



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Efectos de la incorporación de caucho en granos en la carpeta asfáltica de la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO DE  
BACHILLER DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTOR**

Flores Perez, Jhon Richard

**DOCENTE**

MSc. Cecilia Arriola Moscoso

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de Infraestructura vial

Lima – Perú

2018

ACTA DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

El jurado a cargo de la evaluación del Trabajo de Investigación,

Presentado por don (ña): Jhon Richard, Flores Pérez

Cuyo Título es: "EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO EN GRANOS EN LA CARPETA ASFÁLTICA DE LA TROCHA CARROZABLE ACCOPAMPA – SANTA ANA, LUCANAS, AYACUCHO, 2018."

Reunido en la fecha, reviso el Trabajo de Investigación, otorgándole el calificativo de: 16 (DIEZ Y SEIS)  
(INDICAR LA NOTA EN LETRAS E EN MAYUSCULAS)

DESAPROBADO	00-10 PUNTOS	( )
APROBADO POR MAYORÍA	11-13 PUNTOS	( )
APROBADO POR UNANIMIDAD	14-17 PUNTOS	( V )
APROBADO POR EXCELENCIA	18-20 PUNTOS	( )

OBSERVACIONES:

.....  
.....

Lima, 25 de febrero del 2019.



Mg. Ing. Raúl Antonio Pinto Barrantes  
PRESIDENTE



Mg. Ing. Margarita Luisa Boza Olaechea  
SECRETARIO



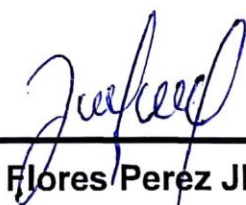
Mg. Ing. Cecilia Arriola Moscoso  
VOCAL

## DECLARATORIA DE AUTENCIDAD

Yo, Flores Perez Jhon Richard, con DNI N° 45654352, con el objetivo de cumplir con lo dispuesto en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, expreso bajo juramento que toda la documentación en la presente investigación es veraz y auténtica.

De la misma forma, mediante juramento, que todos los datos e información de la investigación es auténtica.

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



---

Flores Perez Jhon Richard

### **DEDICATORIA:**

A Dios y a mi madre por su amor y apoyo incondicional, a mis hermanos por ser mis motivadores y a mis sobrinos por ser mis inspiradores; a todos ellos gracias por acompañarme en esta pequeña etapa de aprendizaje.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por mostrarme el camino y que nunca debo desistir, a mi madre porque siempre confío en mí.

A la Ing. Cecilia Moscoso y a todo el equipo del área de Investigación de la Escuela de Ingeniería Civil de esta casa de estudios.

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento mi tesis titulada “Efectos de la incorporación de caucho en granos en la carpeta asfáltica de la trocha carrozable Accopampa – Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018”; la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título bachiller de Ingeniero Civil.

Autor: Flores Perez, Jhon Richard

# ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>PRESENTACIÓN.....</b>	v
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Trabajos previos.....	15
1.2.1. Antecedentes internacionales.....	15
1.2.2 Antecedentes nacionales.....	17
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	20
1.4. Formulación del problema.....	26
1.4.1 Problema general.....	26
1.4.2. Problemas específicos.....	26
1.5. Justificación del estudio.....	27
1.6. Hipótesis.....	27
1.6.1. Hipótesis general.....	27
1.6.2 Hipótesis específico.....	27
1.7. Objetivos.....	27
1.7.1. Objetivo general.....	27
1.7.2. Objetivos específicos.....	28
<b>II. METODOLOGÍA</b>	
2.1. Diseño de investigación.....	30
2.2. Variables, operacionalización .....	31
2.3. Población y muestra.....	32
2.4. Técnicas e instrumentación de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	33
2.5. Método de análisis de datos.....	35
2.6. Aspectos éticos.....	35

<b>III. RESULTADOS</b>	
3.1. Generalidades.....	38
3.2 Trabajos previos.....	39
3.3. Análisis.....	43
3.3.1 Resultados.....	44
<b>IV. DISCUSIÓN</b>	53
<b>V. CONCLUSIONES</b>	57
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	59
<b>REFERENCIAS</b>	61
<b>ANEXOS:</b>	
Anexo 1: Matriz de consistencia	67
Anexo 2: Matriz operacional	68
Anexo 3: Ficha de recolección de datos	69
Anexo 4: Plano de ubicación	72
Anexo 5: Otros	73



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Requisitos para la mezcla de concreto bituminoso</i>	24
<b>Tabla 2.</b> <i>Granulometría de los granos de caucho reciclado</i>	25
<b>Tabla 3.</b> <i>Granulometría de los granos de caucho reciclado</i>	26
<b>Tabla 4.</b> <i>Rango de validez</i>	35
<b>Tabla 5.</b> <i>Rango de confiabilidad</i>	36
<b>Tabla 6.</b> <i>Granulometría de los granos de caucho reciclado</i>	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Mapa de la provincia de Lucanas</i>	33
<i>Figura 2: Mapa de la trocha carrozable Accopampa – Santa Ana</i>	34
<i>Figura 3: Ubicación de tramo de aplicación</i>	39
<i>Figura 4: Troza carrozable no pavimentada</i>	40
<i>Figura 5: Se evidencia una superficie de rodadura deteriorada</i>	40
<i>Figura 6: Replanteo de progresiva en trocha carrozable</i>	41
<i>Figura 7: Se evidencia material orgánico el ancho de la superficie de rodadura</i>	41
<i>Figura 8: Trabajo de gabinete</i>	42
<i>Figura 9: Empresa proveedora de agregado fino y grueso.</i>	42
<i>Figura 10: Lugar de trituración de caucho en granos.</i>	43
<i>Figura 11: Repsol, proveedora de asfalto.</i>	43
<i>Figura 12: Laboratorio para los ensayos de calidad de la mezcla asfáltica modificada con caucho</i>	43
<i>Figura 13: Barras comparativas del tipo de trituración al caucho para la obtención en granos.</i>	45
<i>Figura 14: Barras comparativas del rango de tamices usados para el tamizado de los granos</i>	45
<i>Figura 15: Barras comparativas de los rangos de temperatura para la producción de mezcla asfáltica con granos de caucho, según su vía de incorporación.</i>	46
<i>Figura 16: Barras comparativas de los rangos de temperatura para la compactación de carpeta</i>	46
<i>Figura 17: Barras comparativas de las vías de incorporación de los granos de caucho en la mezcla asfáltica.</i>	47
<i>Figura 18: Barras comparativas del efecto en la gravedad específica en el estado de mezcla</i>	48
<i>Figura 19: Barras comparativas del efecto en el porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica,</i>	48
<i>Figura 20: Barras comparativas del efecto causado en la adherencia entre agregados y el bitumen</i>	49
<i>Figura 21: Barras comparativas de las propiedades mecánicas estudiadas en cada investigación,</i>	50
<i>Figura 22: Barra comparativa del efecto causado en la deformación de la carpeta asfáltica, según la vía de incorporación</i>	50
<i>Figura 23: Barra comparativa del efecto causado en la susceptibilidad térmica de la carpeta</i>	51
<i>Figura 24: Barra comparativa del efecto causado en la resistencia a la compresión, según la</i>	52
<i>Figura 25: Barra comparativa del efecto ambiental en la carpeta asfáltica, según la vía de incorporación</i>	52
<i>Figura 26: Barra comparativa del efecto económico causado en la carpeta asfáltica, según la vía de incorporación</i>	53

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se titula “Efectos de la incorporación de caucho en granos en la carpeta asfáltica, aplicado a la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018”. Una superficie de rodadura con carpeta asfáltica presenta fallas prematuras que reflejan costos adicionales de mantenimientos, por otro lado, el aumento de los neumáticos y su inadecuado reciclado producen contaminación ambiental; el objetivo que pretende esta investigación es conocer los efectos en la carpeta asfáltica al incorporar granos de caucho por vía húmeda y describir cada uno de estos para su aplicación en la trocha carrozable mencionada que se torna intransitable en épocas de lluvia.

