, resistencia a la compresión, flujo y contenido de vacíos de aire con una nueva solución técnica en pavimentos modificados que soportará las cargas de alto tránsito a diferencia del asfalto convencional de acuerdo a las exigencias determinadas por técnicas de la EG-2013.
2. Se ha determinado que el porcentaje de vacíos de aire en la mezcla total con intervención de caucho con 1% según la tabla 43 y el grafico 24. Obtuvo 4.5% y remplazando el 2% del agregado fino con caucho se obtuvo 5% cumpliendo en ambos casos las exigencias requeridas Marshall que están en rango de (3 a 5%) de esta manera la incorporación de caucho influye de manera positiva en mejorar las características mecánicas del asfalto. Y de acuerdo a estos resultados con 1% de contenido de caucho en el en la mezcla La compactibilidad y durabilidad es más aceptable porque estas comprenden en función al contenido de vacíos más óptima.
3. Se ha determinado que de acuerdo a la tabla 44 y el grafico 25 la resistencia conservada para un contenido de agregado fino con 1% de caucho supera en 1.2% con respecto al diseño patrón, que obtuvo 81% el cual en ambos resultados se acerca a las exigencias del contenido mínimo de resistencia conservada según el parámetro de diseño Marshall que es 80% a diferencia con 2% de caucho que obtuvo 76% el cual no cumple con las exigencias requeridas mínimas Marshall. De esta manera la incorporación de caucho reciclado ha mejorado sustancialmente, la resistencia conservada para un contenido de agregado fino remplazando 1% de caucho por lo que nos indica que este resultado influye positivamente con respecto a la resistencia conserva

en tracción directa a cargas de tránsito pesado en la carpeta asfáltica.

4. De acuerdo a la tabla 45 y el grafico 26, con el 1% de caucho en la mezcla a que obtuvo 14.4% de VMA ha incrementado mínimamente en 1.23% con respecto al diseño patrón que obtuvo 16.5% y en el segundo diseño con 2% de caucho en la mezcla está por debajo de las de las exigencias mínimas según parámetros de diseño marshal EG-2013 por lo no cumple los requerimientos necesarios para su aplicación en la carpeta asfáltica por lo tanto se determinó que la incorporación con 1% mejora el VMA, por lo que la dependencia de este mismo se mantiene constante teniendo más espacio y cubriendo mejor los agregados haciéndolo más, manejable, más durable la mezcla y se puede compactar fácilmente, siendo el única alternativa óptima para el ensayo y su posterior aplicación.
5. En base a los resultados de la tabla 46 y grafica 27. La adición de PCR (partículas recicladas de cauchos) ha influido negativamente, la interrelación de estabilidad / flujo respectivamente ya que ninguno de los diseños con contenido 1% y 2% de caucho se encuentran dentro del rango de captaciones Marshall lo que determina que existen eminente deformación proporcional de hasta 14.4mm y 16.6mm respectivamente en las muestras de briquetas
6. De acuerdo a la tabla 47 y la gráfica 28, la mezcla con el 1% de caucho obtuvo 1402.1kn y con el 2% de caucho en la mezcla obtuvo 1188.4kn, incrementando la estabilidad en 41.46% para el primer diseño y 19.91% para el segundo diseño con respecto al diseño patrón que obtuvo 991.1kn cumpliendo en ambos casos con las exigencias 8.15kn mínimas Marshal EGE-2013. De esta manera la incorporación de caucho reciclado ha mejorado exponencialmente en ambos casos siendo la, más óptima con el 1% de caucho en la mezcla, tiene mayor capacidad para soportar deformaciones y desplazamientos bajo tensiones de cargas vehiculares, manteniendo su forma y lisura bajo cargas de repetidas.
7. De acuerdo a la tabla 48 y la gráfica 29 Se determina que la incorporación de

caucho reciclado con 1% en el agregado ha mejorado la resistencia a la compresión en 8% con relación al diseño patrón que se obtuvo 2.7Mpa e influyó de manera positiva ya que tiene mayor representación en la carpeta asfáltica en cuanto a tracción por cargas y cumple las especificaciones técnicas EG- 2013.

VII. RECOMENDACIONES

- En la presente investigación se trabajó con un diseño patrón teniendo en cuenta las características de la avenida San Felipe y se diseñó mezclas con 1 % y 2 % de adición de caucho y con un óptimo contenido de asfalto de 6.1 % para el diseño de mezcla, mejorando las propiedades físicas con respecto a la flexibilidad e impermeabilidad, con las propiedades mecánicas mejora en durabilidad y la deformación. Se recomienda estudiar granulometrías tradicionales y trabajar con granos de caucho menores al tamiz n°8 por que se tiene mejores resultados con una granulometría de pequeñas dimensiones.
- Para futuras investigaciones se recomienda utilizar adición de caucho menor al 2 % para obtener porcentaje de vacíos dentro de lo establecido por el diseño Marshall en el rango de 3 % a 5% de acuerdo a la norma de carreteras EG-2013, de esta manera mejorar el comportamiento del asfalto ante las deformaciones.
- Se recomienda utilizar el ensayo de tracción indirecta o resistencia conservada menor al 2% de mezcla modificada con caucho porque con un porcentaje mayor al 2 % no cumple con el diseño Marshall.
- Se recomienda tomar en cuenta el volumen de la briqueta por desplazamiento para poder obtener el porcentaje mínimo requerido según la tabla 423-08 del MTC EG-2013 por lo que influye al momento de establecer los porcentajes de vacíos del agregado mineral.
- Para futuros estudios se recomienda utilizar adición de caucho menor al 2 % para obtener datos de flujo consecuentemente con los lineamientos del diseño Marshall en el rango de 8 – 14 (0,01”) de acuerdo a la norma de carreteras EG-2013, de esta manera mejorar el comportamiento del asfalto ante las deformaciones.
- Se logró evidenciar que el diseño realizado con 1% de caucho tuvo una estabilidad mayor (1402.0 kg) frente al diseño patrón (991.1 kg) y al diseño con