En respuesta a la posible solución se desarrolló una investigación con un método científico, de enfoque cuantitativo porque siguió un proceso riguroso y secuencial para la recolección de datos de 10 investigaciones referentes a la incorporación de granos de caucho, el tipo aplicada porque en base a teorías se ejecutó en beneficio de la trocha carrozable Accopampa – Santa Ana, nivel descriptivo y el diseño fue no experimental porque se no se manipuló ninguna de las variables; la población fueron las trochas carrozables de la provincia de Lucanas, del departamento de Ayacucho y la muestra es la trocha carrozables antes mencionadas.

Los resultados de los efectos en la carpeta asfáltica modificada con granos de caucho muestran mejoras en su desempeño.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se recomienda aplicar el uso de granos de caucho en desuso en las mezclas asfáltica, por vía húmeda, a fin de mejorar el desempeño de esta y el manejo de residuos sólidos. También se pueden realizar investigaciones para determinar el contenido óptimo de granos de caucho que mejoren las propiedades físicas, el comportamiento mecánico y efectos positivos en el aspecto económico-ambiental.

**Palabras claves:** Trocha carrozable, carpeta asfáltica modificada, granos de caucho, vía incorporación, propiedades físicas y mecánicas, susceptibilidad térmica y manejo de residuos sólidos.

## ABSTRACT

This research paper is titled "Effects of the incorporation of rubber in grains in the asphalt for older, applied to the Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018". A rolling surface with an asphalt layer presents premature failures that reflect additional maintenance costs, on the other hand, the increase in tires and their inadequate recycling produce environmental pollution; the objective of this research is to know the effects on the asphalt layer by incorporating rubber grains by wet way and to describe each one of these for its application in the mentioned motorized trail that becomes impassable in rainy seasons.

In response to the possible solution was developed a research with a scientific method, quantitative approach because it followed a rigorous and sequential process for data collection of 10 investigations concerning the incorporation of rubber grains, the type applied because based on theories was executed in benefit of the Accopampa Santa Ana, descriptive level and the design was not experimental because none of the variables were manipulated; The population was the trocha carrozable of the province of Lucanas, department of Ayacucho and the sample is the trocha carrozable mentioned above.

The results of the effects on the modified asphalt layer with rubber grains show improvements in its performance.

In view of the above, it is recommended that disused rubber grains be used in asphalt mixtures, by wet process, in order to improve asphalt performance and solid waste management. Research can also be carried out to determine the optimum content of rubber grains that improve physical properties, mechanical behaviour and positive effects on the economic-environmental aspect.

**Keywords:** Motorized track, modified asphalt layer, rubber grains, via incorporation, physical and mechanical properties, thermal susceptibility and solid waste management.

## **I. Introducción**

## **1.1. Realidad Problemática:**

Las trochas carrozables son el medio de transporte más usado en los pueblos que carecen de medios económicos para colocar una superficie de rodadura que les de seguridad y confort a los usuarios, sin embargo, a pesar de las precarias condiciones de la superficie de estos, no deja de ser el factor principal del crecimiento socioeconómico de la población. El tránsito de una la trocha carrozable es soportado directamente por el suelo de fundación y en épocas de lluvias se forma lodo y no permite la circulación fluida de los vehículos, es por ello que se requiere una superficie de rodadura que minimize este tipo de problemas, esta superficie puede estar soportada de otras subestructuras que en conjunto se llaman pavimento y en particular se utiliza los del tipo flexibles, sin embargo, estos presentan mayormente fallas la carpeta o superficie de rodadura como el ahuellamiento o fisuras, y a su vez dichas fallas son potenciales de accidentes vehiculares y pérdidas económicas. También, las carpetas asfálticas están expuestas a trabajar en los climas extremos que afectan directamente a la durabilidad de esta, pues se caracteriza por la alta susceptibilidad térmica. Por otro lado, la demasía de neumáticos en desuso, que son el producto del crecimiento del parque automotor, generando un efecto negativo al medioambiente debido al manejo inadecuado de neumáticos que son consideradas como residuos sólidos; sin embargo, estos neumáticos en desuso pueden aprovecharse en beneficio de otros. Entonces, surge la necesidad mejorar la superficie de rodadura de una trocha carrozable, con una carpeta de rodadura que mejore su desempeño en climas extremos y la reducción de neumáticos en desuso, existe investigaciones con el fin de mejorar el comportamiento de la carpeta de rodadura con la incorporación de caucho por vía húmeda o seca.

En España, cerca 200000 toneladas son reutilizadas beneficiando gran parte a carpetas asfálticas y eso debido a que el caucho puede reducir la susceptibilidad térmica de esta y reflejándose en la durabilidad y ahorros de mantenimientos de vía en comparación con carpeta asfáltica convencional (Constantini, 2016).

En la provincia de Pichincha, del país de Ecuador, se aplicó el uso de caucho granulado con el objetivo de reducir la sustentabilidad térmica sin afectar a las propiedades físicas y mecánicas de la carpeta asfáltica (Ministerio de ambiente de Ecuador, 2015).

En nuestro país está conformada por tres redes viales: vecinales (69%), departamentales (15%) y nacionales en 16%, sin embargo, solo el 13.7% del total está pavimentada representando una limitante para todos los peruanos (MTC 2015).

Gran parte de nuestras carreteras tienen superficie asfáltica que suelen tener fallas de ahuellamiento y fatigas debido a que son sometidas a climas extremos y sí le agregamos que existe un mal mantenimiento estaríamos hablando de vías próximas a la inhabilitación. En ese sentido las vías de carpeta de rodadura flexibles ya no suficientes para enfrentar a todos estos inconvenientes, por ello, que se debe aplicar el uso de tecnologías con asfaltos modificados con polímeros en beneficio de la mezcla bituminosa para mejorar el funcionamiento de la carpeta de rodadura, conservar el medioambiente y reducir costos en mantenimiento.

Actualmente, la trocha carrozable que une a las localidades de Accopampa y Santa Ana, de la provincia Lucanas, departamento de Ayacucho; se torna intransitable en el periodo de lluvias (Diciembre Abril), por lo que se requiere colocar una superficie de rodadura que garantice la transitabilidad fluida de vehículos la variante propuesta es óptimo en condiciones climáticas garantizado una mayor transitabilidad a fin de mejores y mayores oportunidades de comercialización, teniendo en cuenta que la localidad Santa Ana se dedican a la agricultura.

La superficie de rodadura que se necesita debe ser capaz de trabajar bajo climas extremos que varían en poco tiempo y generan fisuras tempranas, es por ello, que una carpeta asfáltica con granos de caucho cumple con los requerimientos solicitado como es la de reducción de susceptibilidad térmica, bajo costos de mantenimiento y amigable con el medioambiente, pero sobre todo que asegura la comodidad, confort y transitabilidad fluida de todos los usuarios.

Con todo lo anterior, el problema detectado en la superficie de la trocha carrozable Accopampa y Santa Ana puede aplicarse el uso de una carpeta asfáltica modificada con granos de caucho a fin de mejorar el desempeño de esta y reducir los residuos sólidos generados por los neumáticos fuera de uso.