2% de caucho (1188.4 kg). Se recomienda utilizar adición de caucho menor al 2 % para obtener resultados con un mejor performance dentro de la composición de la mezcla por lo que con porcentajes mayores de adición de caucho tiene a bajar los resultados.

- De los resultados de resistencia a la compresión en la mezcla patrón se obtuvo 2.7 Mpa, con adición de caucho de 1 % se obtuvo 2.9 Mpa aumentando un 8% respecto al patrón y con el 2 % de adición de caucho se obtuvo el mismo resultado que el diseño patrón. Este indicador recomienda utilizar adición de caucho menor al 2 % para obtener resultados con un mejor performance dentro de la composición de la mezcla.

REFERENCIAS

Referencias en relación con el orden de citado

1. Swaneck, John. Reciclado de Neumáticos Fuera de Uso y su Aplicación en la Construcción. Tesis de Título en Ingeniero Ejecución Informático. Chile: Universidad Mayor - Facultad de Ingeniería,2010.
2. Montoya. M, Mungaray, GarcíaA. Sustainable Road Maintenance Planning in Developing Countries Based on Pavement Management Systems: Case Study in Baja California, México.
Disponible: <https://doi.org/10.3390/su12010036>
3. Mujibur Rahman. Characterisation of dry process crumb rubber modified asphalt mixtures [en línea]. Tesis doctoral. University of Nottingham,2004 [consultado el 15 de junio 2020]. Disponible en <https://www.nottingham.ac.uk/research/groups/ntec/documents/theses/rahman,mphdthesis.pdf>
4. Méndez. R. [En línea]. Artículo de revista El País. Recuperada el 20 de agosto del 2016, de <http://m.ultimahora.com/en-espana-reciclan-neumaticos-construccion-rutasn36042.html,2007>
5. RPP, Recicladores quemaron llantas ocasionando contaminación en Arequipa, mayo 2017[En línea] [fecha en consulta 20 de mayo 2020]. Disponible en: <https://rpp.pe/peru/arequipa/recicladores-quemaron-llantas-ocasionando-contaminacion-en-arequipa-noticia-1048627>
6. RAGAB y ABDELRAHMAN. Improved storage stability of granulated rubber modified asphalt by controlling its internal network structure [en línea]. 2018, enero (15) [fecha de consulta: 02 de diciembre de 2020]
ISSN: 1540-5560 DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/14680629.2004.9689980>.
7. TAI y NHAN. Effects og granulated rubber content and curing time on the properties of asphalt concrete and Stone putty asphalt by dry process [en línea]. 2018, mayo 03 (11) [fecha de consulta: 02 de diciembre de 2020]
8. LI, SABERIAN y THACH. Effect og granulated rubber on the mechanical properties of crushed recycled floring materials [en línea]. 2018,julio 15 (21) [fecha de

consulta: 02 de diciembre de 2020]

ISSN: 1010- 1604 DOI: 10.1016 / j. jenvman.2018.04.062

9. Chamorro, Chancusi P. 2017 en su de investigación estudio de las propiedades mecánicas del asfalto modificado con polvo de caucho reciclado incorporado por vía húmeda y por vía seca frente al asfalto flexible sin modificación_
<file:///C:/Users/Computer/Desktop/asfalto/T-UCE-0011-288.pdf>
10. Ramírez Palma, Náyade. Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile,2006 [consulta el 10 de junio 2020]. Disponible en:
http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/ramirez_n/sources/ramirez_n.pdf
11. Diaz y Castro, (2017), en su investigación titulada “Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá” para optar el título de ingeniero civil publicado en la Universidad Santo Tomas, Colombia
12. Domínguez, Cortes G. Formulación de concretos bituminosos con asfalto modificado, caucho reciclado y asfáltica [en línea]. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Santo Tomás Bogotá D.C,2017[consultado el 15 de junio 2020]. Disponible en:_
<https://pdfs.semanticscholar.org/ed87/c6556733bd2bb8b151f0b2cbbb36f06d605d.pdf>
13. Ubidia Pinedo, Lucia. Diseño de pavimento flexible con la utilización de polvo de caucho reciclado para minimizar la generación de fisuras del Jr. Jorge Chávez cdra. 01-09 Ciudad de Tarapoto San Martín [en línea]. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Cesar Vallejo,2019 [consultado el 15 de junio 2020]. Disponible en:_
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31570/Ubidia_PLE.pdf?sequence=1&isAllowed=y
14. Maguiña Salazar, Walther. Caucho reciclado de llantas en la mezcla de Asfalto a Compresión para mejorar las Propiedades Mecánicas [en línea]. Tesis para optar el grado de maestro en Ingeniería Vial. Universidad Ricardo Palma, Lima Perú

,2019 [consultado el 15 de junio 2020]. Disponible en:

http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2919/T030_31605837_M%20Magui%c3%b1a%20Salazar%20Walther%20Te%c3%b3filo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

15. Salvatierra Cerda, José. Desarrollo de un aglomerado asfáltico con polvo de caucho, en la ciudad de Huanta- Ayacucho [en línea]. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú, 2014 [consultado el 15 de junio 2020]. Disponible en: http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1042/Tesis%20Q482_Sa_l.pdf?sequence=1&isAllowed=y
16. Granados (2017) en su investigación “Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho mediante proceso por vía seca respecto a la mezcla asfáltica convencional” para optar el título de Maestro en Ingeniería vial con mención en carretera, puentes y túneles en la universidad Ricardo Palma
17. Flores Pérez, Jhon. Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda, avenida Perú, Callao,2018 [en línea]. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Cesar Vallejo,2018 [consultado el 15 de junio 2020]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/25348>
18. Álvarez Briceño, Luis y Carrera Sánchez, Ever. Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica para obtener el grano de Ingeniero Civil, Universidad Privada Antenor Orrego en Trujillo,2017
19. Weimin Song, Baoshan Huang and Xiang Shu. Influence of warm-mix asphalt technology and rejuvenator on performance of asphalt mixtures containing 50% reclaimed asphalt pavement. *Journal of Cleaner Production*. [En línea]. 2018, agosto, Vol. 192, [fecha de consulta 2 diciembre 2020]. ISSN 0959-6526. DOI.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.269. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S09596526183131>

20. RAZMI y MIRSAYAR. Resistance to fracture of asphalt concrete modified with granulated rubber at low temperatures [en línea]. 2018, mayo (11) [fecha de consulta: 02 de diciembre de 2020] ISSN:0580-8070 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.10.003>
21. Ramírez. Diseño de mezcla asfáltica asfalto-caucho tecnología GAP [en línea]. Tesis para optar Título Profesional de Ingeniero,2014 [consultado el 10 de mayo 2020]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1743/1/Dise%c3%b1o-mezcla-asf%c3%a1tica-asfalto-caucho-tecnolog%c3%ada-Gap-Grade.pdf>
22. KARACASU, OKUR y ER. A study on the mechanical properties of mixed asphalt modified with recycled rubber [en línea]. 2015, enero, 27 (147) [fecha de consulta: 02 de diciembre de 2020] ISSN: 2585-8627_ DOI:<https://doi.org/10.1155/2015/258586>
23. Montalvo F. M. Complementación de las especificaciones técnicas en los diseños de mezclas asfálticas en caliente. Tesis de Título Profesional de Ingeniero, Piura,2008
24. OIKONOMOU y MAVRIDOU. The use of waste rubber from tires in civil engineering Works [EN LINEA]. 2019, agosto (54) [fecha de consulta: 02 de diciembre 2020] ISSN: 2020-2559 DOI: <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/asphalt-mixture>
25. Cervera, Influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos, Cajamarca, tesis de título profesional Pg. 24-25, 2016.
26. Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements A NATIONAL SEMINAR February 4–6, 2003 San Diego, California_ https://www.researchgate.net/profile/Tim_Aschenbrener/publication/286140774_Introduction_and_Seminar_Objectives/links/5e83f239299bf130796dc230/Introduction-and-Seminar-Objectives.pdf#page=82

- 27.** Garnica, flores, Gómez, Sciences ingenieering medicine caracterización geomecánica de mezclas asfálticas [en línea], 4 267 ISSN: 0188-7297,2017 [consultado el 20 de mayo 2020]. Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt267.pdf>
- 28.** YANG y CHENG. Preparation and performance of modified asphalt compound with rubber and polyethylene waste [en línea]. 2016, agosto 08 (115) [fecha de consulta: 02 de diciembre de 2020] ISSN: 1155-5803 DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/5803709>
- 29.** Munder, Mohamad, Norhidayah, Kabiru, Hamza, Ashraf y Ahmed. Rubber crumb moisture sensitivity modifying hot asphalt additive my additive for two different compaction temperatures [en línea]. 2018, abril (140) [fecha de consulta: 02 de diciembre de 2020] ISSN: 1401-2072. DOI:10.1088/1755-1315/140/1/012072
- 30.** SALIM, HASSAN, REHAN y ABDELAZIZ. A review on the use of granulated rubber in asphalt Pavement reinforcement [en línea]. 2014, enero 30 (10) [fecha de consulta: 02 de diciembre de 2020] ISSN: 3929-0664 DOI: [10.1155 / 2014/214612](https://doi.org/10.1155/2014/214612)
- 31.** BENNERT, Thomas. Grade determiation of crumb rubber modified performance graded asphalt binder [en línea]. 2013, agosto 29 (73) [fecha de consulta: 02 de diciembre de 2020] ISSN:0820-1223
DISPONIBLE EN: <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/27122>
- 32.** SHABAN. The use of recycled plastic as a partial replacement for recycled rubber in asphalt concrete [on line]. 2019, octubre (12) [fecha de consulta: 02 de diciembre de 2020]
ISSN:5058-2550 DO:<https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/asphalt-mixture>
- 33.** Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements International Journal of Transport Science and Technology Volume 3, Number 3, September 1, 2014, Pages 211-227
Disponible en.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2046043016301101?via%3Dihub>