## 1.2 Trabajos Previos:

### 1.2.1 Antecedentes Internacionales

Las investigaciones internacionales se muestran a continuación:

Según Díaz y Castro (2017), desarrollo una investigación para obtener el título de ingeniero, titulado **“Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá”** sustentado en la Universidad Santo Tomás, el objetivo principal fue examinar el estado de arte sobre la implementación del grano de caucho reciclado en las mezclas bituminosas y concluyó: a) Se puede estimar beneficios económicos, partiendo del hecho del aumento de vida útil de los pavimentos, la sustitución de materiales por materiales reciclables entre otros. Sin embargo, estos ahorros son reflejados a largo plazo y b) Los granos de caucho presentes en las mezclas bituminosas, reducen los ahuellamientos disminuyendo los contenidos de vacíos de aire en las mezclas bituminosas acompañados de un proceso más intensificado de compactación la mezcla.

Pudimos resaltar de la investigación los granos de caucho en la carpeta asfáltica generan cambios en sus propiedades físicas, principalmente el porcentaje de vacíos; mejoran su comportamiento mecánico al reducir sus deformaciones; se reducen los costos en la producción de mezcla asfáltica debido a la reutilización de caucho, sin embargo, es necesario aumentar la energía en el proceso de compactación de la carpeta asfáltica.

Mejía (2015), desarrollo una investigación para obtener el título de magister, titulado **“Influencia del polvo de neumático en la tensión indirecta y energía de fractura de las mezclas asfálticas tibias”** sustentado en la Universidad Autónoma de México, cuyo objetivo fue determinar la factibilidad de fabricar una mezcla asfáltica tibia con la adición de polvo de neumático para un tránsito medio y se concluyó: a) El proceso de modificación por vía seca realizado con el asfalto tibio, no hubieron resultados que se esperaban porque el tiempo de digestión establecido para la expansión del polvo de neumático no fue suficiente. b) Incorporar mayores porcentajes de polvo de neumático para la modificación provoca valores menores de la densidad absoluta de la mezcla. Esto genera el incremento de los volúmenes de aire en la mezcla. c) Al minimizar la expansión de la mezcla, se podría analizar el diseño



para niveles más altos de tránsito, evaluando el diseño con las pruebas de modulo dinámico y fatiga; lo que permitiría analizar distintas temperaturas y obtener un panorama más amplio del comportamiento del asfalto tibio con la adición del polvo de neumático.

En la investigación, incorporar caucho por vía seca aumenta tiempos adicionales para su compactación para evitar mayores vacíos en la mezcla y de no considerar también genera mayores costos, es necesario se realice la digestión entre el bitumen y el caucho, por ello, no es recomendable la incorporación de los granos de caucho por vía seca. También, el incremento de vacíos en la mezcla reduce la capacidad de carga de la carpeta asfáltica e incrementa fallas más comunes como: por fatiga y fisuras.

Trujillo (2015), desarrollo una investigación para obtener el título de magister, titulado **“Evaluación de la energía de fractura en mezclas asfálticas con caucho”** sustentado en la Universidad Autónoma de México, cuyo objetivo fue diseñar una mezcla asfáltica modificada con la adición de polvo de neumático, que se ofrezca una mayor resistencia a la fisuración comparada con una mezcla convencional, para un nivel de tránsito medio, de acuerdo con la metodología Mexicana del Asfalto y pudo concluir que: a) El uso del asfalto ahulado que fue modificado vía húmeda, requiere que la temperatura de mezclado sea 170 °C, debido a su grado de viscosidad, a temperaturas menores, el asfalto no presenta la fluidez necesaria, lo que impide que cubra por completo el agregado pétreo, dificultando el proceso de mezclado y compactación. y b) Es importante mencionar que al realizar una comparativa de la mezcla modificada con 10% de caucho por vía seca y húmeda, se observa que presentan comportamientos completamente distintos; por vía seca, la mezcla presenta un comportamiento frágil, al contrario de la vía húmeda que presenta un comportamiento plástico, disipando mejor la energía.

La investigación estableció que la reutilización de caucho en granos por vía húmeda se requiere una temperatura de incorporación de  $170 \pm 5$  °C, ya que, a menores temperaturas se presentan dificultades para que el asfalto “digiera” los granos de caucho y presentará inconvenientes en el mezclado y compactación de la mezcla; también se realizó una comparación dos mezclas asfálticas en caliente con la incorporación de granos de caucho

una por vía húmeda y otra por vía seca (con 10% de caucho cada una), concluyen mejores beneficios en la carpeta asfáltica en la vía húmeda y desventajas en la vía seca.

Según Ramírez (2006), en su investigación para obtener el título de ingeniero, titulado “**Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco**” sustentado en la Universidad de Chile, cuyo objetivo principal fue estudiar el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas a las cuales se les incorporó caucho como material granular fino y se concluyó: a) El caucho reciclado obtenido de neumáticos desechados, puede ser utilizado confiablemente para mejorar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas usándolos como agregado (proceso seco) o como un modificador del ligante (proceso húmedo). b) La utilización del caucho trae beneficios ambientales al valorizar un desecho como son los neumáticos y solucionar el problema de la disposición final de ellos, disminuyendo la contaminación. c) Ambos procesos de adición de caucho, exigen mayores cantidades de cemento asfáltico, pero con lo consiguientes beneficios y mejoras en las propiedades relacionadas con la durabilidad. d) Se debe tener en cuenta que, por la baja densidad del caucho, las relaciones volumétricas se alteran en mayor proporción de lo que se estima en dosificaciones en masa y e) No debe descartarse ninguno de los procesos de incorporación de caucho, sino que cada estudio de proyecto se debe seleccionar la mejor tecnología.

Para el autor de la investigación la incorporación de granos de caucho a la carpeta asfáltica, por ambas vías, es beneficiosa porque mejora el comportamiento mecánico de la misma, reduce costos de mantenimiento con su reutilización y reduce la contaminación ambiental generada por este residuo sólido.

### **1.2.2 Antecedentes Nacionales**

Las investigaciones nacionales, se muestran algunas tesis relevantes como:

Según Flores (2018), desarrollo una investigación para obtener el título de ingeniero, titulado “**Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda. Avenida Perú, Callao 2018**”, sustentado en la Universidad César Vallejo, cuyo

objetivo principal fue analizar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica al incorporarle caucho por vía húmeda, dicha investigación fue del tipo aplicada, de nivel explicativo, con una muestra estratificada de un total de 124 briquetas y concluyó lo siguiente: a) La deformación de la mezcla asfáltica modificada con 5% de granos de caucho en comparación con la mezcla convencional presentó disminución de 2.6% de estabilidad máxima y un aumento de 13% longitud de flujo. b) Incorporarle 5% de granos de caucho por vía húmeda a la mezcla asfáltica mejora la resistencia a la inmersión compresión, por que incrementa su capacidad de carga, su esfuerzo máximo, en 5% en briquetas no acondicionadas (seca) y acondicionadas en un 14%, y para el índice retenido aumenta en 8%. c) La mezcla asfáltica tuvo un mejor desempeño al daño inducido por humedad al agregarle 5% de granos de caucho, incorporado por vía húmeda; la tensión máxima en las briquetas no acondicionadas es de 29% y acondicionadas 20% mayores y para la razón de esfuerzo aumentó en un 7%, mediante una inspección visual se observó una pérdida de adherencia en la mezcla modificada.

De la investigación se estableció que el porcentaje óptimo que se debe incorporar, por vía húmeda, a la mezcla asfáltica es de 5% porque con ello se mantiene estable su deformación, incrementa la resistencia a la inmersión compresión (8%) y aumenta la resistencia al daño inducido por humedad (susceptibilidad térmica) en un 7%; y con ello demostrando que el comportamiento mecánico mejora y con ello se obtiene una mayor durabilidad de la carpeta asfáltica.