34. Guevara, Méndez, Pimentel. Diseño de mezclas asfálticas densas en frío basado en el método Marshall modificado de la universidad de Illinois. [en línea], 2010. Pg. 84 santa Ana el Salvador, Tesis profesional de ingeniero civil. [consultado el 28 de mayo 2020]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/801/1/10136235.pdf>
35. Rojas Soriano, Raúl. Guía para realizar investigaciones sociales. 8° ed. México Plaza y Valdez editores [en línea], 2013. ISBN 968-856-262-5. [consultado el 25 de mayo 2020]. Disponible en: <http://raulrojassoriano.com/cuallitlanezi/wp-content/themes/raulrojassoriano/assets/libros/guia-realizar-investigaciones-sociales-rojas-soriano.pdf>
36. GOUNDAR, Sam. Research Methodology and Research Method. *Researchgate* [En línea]. 2019, cap. 3. 1-41. Pág. 5 [Fecha de consulta 23 de junio 2020]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/333015026>
37. Hernández Sampieri, Roberto. Metodología de la investigación. 6° edición [en línea] 2013. [consultado el 25 de mayo 2020]. Disponible en: <https://www.gettextbooks.com/isbn/9781456223960/>
38. Scielo. Trece años de continuo desarrollo con mezclas asfálticas modificadas con Grano de Caucho Reciclado en Bogotá: Logrando sostenibilidad en pavimentos [en línea] 2018 vol.33 [consultado el 17 de junio 2020]. ISSN 0718-5073. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732018000100041
39. Galeas, S y Guerrero, V. Obtención de Asfalto Modificado con Polvo de Caucho Proveniente del Reciclaje de Neumáticos de Automotores [en línea] 2015 vol.36 [consultado el 17 de junio 2020]. Disponible en: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen36/tomo3/Obtencion_de_Asfalto_Modificado_con_Polvo_de_Caucho_Proveniente.pdf
40. Tamayo, M. Metodología de investigación, pautas para hacer tesis. Metodología de investigación Científica [en línea]. 2012, [consultado el 10 de junio 2020]. Disponible en:

<http://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2013/08/que-es-la-poblacion.html>

41. Luis López. Pedro. Población Muestra y Muestro. Comunicador Social Docente UCB- Cbba [en línea]. 2004, Punto cero v.09 n 0.8 Cochabamba. [consultado el 15 de junio del 2020]. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1815-02762004000100012
42. 35. Suarez Gil, Patricio. Población de estudio y muestra [en línea] [consultado el 6 de junio 2020] disponible en: http://udocente.sespa.princast.es/documentos/memorias/medotologia_Investigacion/Presentaciones/4_%20poblacion&muestra.pdf
43. 36. Concepto definición de redacción [en línea] [fecha de consulta: 15 de junio 2020]. Disponible en: <https://conceptodefinicion.de/observacion-experimental/>
44. Robledo Mérida, Cesar. Proceso de investigación [en línea]. 2010. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2020]. Disponible en: <https://investigar1.files.wordpress.com/2010/05/fichas-de-trabajo.pdf>
45. Aliaga Bravo, Aplicación del caucho reciclado para la mejora de las propiedades de la carpeta asfáltica en pavimentación de la Av. Bertello, Santa Rosa, Lima 2017. [en línea].2017 [fecha de consulta 10 de junio 2020], pg. 52. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/21730>

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz Operacional de Variables

Título: Incorporación del caucho reciclado para mejorar las propiedades físico-mecánicas de la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas2020

V.INDEPENDIENTE

V.DEPENDIENTE

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
INCORPORACIÓN DEL CAUCHO RECICLADO	Las partículas en su granulometría pueden tener un tamaño 3 mm, pero se gracias a las investigaciones se recomienda sean menores a 0.8m mejor dicho que pase por el tamiz N°20 para q no tengan inconvenientes en la mezcla asfalto caucho sin embargo es indispensable hacer un análisis granulométrico ya que los tamaños son diferentes (Rodríguez, 2006, p.14)	La incorporación del caucho reciclado a la mezcla asfáltica se hará en base a la característica de los granos de caucho y dosificación.	Grano de caucho	Granulometría(mm)	Tapices normalizados	Intervalo
				Pesos específicos (kg/cm2)	Balanza/recipiente	
			DOSIFICACIÓN	0%	Balanza	
				1% a 2 %		
PROPIEDADES FISICO MECÁNICA DE LA CAPA ASFÁLTICA	Las características y propiedades de los materiales asfálticos obedecen a su estructura y composición, estos materiales se caracterizan mediante ensayos empíricos. (Cooley & Brown, 2003, pág. 32)	La incorporación del caucho en la carpeta asfáltica se evaluará en base a sus propiedades físicas y mecánicas	Propiedades físicas	Porcentaje de vacíos (%)	Ensayo	Intervalo
				Resistencia conservada (%)		
				Vacío en el agregado mineral (%)		
			Propiedades mecánicas	Flujo (mm)	Ensayo	
				Estabilidad (kg/cm2)		
				Resistencia a la comprensión(kg/cm2)		