Alvarez y Carrera (2017), desarrollo una investigación para obtener el título de ingeniero, titulado **“Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica”**, sustentado en la Universidad Privada Antenor Orrego, cuyo objetivo principal fue determinar la influencia de la incorporación del triturado de los residuos de llantas, sobre las propiedades físicas de mezclas asfálticas concluyó: a) El valor de la resistencia da la compresión de las muestras (briquetas) disminuyen con respecto al incrementarse el porcentaje de GCR; d) Solo los flujos de las muestras con % de GCR de 1.5% y de 2% fueron aceptadas al cumplir con los parámetros del MTC y b) Se observó que el valor de las densidades bulk obtenidas de las muestras

(briquetas), fueron disminuyendo a medida que se incrementaba los porcentajes de grano de caucho reciclado.

De la investigación se determinó que el porcentaje de 1.5% y 2% caucho incorporado por vía seca mejoró el flujo como la estabilidad; la resistencia en la resistencia a la compresión, se evidencia una disminución al incrementar el porcentaje de caucho en granos; también la propiedad física de densidad bulk es inversamente proporcional al porcentaje de caucho incorporado.

Carrizales (2015), desarrollo una investigación para obtener el título de ingeniero, titulado **“Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles”**, sustentado en la Universidad Nacional del Altiplano, cuyo objetivo principal fue el análisis de la mezcla bituminosa modificada con granos de caucho reciclado para su aplicación en pavimentos flexibles y concluyó: a) La mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado de llanta no presenta mejoras en el comportamiento físico - mecánicas en ninguno de los distintos diseños realizados con caucho reciclado de llanta que se hizo en el laboratorio, ya que los valores obtenidos por el ensayo Marshall están por debajo de la mezcla asfáltica convencional y las especificaciones normativas a la cual nos regimos.

Según el investigador citado enfatiza las propiedades de las mezclas asfálticas con caucho determinando que no existe mejora las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica con la incorporación de granos de caucho por vía seca y asevera que el caucho asfalto no resuelve el problema de las fallas superficiales en pavimentos sometidos a climas extremos.

Según Fajardo y Vergaray (2014), desarrollo una investigación para obtener el título de ingeniero, titulado **“Efecto de la incorporación por vía seca, del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas”**, sustentado en la Universidad San Martín de Porres, cuyo objetivo principal fue establecer la metodología para analizar y perfeccionar el comportamiento mecánico de las mezclas bituminosas, a las cuales se les está incorporando el polvo de neumático reciclado, como material granular fino mediante el proceso seco, el tipo de investigación fue correlacional – exploratorio y se concluyó: a) El

material reciclado de granos de caucho puede aplicarse confiablemente para mejoras en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas usándolo como un agregado. b) El uso de este reciclado traerá mejoras ambientales, ya que el material reciclado se valoriza y ayudaría a solucionar el problema de la mala disposición final de ellos, reduciendo así la contaminación del medio ambiente, c) Existen progresos técnicos, sociales, ambientales y económicas, si se piensa utilizar los granos de caucho de neumáticos en desuso con fines de beneficio, y c) La relación costo-mantenimiento es beneficiosa al utilizar mezclas con polvo de neumático, ya que en un plazo de 10 años, los costos se reducen en 16% aproximadamente respecto al pavimento de carpeta asfáltica convencional.

El investigador concluye que los granos de caucho pueden utilizarse en las carpetas asfálticas como parte de agregado fino y de esta para mejorar el desempeño mecánico y a la vez el uso de este material reduce costos de mantenimiento y la contaminación ambiental, es decir, beneficios económico-ambiental.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema:**

#### **1.3.1. Efectos en la carpeta asfáltica:**

La carpeta asfáltica sin modificación presenta ciertas limitaciones en resistencia de deformación y fisuras que a largo de servicio se puede resumir en la durabilidad; y esto se presenta en dos factores principalmente como el tráfico y el clima extremos; sin embargo, con ayuda de la incorporación de otros materiales dentro de la mezcla convencional mejoran el desempeño de esta (Montejo, 2006, p. 301).

#### **Mezcla asfáltica:**

Una mezcla del tipo heterogénea que está compuesta por agregados, gruesos y finos; asfalto, como ligante; aire, siempre presente; y aditivos en caso se necesite para mejorar adherencia entre el bitumen y los agregados. La mezcla de formar una masa que garantice la trabajabilidad para los procesos de traslado, colocación y compactación de la carpeta asfáltica; los materiales antes mencionados deben ser calentados a una tempera apropiada (Montejo, 2006, p. 91).

**Carpeta asfáltica:**

Aquella que superficie de rodadura para el tránsito vehicular, capaz de resistir los efectos abrasivos de su entorno; impermeable, con el objetivo de impedir el paso de agua hacia el interior del pavimento. La carga vehicular genera esfuerzos en carpeta de rodadura someténdola a la misma a esfuerzo de tensión y compresión (Higuera, p.22, 2010).

**1.3.1.1 Propiedades físicas:****Gravedad específica:**

Se obtiene a través de un ensayo en el que se determina mediante una relación entre el peso al aire de una briqueta de mezcla asfáltica debidamente compactada a cierta temperatura con el peso de un volumen igual de agua a la misma temperatura. (Menéndez, 2006, p. 116).

**Adherencia:**

La adherencia en la mezcla asfáltica es uno de los pilares dentro del proceso de construcción vial, es la variable del pavimento en la que se debe cumplir y garantizar las principales propiedades de la mezcla asfáltica (Urrego y Ruiz, p. 18, 2016).

**Porcentaje de vacíos:**

Es la relación de volumen total de aire dentro del agregado cubierto por el bitumen de la mezcla asfáltica compactada, expresado como un porcentaje del volumen total de la mezcla bituminosa. Es recomendable no tener porcentajes de vacíos muy altos o muy bajos (Menéndez, 2006, p. 118).

**1.3.2. Comportamiento mecánico:**

La carpeta asfáltica está sometida a esfuerzo de tensión y compresión que se producen por la carga de vehículos y tiene la capacidad de disipar dichos esfuerzos horizontales a las capas inferiores para evitar agrietamientos (Higuera, p.22, 2010).

La carpeta asfáltica compuesta de mezcla convencional posee condiciones resistencia mecánica a la deformación permanente y las fisuras, en especial cuando se tratan de esfuerzos mayores como un tráfico canalizado y climas extremos” (Menéndez, 2006, p. 85).

### **1.3.2.1 Deformación:**

La carpeta asfáltica suele presentar deformaciones que son ocasionadas debido a factores posteriores a su puesta en servicio como: el reacomodo de los materiales pétreos, el tráfico o el clima de su entorno; los parámetros característicos en un diseño de mezcla asfáltica para determinar la deformación son llamados estabilidad y flujo Marshall (MTC, 2016, p. 520)

### **1.3.1.2 Resistencia a inmersión-compresión:**

Aquella propiedad de la carpeta asfáltica que se puede determinar mediante un ensayo, en la que a más resistencia a la compresión tenga el concreto asfáltico se reducen los esfuerzos horizontales generados por la carga de tráfico (Abanto, 2007, p. 50).