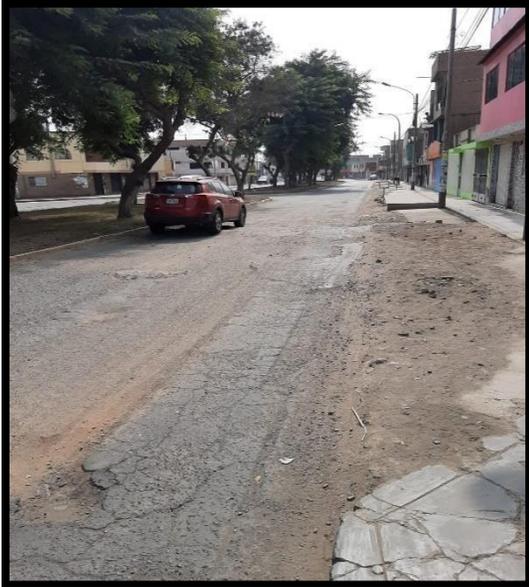
ANEXO 2: Matriz de Consistencia

Incorporación del caucho reciclado para mejorar las propiedades físico-mecánicas de la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020					
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
¿En qué medida mejorara la incorporación de caucho reciclado las propiedades físico mecánicas de la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020?	Determinar en qué medida mejorara la incorporación de caucho reciclado las propiedades físico mecánicas de la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020.	La incorporación del caucho reciclado mejora satisfactoriamente las propiedades físico mecánicas de la capa asfáltica en la avenida San Felipe-Comas 2020.	V. INDEPENDIENTE INCORPORACIÓN DEL CAUCHO REICLADO	Grano de caucho	Granulometría (mm)
					Pesos específicos (kg/cm ²)
				Dosificación	0% 1% a 2%
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS			
¿En qué medida influirá la incorporación del caucho reciclado el porcentaje de vacíos en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020.?	Determinar en qué medida influirá la incorporación del caucho reciclado el porcentaje de vacíos en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020.	La incorporación del caucho reciclado en la capa asfáltica en la av. San Felipe influye en cuanto al porcentaje de vacíos con aire.	V.DEPENDIENTE PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICA DE LA CAPA ASFÁLTICA	Propiedades físicas	Porcentaje de vacíos con aire (%)
¿En qué medida mejorará la incorporación del caucho reciclado en cuanto a la resistencia conservada en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020. ?	Determinar en qué medida mejorará la incorporación del caucho reciclado en cuanto a la resistencia conservada en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020. ?	La incorporación de caucho reciclado en la capa asfáltica en la av. San Felipe influye cuanto a la resistencia conservada.			Resistencia con cervada (%)
¿En qué medida mejorará la incorporación del caucho reciclado el porcentaje de vacíos del agregado mineral en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020?	Determinar en qué medida mejorará la incorporación del caucho reciclado el porcentaje de vacíos del agregado mineral en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020.	La incorporación de caucho reciclado en la capa asfáltica en la av. San Felipe influye cuanto al porcentaje de vacíos del agregado mineral.			Porcentaje de vacíos del agregado mineral (%)
¿De qué manera mejorará la incorporación del caucho reciclado el flujo en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020?	Analizar de qué manera mejorará la incorporación del caucho reciclado el flujo en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020	La incorporación de caucho reciclado en la capa asfáltica en la av. San Felipe influye cuanto a la flujo.		Flujo (mm)	
¿De qué manera mejorará la incorporación del caucho reciclado la estabilidad en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020.?	Analizar de qué manera mejorará la incorporación del caucho reciclado la estabilidad en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020.	La incorporación de caucho reciclado en la capa asfáltica en la av. San Felipe influye cuanto a la estabilidad.		Estabilidad (Kg/cm ²)	
¿De qué manera mejorará la incorporación del caucho reciclado la resistencia a la compresión en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020?	Analizar de qué manera mejorará la incorporación del caucho reciclado la resistencia a la compresión en la capa asfáltica en la av. San Felipe-Comas 2020.	La incorporación de caucho reciclado en la capa asfáltica en la av. San Felipe influye cuanto a la resistencia a la compresión.		Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	