### **1.3.1.2 Resistencia a tracción indirecta:**

Para su obtención se realiza ensayo un proceso riguroso que finalmente culmina con la ampliación de una fuerza constante a compresión diametral a una probeta cilíndrica, con ayuda de la prensa o equipo Marshall, que alcanza una carga de rotura máxima (Garrote, 2014, p.6)

### **1.3.2. Efecto económico-ambiental:**

Teniendo en cuenta que la reutilización del caucho involucra desafíos tecnológicos de mucha importancia, y algunas veces los costos para su implementación son un poco desalentadores por su costo, existe la necesidad de reducir el impacto ambiental que motiva a las investigaciones de estudios sobre sus nuevas formas de su reutilización y ponerla en práctica de tal forma que sea viable desde el punto de vista de vista económico y técnico (Peláez, Velásquez y Giraldo, p. 13, 2017).

### **Diseño de mezcla asfáltica – Diseño Marshall:**

Para el diseño de una mezcla asfáltica se opta por el método Marshall que tiene como objetivo obtener el porcentaje óptimo de asfalto en base dos factores principales; estabilidad y flujo Marshall, a ello se le agrega sus propiedades físicas-volumétricas como el porcentaje de vacíos y la gravedad específica (Universidad de los Andes, 2002, p. 73).

**Tabla 1. Requisitos para la mezcla de concreto bituminoso**

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
<b>Marshall MTC E 504</b>			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	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	<u>Ver Tabla 423-10</u>		
<b>Inmersión – Compresión (MTC E 518)</b>			
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: Ministerio de transportes y comunicaciones (EG-2013).

### 1.3.2. Incorporación de caucho en granos:

Las mezclas asfálticas convencionales pueden ser modificadas a través de dos vías: la vía húmeda y vía seca; las dos vías tienen la finalidad de modificar las características de la mezcla asfáltica para perfeccionar el desempeño de esta, en tal sentido, las mezclas bituminosas modificadas son las llamadas soluciones necesitadas a aplicar ante las limitaciones de las convencionales (Rondón y Reyes, 2015, p. 69).

#### 1.3.2.1 Vía húmeda:

Incorporar caucho por vía húmeda es uno de los procesos más usados y se requiere de mucha energía para su uso porque puede llegar hasta un 210 °C para su aplicación, a su vez se hará uso de un mecanismo de agitar a 2000 r.p.m. durante un tiempo aproximado de 240 min, de esa manera se basa este proceso que tiene como objetivo crear una reacción entre el caucho y asfalto (Campaña, et al., 2015 p. 199).



## Granulometría:

Las partículas pueden tener un tamaño de 3mm, sin embargo, se recomienda que los tamaños sean menores a 0.8mm, es decir, pasen por el tamiz N°20 para no existan inconvenientes en la reacción entre el asfalto y caucho; es indispensable realizar un análisis granulométrico porque comúnmente los tamaños son muy variados (Rodríguez, 2006, p. 14).

**Tabla 2.** *Granulometría de los granos de caucho reciclado*

Tamiz		Porcentaje que pasa (%)
N°	(mm)	
N°10	2	100
N°20	0.85	65-100
N°30	0.6.	50-90
N°50	0.3	0-45
N°200	0.08	0-5

**Nota:** Los granos de caucho deberán estar libres de material orgánico al 100%, en el mejor de los casos

Fuente: Instituto de Vías en Colombia 2013.

## Temperatura de producción:

Se requiere una temperatura mayor para el mezclado entre el bitumen y los granos de caucho, pues la incorporación del polímero), en gran cantidad, produce un cambio en las propiedades físicas del asfalto y con ello el asfalto modificado presenta mayor viscosidad más a las propiedades del caucho, en ese sentido, la temperatura de producción debe mantenerse entre los 170 a 205 ± 5 °C (Universidad de los Andes, 2002, p. 117).

### 1.3.2.1 Vía seca:

Esta forma de incorporar el reciclado de caucho en la mezcla asfáltica se realiza a temperatura ambiente, donde el caucho reemplaza una parte de los agregados pétreos, que usualmente se usa, pero previo calentamiento del caucho y con ayuda de aditivos para una mejor adherencia con el asfalto y los agregados se obtendrán una mezcla modificada en buenas condiciones (Rondón y Reyes, p. 133).

## Granulometría:

**Tabla 3.** *Granulometría de los granos de caucho reciclado*

Ensayo		Peso Total (kg)			
Granulometría - Granos de caucho		1000			

Tamiz		Peso retenido (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
N°	(mm)				
8	2.38	0	0	0	100
10	2	22	2.2	2.2	97.8
16	1.19	32	3.2	5.4	94.6
20	0.85	55	5.5	10.9	89.1
30	0.6	115	11.5	22.4	77.6
50	0.3	300	30	52.4	47.6
100	0.015	350	35	87.4	12.6
200	0.08	46	4.6	92	8
Fondo	-	80	8	100	0

## Temperatura de producción:

Al simular en el laboratorio, para la digestión entre granos de caucho y la mezcla asfáltica se podría simular manteniendo una temperatura con un rango de  $150-170 \pm 5^{\circ}\text{C}$  y por un tiempo aproximado de  $120 \pm 5$  minutos horas previamente a la compactación de la probeta (Fajardo y Vergaray, p. 62, 2014).

## Métodos de triturar caucho:

Existen más de un método, pero en esta ocasión describiremos el más relevante.

## Trituración mecánica:

Es un proceso de reducción de caucho a partículas más pequeñas sin necesidad de variar la temperatura del material, se dice que es proceso no genera gases nocivos al medio ambiente, las partículas obtenidas pueden ser tan pequeñas que pueden pasar el por el tamiz N° 30 (equivalentes a 0.6 mm) en referencia al ensayo de granulometría por tamizado; generalmente cuenta con separador y clasificador interno que ayuden obtener un material en buenas condiciones libres de residuos sin utilidad (Rondón y Reyes, 2013, p. 133).

## **1.2. Formulación del problema:**

### **1.4.1. Problema general**

¿Cuáles son los efectos en la carpeta asfáltica al incorporarle caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018?

### **1.4.2. Problemas específicos:**

¿Cómo afectará a las propiedades físicas de la carpeta asfáltica al incorporar de caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018?

¿Qué comportamiento mecánico adoptará la carpeta asfáltica al incorporarle caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018?

¿Cuál será el efecto económico - ambiental que producirá incorporar caucho en granos en la carpeta asfáltica, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018?

## **1.5. Justificación del estudio:**

### **1.5.1. Justificación técnica:**

Ante los deterioros prematuros que sufren las carpetas asfálticas convencionales debida a los climas extremos a la que son expuestas a trabajar, siendo el principal reflejo en susceptibilidad térmica propia de la mezcla asfáltica, la presente investigación pretende describir y aplicarla a la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho , ya que está es una técnica que permita mejorar las propiedades mecánicas del asfalto a través de la incorporación los granos de caucho en la mezcla bituminosa.

### **1.5.4. Justificación Metodológica:**

La presente investigación busca generar nuevos conocimientos confiables a través de una metodología estricta que pueda orientar a estudiantes con investigaciones afines; el método empleado fue la observación, identificar el problema, plantear hipótesis, con un alcance descriptivo y su aplicación para beneficio de los pobladores de Accopampa – Santa Ana, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho.

### **1.5.3. Justificación Ambiental:**

La técnica que se detalla en la investigación también aporta significativamente al medio ambiente; ya que dicho material que incluiremos en la carpeta asfáltica es considerado un contaminante y su reciclarlo será beneficiosa para el medioambiente. Normalmente las llantas desechadas son consideradas residuos sólidos y acaban tirados en un botadero sin uso alguno o son quemados que empeora aún más la situación, pues generan gases de efectos invernadero (GEI) que impactan negativamente al medio ambiente; el usar granos de caucho reduciendo la producción de dichos GEI impulsando un desarrollo sostenible.

### **1.5.4. Justificación Económico:**

Incorporar asfalto caucho a la carpeta asfáltica de la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho a largo plazo generará un ahorro significativo de dinero si comparamos con la mezcla convencional porque se obtendrá una superficie de rodadura más durable; y con ello permitiría mantener una vía transitable por más tiempo, evitando cierres temporales y reduciendo costos de mantenimiento.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

La incorporación de caucho en granos en la carpeta asfáltica beneficiará a la trocha carrozable Accompampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.

### **1.6.2. Hipótesis específicas:**

Las propiedades físicas de la carpeta asfáltica mejora al incorporar caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.

El comportamiento mecánico de la carpeta asfáltica mejora al incorporar caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.

El efecto económico - ambiental es beneficioso al incorporar caucho en granos a la carpeta asfáltica, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Describir los efectos en la carpeta asfáltica al incorporarle caucho en granos, en la trocha carrozable Accompampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.

### **1.7.2. Objetivos específicos:**

Especificar las propiedades físicas de la carpeta asfáltica con la incorporación de caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.

Detallar el comportamiento mecánico en la carpeta asfáltica con la incorporación de caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.

Mencionar el efecto económico - ambiental que producirá la incorporación de caucho en granos a la carpeta asfáltica, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.

## **II. Metodología**

## **Diseño de investigación**

### **2.1.1. Método: Científico**

La investigación utilizará el método científico, ya que, seguirá un conjunto de procesos con la finalidad de hallar conocimientos a través de la práctica de esta (Bunge, 2000, p. 7).

En la investigación se recogerán datos de otras investigaciones realizadas y aplicadas en otras carpetas asfálticas, se describirán y analizarán cada una de ellas, y finalmente en base a dichas investigaciones se contrastarán las hipótesis planteadas, con el objetivo de generar nuevos conocimientos.

### **2.1.2. Enfoque: Cuantitativo**

Se basa en un conjunto de pasos rigurosos y secuenciales que consiste en recoger información y luego comprobar las hipótesis planteadas; todo ello en base a valores numéricos que puedan ayudar al análisis estadístico correspondiente, determinar modelos y finalmente comprobar teorías (Fernández, Hernández y Baptista, 2014, p. 130).

Esta investigación tiene enfoque cuantitativo porque se obtendrán resultados de los ensayos de otras investigaciones, y estos a su vez, se considerará como datos para realizar cuadros informativos que serán el sustento de la contrastación de las hipótesis.

### **2.1.2. Tipo: Aplicada**

Debido a que tiene como propósito de hacer uso de conocimientos teóricos y aplicarlos a favor del lugar que se está estudiando y en general a la sociedad; con todo ello podemos decir que se está dando nuevos conocimientos que aportarán a la ciencia (Vargas, 2009, p. 159).

Con las teorías y los resultados de otras investigaciones que se expusieron en los antecedentes y demás que se describieron en el capítulo anterior, se recolectó los datos a fin de mejorar en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho.

### **2.1.3. Nivel: Descriptivo**

El alcance descriptivo contiene otra previa que es la exploratoria, es decir, este alcance que tiene este nivel es de mayor que la exploratoria porque pretende describir el fenómeno de estudio, en el cual fue de mucha relevancia hacer uso de información empírica y teórica de otras investigaciones a fin de responder a las causas de fenómenos que motivaron a

investigar (Monje, 2011, p. 96).

El nivel de investigación que se realizó fue analizando los efectos que encontraron en otras investigaciones al modificar la mezcla asfáltica con caucho en granos, que fueron incorporados por vía seca y húmeda, para ello fue necesario la recolección de información de investigaciones realizadas, interpretó como sustento de resultados y finalmente realizó la descripción de estos.

### **2.1.2. Diseño: No Experimental**

El diseño no experimental solo se observan situaciones ya acontecidas, no son provocadas en la investigación de quien la realiza. En este diseño de investigación no se manipula la variable independiente a fin de encontrar diferentes efectos en la variable dependiendo, sino que solo observa el fenómeno que ya sucedió al igual que sus efectos (Fernández, Hernández y Baptista, 2014, p. 152)

El diseño del presente estudio buscó describir los efectos en la carpeta asfáltica a causa de la incorporación de caucho en granos y para ello es indispensable la recopilación de otras investigaciones que emplearon alguna de las dos variables: incorporación de caucho en granos (V1) y los efectos en la carpeta asfáltica (V2).

## **2.2. Variables, operacionalización**

### **2.2.1 Variables:**

#### **V1: Incorporación de caucho en granos:**

Las mezclas asfálticas convencionales pueden ser modificadas a través de dos vías: la vía húmeda y vía seca; las dos vías tienen la finalidad de modificar las características de la mezcla asfáltica para perfeccionar el desempeño de esta, en tal sentido, las mezclas bituminosas modificadas son las llamadas soluciones necesitadas a aplicar ante las limitaciones de las convencionales (Rondón y Reyes, 2015, p. 69).

#### **V2: Efectos en la carpeta asfáltica:**

La carpeta asfáltica sin modificación presenta ciertas limitaciones en resistencia de deformación y fisuras que a largo de servicio se puede resumir en la durabilidad; y esto se presenta en dos factores principalmente como el tráfico y el clima extremos; sin embargo,



con ayuda de la incorporación de otros materiales dentro de la mezcla convencional mejoran el desempeño de esta (Montejo, 2006, p. 301).

### 2.2.1 Operacionalización:

Proceso en la investigación en que se detalla cómo serán cuantificadas cada variable a fin de contrastar la hipótesis general y las específicas que fueron planteadas (Borja, 2012, p. 24).

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

La población es un conjunto de elementos del cual se desea estudiar para una investigación; está compuesto por otros subconjuntos que guardan en común ciertas propiedades o características (López, 2002, p. 69).

La población que se estableció para esta investigación son todas las trochas carrozables que sometidas a climas fríos y se ubican en la provincia de Lucanas, del departamento de Ayacucho.

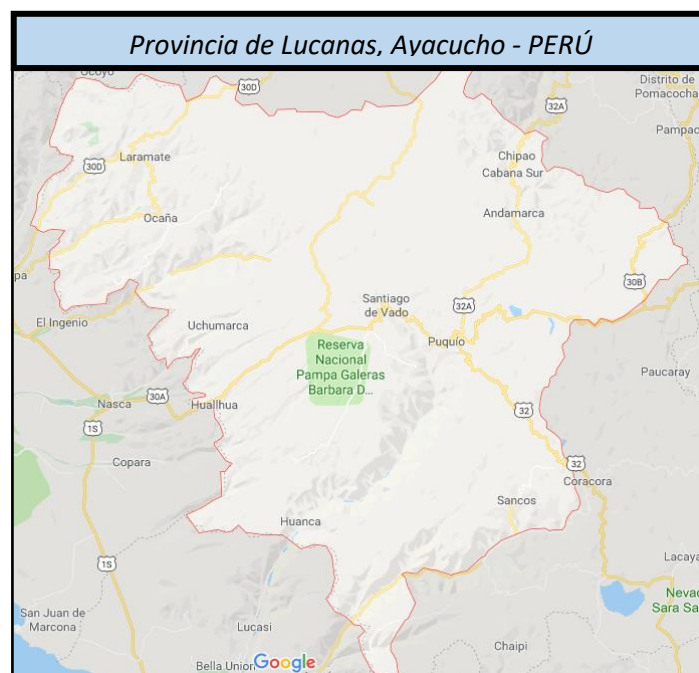


Figura 1: Mapa de la provincia de Lucanas

### **Muestreo:**

Procedimiento necesario para obtener un subconjunto de la población que represente al mismo. En esta ocasión el muestreo fue no probabilístico es tipo intencional y se realizó con criterio del propio investigador (Valderrama, 2002, p.185).