ANEXO 4: Ficha técnica N° 2

				
Tesis: INCORPORACION DEL CAUCHO RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE LA CAPA ASFALTICA EN LA AV.SAN FELIPE, COMAS-2020				
Fecha: 6/10/2020 6/10/2020		Autor: -ALEXANDER GABRIEL CERNA RIVAS (0000-0002-0965-4305) -HERBAS UQUICHE JHANN CARLOS (0000-0002-9547-8757)		
Norma: MTC E 504		Indicador: * RESISTENCIA CONSERVADA * RESISTENCIA A LA COMPRESION Kg/cm2		
ADICION DE CAUCHO	RESISTENCIA CONSERVADA	RESISTENCIA A LA COMPRESION N Kg/cm2	PROMEDIO	PROMEDIO
	N° DE BRIQUITAS	N° DE BRIQUITAS	RESISTENCIA CONSERVADA	RESISTENCIA A LA
	1-----2-----3	1-----2-----3	COMPRESION Kg/cm2	
MEZCLA PATRON	0%			
% CAUCHO	1%			
% CAUCHO	2%			
VALIDACION				
INGENIERO N° 1		INGENIERO N°2		INGENIERO N°3
Nombre y Firma  ALFREDO GUADANA CHACON Ingeniero Civil CIP N° 242838		Nombre y Firma  ISAAC EDGARDO MARUECO NAVARRO Ingeniero Civil CIP N° 242910		Nombre y Firma  Omar Edu Rios Pachamango ING. CIVIL R. CIP. N° 215319
NOTA 0.9		NOTA 0.9		NOTA 0.9
OBSERVACIONES:		LEYENDA: 00 a 05 : Desaporbado 0.6 a 1.0 : Aprobado		

ANEXO 5: Levantamiento fotográfico (zona critica que se tomó como muestra)



1) San Felipe, carril derecho de Este
A Oeste progresiva 0+360



2) San Felipe, carril derecho de Este
A Oeste progresiva 0+760



3) San Felipe, carril derecho de Este
A Oeste progresiva 0+810



4) San Felipe, carril derecho de Este
A Oeste progresiva 1+020

ANEXO 6: Formato de evaluación del pavimento flexible - Formato N°1

FORMATO N° 1

FORMATO DE EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE



Distrito: Comas
 Nombre de Via: Av.San Felipe
 Tramo 1: Av.Tupac Amaru - Av.Universitaria
 progresiva: 0+000 a 1+009 Calzada: 2

Fecha: 10/06/2020
 Sentido: Este a Oeste
 Ancho de carril: 3.50 m

El formato tiene como objetivo determinar el tramo mas critico por la fluencia de vehiculos que ha ido en aumento en la av.San Felipe.

Tipo de daño		Baja	Media	Alta
FISURAS	Fisuras longitudinales (m)			
	Fisuras transversales (m)			
	Fisuras en juntas de construcción (m)			
	Reflexión de juntas de pavimentos rígidos (m)			3
	Fisuras en media luna (m2)			
	Fisuras de borde (m)			
	Piel de cocodrilo (m2)			
	Fisuras por deslizamiento de capas			
DEFORMACIONES	Ondulaciones (m2)			
	Abultamiento (m2)			
	Hundimiento (m2)			3
	Ahuellamiento (m2)			
DAÑO SUPERFICIALES	Desgaste superficial (m2)			
	Pérdida del agregado (m2)		2	
	Pulimento del agregado (m2)			
	Cabezas duras (m2)			
DETERIORO DE CAPA	Descascaramiento (m2)			
	Bache o hueco (m2)			3
	Parcheo (m2)			
OTROS	Corrimiento vertical de la berma			
	Separación de la berma		2	
	Afloramiento de agua			
	Afloramiento de finos			

Severidad:	Baja= 1
	Media= 2
	Alta= 3



Interpretacion: De acuerdo a la inspeccion se puede determinar que el tramo 1 tiene mayor severidad, la zona más critica esta en el carril derecho en la progresiva 0+668.80 que esta entre la jr.Chiclayo y la av.Universitaria que cuenta con 733.00 ml.

ANEXO 7: Formato de evaluación del pavimento flexible - Formato N°2

FORMATO N° 2
FORMATO DE EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE



Distrito: Comas Fecha: 10/06/2020
 Nombre de Via: Av.San Felipe
 Tramo 2: Av.Universitaria - Av.Trapiche Sentido: Este a Oeste
 progresiva: 0+995 a 1+009 Calzada: 2 Ancho de carril: 3.50 m
 El formato tiene como objetivo determinar el tramo mas critico por la fluencia de vehiculos que ha ido en aumento en la av.San Felipe.

Tipo de daño		Baja	Media	Alta
FISURAS	Fisuras longitudinales (m)			
	Fisuras transversales (m)			
	Fisuras en juntas de construcción (m)			
	Reflexión de juntas de pavimentos rígidos (m)		2	
	Fisuras en media luna (m2)			
	Fisuras de borde (m)			
	Piel de cocodrilo (m2)			
Fisuras por deslizamiento de capas				
DEFORMACIONES	Ondulaciones (m2)			
	Abultamiento (m2)		2	
	Hundimiento (m2)			
	Ahuellamiento (m2)			
DAÑO SUPERFICIALES	Desgaste superficial (m2)			
	Pérdida del agregado (m2)	1		
	Pulimento del agregado (m2)			
	Cabezas duras (m2)			
DETERIORO DE CAPA	Descascaramiento (m2)			
	Bache o hueco (m2)		2	
	Parcheo (m2)			
OTROS	Corrimiento vertical de la berma			
	Separación de la berma	1		
	Afloramiento de agua			
	Afloramiento de finos			

Severidad:	Baja= 1
	Media= 2
	Alta= 3



ANEXO 8: Conteo Vehicular

FORMATO N° 3

FORMATO DE CONTEO VEHICULAR



Distrito: Comas

Fecha: 10/06/2020

Nombre de Via: Av. San Felipe

Tramo 1: Av. Tupac Amaru - Av. Universitaria

Sentido: Este a Oeste

El formato tiene como objetivo determinar el aforo vehicular, para hacer un estimado del tráfico y saber el número de vehículos que pasan por dicha avenida.