### **2.3.2. Muestra**

La muestra es un subconjunto del total de la población ya definida, para ello se necesita aplicar algún método que nos facilite un muestreo confiable (Walpole y Myers, p. 2).

Para la investigación se realizó una muestra que delimita la trocha carrozable que une los distritos de San Pedro y Puquio, perteneciente a la provincia de Lucanas del departamento de Ayacucho, Perú; debido a que, al colocar una carpeta asfáltica, esta estará sometida a cambio de climas, por estar a una altitud de 3200 msnm, afectando en la durabilidad debido a la susceptibilidad térmica propia de la mezcla asfáltica; la trocha carrozable cuenta con una longitud de 2.7 Km.



Figura 2: Mapa de la trocha carrozable Accompampa – Santa Ana

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

### **Técnicas:**

Para la presente investigación usó técnica de recolección de datos mediante una ficha de

recopilación investigaciones en la se enfatiza en los efectos causado en las carpetas asfálticas al incorporarle caucho en granos; todo ello a través de la observación de dicho fenómeno se describió los beneficios de estos para aplicarlos a la trocha carrozable en estudio.

### **Instrumento:**

El instrumento es una herramienta fundamental en la investigación científica que permite cuantificar las variables estudiadas, con validez y confiabilidad que garantice la objetividad de la investigación (Mendoza, 2009, p. 18).

El instrumento que se usaron para la información fue fichas de recolección de datos que puedan brindan y resumir la aplicación de los granos de caucho en las carpetas asfálticas beneficiadas.

### **Validez:**

Según López, también conocido como prueba de instrumento porque permite administrar un instrumento en diferentes situaciones con el objetivo de verificar que este realmente cuantifique características de la variable para lo que fue diseñado y no determine otras (2012, p. 280)

**Tabla 4. Rango de validez**

0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1	Validez perfecta

Fuente: Herrera (1998)

### **Confiabilidad:**

La confiabilidad es otra de las características que debe tener todo instrumento de medición, sin esta característica el instrumento carece de veracidad; la confiabilidad se basa obtener en qué medida el aplicar repetitivamente el instrumento de medición a un objeto de estudios, este produzca resultados iguales (Fernández, et al., p. 1999).

**Tabla 5. Rango de confiabilidad**

0.53 a menos	Confiabilidad nula
0.54 a 0.59	Confiabilidad baja
0.60 a 0.65	Confiable
0.66 a 0.71	Muy Confiable
0.72 a 0.99	Excelente Confiabilidad
1	Confiabilidad perfecta

Fuente: Herrera (1998)

La confiabilidad también se sustentará con el certificado de calibración de cada equipo automatizado que se usará para los ensayos de esta investigación.

## **2.5. Método de análisis de datos**

En la presente investigación se realizó un análisis riguroso en la elección de investigaciones realizadas referente al tema investigado para obtener sus datos mediante gráficos comparativo con sus interpretaciones que luego fueron tomadas para la posterior contrastación de hipótesis, todo ello con el siguiente proceso:

- 1.- Se realizó un filtro de investigaciones que pudiera haber trabajado con carpeta asfáltica y la incorporación por las dos vías, húmeda y seca, en el que resalten los efectos causados en sus propiedades físicas, mecánicas y el impacto económico-ambiental al utilizar esta nueva forma de reutilizar los granos de caucho.
- 2.- Luego con ayuda de las fichas de recolección de datos se ingresó toda información necesaria que luego se plasmaron tablas y en gráficos de barras con el objetivo de resumir los efectos que se obtuvieron en cada investigación.
- 3.- Finalmente se realizó un análisis de cada efecto para poder describirla convergiendo las investigaciones de todos los autores, a fin de establecer una contrastación con las hipótesis y posteriormente las conclusiones.

## **2.6. Aspectos éticos**

Teniendo en cuenta el derecho de autor como el reconocimiento a los autores por su gran labor, en la presente investigación tenemos la autoridad de afirmar que todo texto ajeno a

este fue citado debidamente según las normas ISO 690 y 690 - 02.

También que los resultados que se obtendrán serán verdaderos y aislados de la subjetividad del autor con el fin que la presente investigación sea confiable para otras futuras.

### **III. Resultados**

### 3.1 Generalidades

#### 3.1.1 Ubicación de lugar de aplicación:

Trocha carrozable que une la localidad de Accopampa en el distrito de Puquio, hasta la localidad de Santa Ana en el distrito de San Pedro, provincia de Lucanas – Ayacucho, se encuentra a una altitud 3214 msnm y registra la temperatura más baja hasta los 6°C.

#### 3.1.2 Descripción de la problemática:

La trocha carrozable tiene un ancho de 4m y una longitud de 2.7 Km y une los distritos de San Pedro y Puquio en 60 minutos en la actualidad; teniendo en cuenta que en la localidad de Santa Ana es una zona agrícola y adolecen de una superficie de rodadura y estable que les permita el transporte de sus productos hacia los centros de comercialización; además son 3303 pobladores, entre las dos localidades, que se beneficiarían con esta pavimentación porque el tiempo de viaje se reduciría a 30 min; por parte de la localidad Santa Ana requieren esa conexión para tener acceso a hospitales y colegios en menos tiempo y evitar el constante cambio de residencia para acceder a estos beneficios.

Teniendo en cuenta la necesidad de pavimentar la trocha carrozable y los cambios de temperatura, en corto tiempo, a la cuál dicha carpeta de rodadura estará expuesta y que reducirá el tiempo de vida de la misma, por la susceptibilidad térmica propia del material, se requiere aplicar un pavimento que reduzca dicha susceptibilidad, mayor durabilidad, menos costos de mantenimiento y que sea amigable con el medio ambiente; con todo lo anterior se necesita aplicar los granos de caucho en la carpeta asfáltica de tal forma que solucione y satisfaga la necesidad de todos los usuarios.



Figura 3: Ubicación de tramo de aplicación



### 3.2 Trabajos previos:

#### 3.2.1 Reconocimiento de campo:

Se realizó la visita correspondiente a lugar de aplicación y se verificó el estado en el que se encuentra, se realizó el replanteo de las progresivas y la toma de datos para realizar los trabajos en gabinete.



Figura 4: Troza carrozable no pavimentada



Figura 5: Se evidencia una superficie de rodadura deteriorada





*Figura 6: Replanteo de progresiva en trocha carrozable*



*Figura 7: Se evidencia material orgánico el ancho de la superficie de rodadura*

### 3.2.1 Trabajo en gabinete:

Se recopiló toda información tomadas en campo para analizar y proponer medidas de solución de la problemática antes mencionada.



*Figura 8:* Trabajo de gabinete

### 3.2.1 Visitas a posibles proveedores de materiales:

Para la aplicación de esta tecnología fue necesario la información de los proveedores de todos los materiales, de tal forma que la solución propuesta tenga un mayor sustento.



*Figura 9:* Empresa proveedora de agregado fino y grueso.





Figura 10: Lugar de trituración de caucho en granos.



Figura 11: Repsol, proveedora de asfalto.