Punto de Inspección: Para determinar el número de vehículos que pasan por la avenida nos ubicamos en la zona más crítica que la Av. San Felipe con la Av. Universitaria.

HORA	TIPO DE VEHICULO					
	AUTO	CAMIONETA	CAMION	BUS	CAMION 2 EJES	TRAILER 3 EJES
8:00-9:00	48	23	15	50	9	5
9:00-10:00	42	15	14	45	8	2
10:00-11:00	42	11	6	60	10	6
11:00-12:00	29	10	11	38	5	8
12:00-1:00	24	23	6	45	12	3
1:00-2:00	26	16	5	49	5	2
2:00-3:00	35	1	5	38	13	1
3:00-4:00	32	18	16	51	15	5
4:00-5:00	65	35	10	36	10	2
5:00-6:00	30	14	5	35	5	12
6:00-7:00	40	22	19	25	2	6
7:00-8:00	28	29	12	35	5	8
Total	441	217	124	507	99	60
Total de vehiculo diario					1448	

ANEXO 9: Certificación de calibración de los equipos



Metrotest
E.I.R.L.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-040-2020
Pág. 1 de 3

OBJETO DE PRUEBA:	MAQUINA DE ENSAYOS MARSHALL / CBR		
Rangos	5 000	kgf	
Dirección de carga	Ascendente		
FABRICANTE	METROTEST		
Modelo	MA-175		
Serie	156		
Indicador Digital (modelo / Serie)	315-X6 // 012207		
Celda de Carga (modelo / Serie)	SG // J140115041		
Ubicación	Lab. Suelos, Concreto y Asfalto - Carabayllo - Lima		
Código Identificación	NO INDICA		
Norma utilizada	ASTM E4 // ISO 7500-1		
Intervalo calibrado	Escala (s)	5 000	kgf
	De 500 a 4500 kgf		10% A 80%
Temperatura de prueba °C	Inicial	25,4	Final 25,6
Inspección general	La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento		
Solicitante	GEONAYLAMP S.A.C.		
Dirección	JR. LA VERÓNICA NRO. 436 (MZ O2 LOTE 20-) - LIMA - CARABAYLLO		
Ciudad	LIMA		
PATRON(ES) UTILIZADO(S)	Tipo / Modelo	CELDA "S"	
	No serie	MF-06	
	Certif. de calibr.	INF-LE 006-19B PUCP	
Unidades de medida	Sistema Internacional de Unidades (SI)		
FECHA DE CALIBRACION	2020/02/14		
FECHA DE EMISION	2020/02/20		
FIRMAS AUTORIZADAS	<p style="text-align: right;">Jefe de Metrologia Luiggi Azenjo G.</p> 		



Calle Aristides Solórzano 484 Dpto. 102 Urb. Villa Sol - Los Olivos www.metrotestir.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotestir.com
Tel: 526-7895 Cel: 997 045 343 / 962 889 991
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

CERTIFICADO N° 004-20 BM

CALIBRACIÓN DE CONSERVADOR BAÑO MARIA

SOLICITANTE: CONSTRUCCION Y ADMINISTRACION S.A.

EQUIPO:

Marca	:	HUMBOLDT
Modelo	:	LA-2136-01
Procedencia	:	U.S.A.
Cámara	:	26 lt.
Serie	:	-----
Punto de Operación	:	60 °C

FECHA: Huachipa, 29 de Julio de 2020

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Luis Taborda Palacios
JEFE DE LABORATORIO
C.D. 98553



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CTM-049-2020

Página 1 de 5

Solicitante : GEONAYLAMP S.A.C.

Dirección : JR. LA VERONICA NRO. 436 (MZ 02 LOTE 20-) - LIMA - CARABAYLLO

Equipo de Medición : HORNO ELECTRICO

Marca : METROTEST

Modelo : MS-H1

Procedencia : PERÚ

Código de Ident. : NO INDICA

Número de Serie : 325

T° de trabajo : 110 °C ± 10 °C

Ventilación : Forzada

Lugar de Calibración : Lab. Suelos, Concreto y Asfalto - Carabayllo - Lima

Misión:
Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:
Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.
Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Instrumento de Medición :

Nombre	Marca	Modelo	Código de Identificación	Alcance de indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Termom. controlador	AUTCOMP	TCD	NO INDICA	300°C	0,1°C	Digital

Fecha de Calibración : 2020-02-14

Fecha de Emisión : 2020-02-20

Método de Calibración : Empleado

La calibración se realizó tomando como referencia el Método de Comparación entre las indicaciones de lectura del termómetro controlador del equipo a calibrar con Termómetro patrón con 10 termopares utilizando el "Procedimiento de INDECOP/ISNM PC-005 1ª Ed. "Procedimiento para la Calibración de Hornos".

Observaciones

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
 - La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.
- (*) Código asignado por Metrotest E.I.R.L.



Luigi Astorjo G.
Jefe de Metrología



Metrotest^{E.I.R.L.}

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Página 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CFTM-010-2020

Solicitante	: GEONAYLAMP S.A.C.	Misión	Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.
Dirección	: JR. LA VERÓNICA NRO. 436 (MZ 02 LOTE 20-) - LIMA - CARABAYLLO	Visión	Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.
Instrumento de Medición	: MÁQUINA DE LOS ANGELES		
Marca	: METROTEST		
Modelo	: MC-152		
Serie	: 112		
Controlador Digital (Modelo/Serie)	: TAHU (AN-3 // No Indica)		
Procedencia	: NO INDICA		
Identificación	: NO INDICA		
Cap. Max.	: 99999 Vueltas		
Lugar de Calibración	: Lab. Suelos, Concreto y Asfalto - Carabaylo - Lima		
Fecha de Calibración	: 2020-02-14		
Fecha de Emisión	: 2020-02-20		

Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó por comparación entre las indicaciones de lectura del indicador digital de la máquina los angeles con el tacómetro patrón, se usó también una balanza calibrada para el peso de las esferas, tomado como referencia el manual de ensayo de materiales (EM 2000) ABRASION LOS ANGELES (I. A.) AL DEGRASTE DE LOS AGREGADOS. MTC E 207 - 2000 Y LA NORMA ASTM C 131 - 1 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine

Incertidumbre:

La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura	26,2 °C	26,2 °C
Humedad Relativa	58 %HR	57 %HR

Observaciones:

- La máquina dispone de 12 esferas de hierro los cuales han sido verificadas en su peso y diámetro.
 - Las mediciones mostradas en el cuadro de resultados es de un promedio de tres lecturas.
 - Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
 - La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.
- (*) Código asignado por Metrotest E.I.R.L.



Rodrigo Arango G.
Jefe de Metrología



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-083-2020

Expediente 00097-2020
Solicitante GEONAYLAMP S.A.C.
Dirección JR. LA VERONICA NRO. 436 (MZ O2 LOTE 20-) - LIMA - CARABAYLLO
Equipo de Medición BALANZA NO AUTOMÁTICA
Marca OHAUS
Modelo SE3001F
Serie B149285331
Identificación NO INDICA
Procedencia NO INDICA
Capacidad Máxima 3000 g
División de escala (d) 0,1 g
División de verificación (e) 1 g
Tipo ELECTRONICA
Ubicación Lab. Suelos, Concreto y Asfalto - Carabayllo - Lima
Fecha de Calibración 2020-02-14

Misión:
 Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:
 Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.
 Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Método de Calibración

Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	24,5 °C	24,6 °C
Humedad Relativa	56 %	53 %

Sello

Fecha de emisión

Jefe de Metrología



2020-02-20

Luigi Asstijo G.

Página 1 de 4
FM20 01

ANEXO 10: Resumen de ensayos

	INFORME	Código	AE-FO-178
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	2 de 2

Proyecto : Incorporación del caucho reciclado para mejorar las propiedades físico-mecánicas de la capa asfáltica en la Av. San Felipe, Comas - 2020 Registro N°: IGC20-LEM-161
Solicitante (s) : Cerna Rivas, Alexander Gabriel Muestreo por : Solicitante
 : Herbas Uquiche, Jhann Carlos Ensayado por : M. Alfaro
Cliente : Universidad César Vallejo Fecha de ensayo : 20/10/2020
Ubicación de Proyecto : Comas

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación : Comparativos de resultados de diseños
Descripción : Asfalto convencional

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
(RESUMEN)**

1.- Mezcla de agregados (Dosificación)

Gradación : MAC-2 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

2.- Ligante asfáltico

Tipo de asfalto : PEN 60 / 70

3.- Características marshall modificado

Parámetros de diseño	RESUMEN DE RESULTADOS			Especificación EG 2013
	0.0	1.0	2.0	
CAUCHO REICLADO EN EL DISEÑO MAC %	0.0	1.0	2.0	
CEMENTO ASFÁLTICO %	5.90	6.10	6.10	
PESO UNITARIO kg/m3	2.35	2.46	2.41	
VACIOS %	4.29	4.55	4.97	3 - 5
V.M.A. (mínimo) %	16.50	12.78	14.41	14
V. L.L.C.A. %	73.12	62.99	63.54	
POLVO / ASFALTO %	0.74	0.47	0.56	0.6 - 1.3
FLUJO mm	13.53	14.43	16.58	8 - 14
ESTABILIDAD (Mínimo) kN	991.10	1402.00	1188.40	8,15
ESTABILIDAD/ FLUJO kg/cm	2931.1	3885.1	2866.7	1700 - 4000

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM Nombre y firma: 	JEFE LEM Nombre y firma:  Noemi C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	CQC - LEM Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.