Figura 12: Laboratorio para los ensayos de calidad de la mezcla asfáltica modificada con caucho

### 3.3 Análisis

**IMPORTANTE:** La obtención de barras comparativas se basa en la revisión de 10 investigaciones que aplicaron la incorporación de granos de caucho en la carpeta asfáltica, 6 en vía seca y 4 en vía húmeda que se detallaran a continuación:

**Tabla 6.** *Granulometría de los granos de caucho reciclado*

Título	Autor	Vía	Año	Lugar de aplicación
Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles	Carrera Sanchez, Ever y Alvarez Briceño, Luis	Seca	2017	Perú
Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico	Vega Zurita, Danilo Sebastián	Seca	2016	Ecuador
Evaluación de la energía de fractura en mezclas asfálticas con caucho	Trujillo Valladolid Maribel	Seca	2015	México
Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica	Carrizales Apaza, José Javier	Seca	2015	Punto-Perú
Estudio de las mejoras mecánicas de mezclas asfálticas con desechos de llantas	Instituto de desarrollo urbano de la alcaldía Mayor de bogotá	Seca	2002	Colombia
Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco	Ramirez Palma, Náyade Irene	Seca	2006	Chile
Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda, avenida Perú, Callao, 2018.	Flores Perez Jhon Richard	Húmeda	2018	Callao - Perú
Influencia del polvo de neumático en la tensión indirecta y energía de fractura de las mezclas asfálticas tibias	Mejía Loera Daniel	Húmeda	2015	México
Evaluación de la energía de fractura en mezclas asfálticas con caucho	Trujillo Valladolid Maribel	Húmeda	2015	México
Estudio de las mejoras mecánicas de mezclas asfálticas con desechos de llantas	Instituto de desarrollo urbano de la alcaldía Mayor de bogotá	Húmeda	2002	Colombia

### 3.3.1. Resultados

#### 3.3.1.1 Incorporación de caucho en granos:

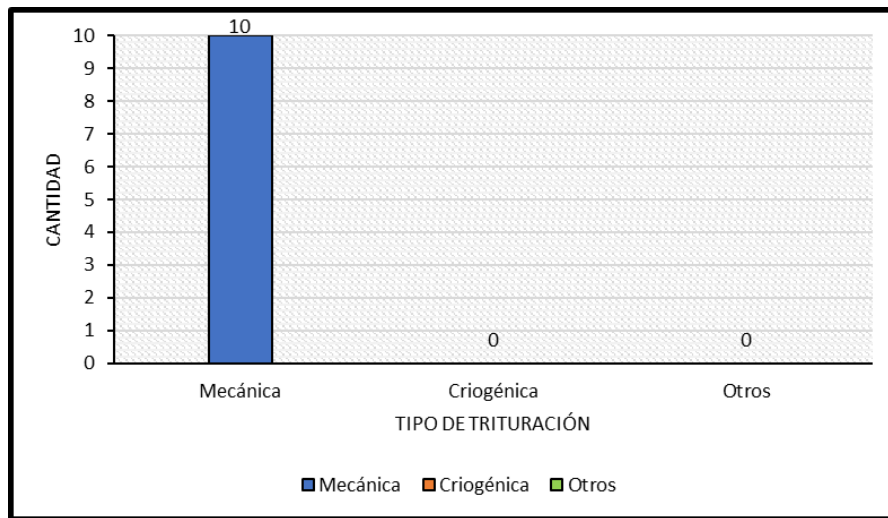


Figura 13: Barras comparativas del tipo de trituración al caucho para la obtención en granos.

Observamos que en todas las investigaciones para la obtención de granos de caucho predominó el tipo mecánico, pues el bajo costo para su aplicación lo hace muy tentador a ello se le suma que es más amigable con la naturaleza.

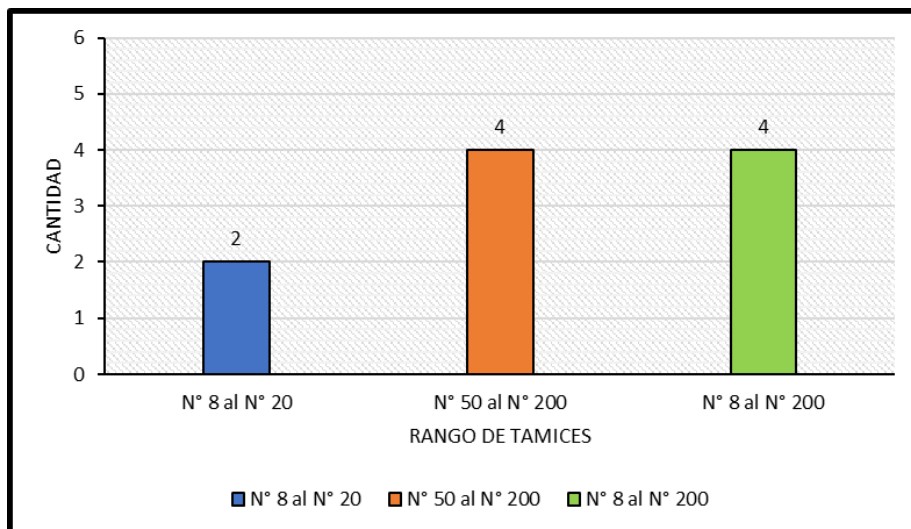


Figura 14: Barras comparativas del rango de tamices usados para el tamizado de los granos de caucho

En la gráfica observamos que las granulometrías más usadas para la incorporación de granos de caucho en la carpeta asfáltica van del tamiz N° 50 al N°200 (40%) y otro del N°8 – N°200 (40%), sin embargo, el 20% usó del tamiz del N°8 al N°20. Lo que se muestra es que a menor tamaño de los granos de caucho es más trabajable la mezcla asfáltica modificada.

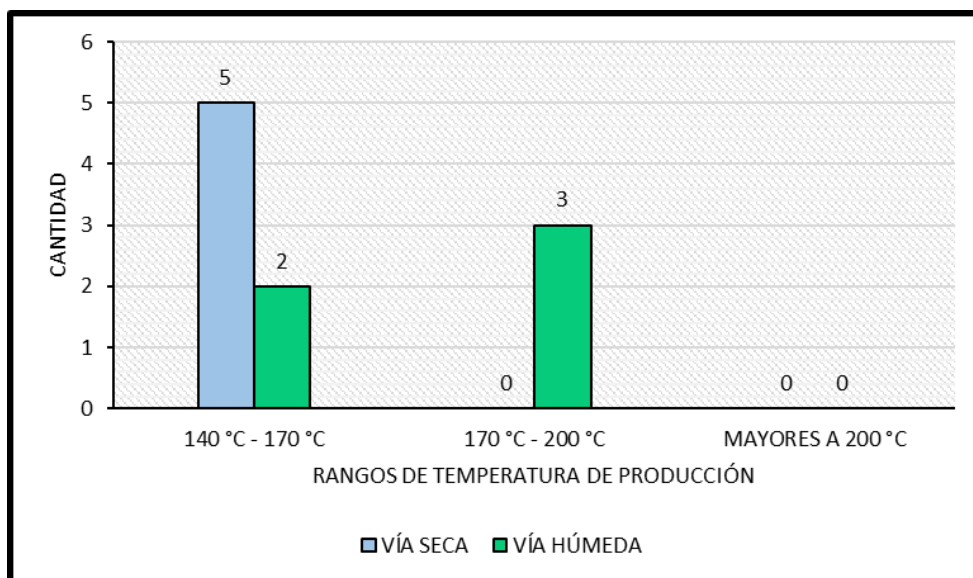


Figura 15: Barras comparativas de los rangos de temperatura para la producción de mezcla asfáltica con granos de caucho, según su vía de incorporación.

Del gráfico comparativo, de las 10 investigaciones observadas, la temperatura de producción de la mezcla asfáltica en vía seca: 5 incorporaron los granos de caucho a una temperatura que oscila entre 140°C - 170°C y en la vía húmeda: 2 aplicaron entre 140°C - 170°C, mientras que otros 3 de 170°C - 200°C.

La vía húmeda requiere una mayor temperatura pues la mezcla de asfalto caucho para digestión requiere una mayor temperatura.

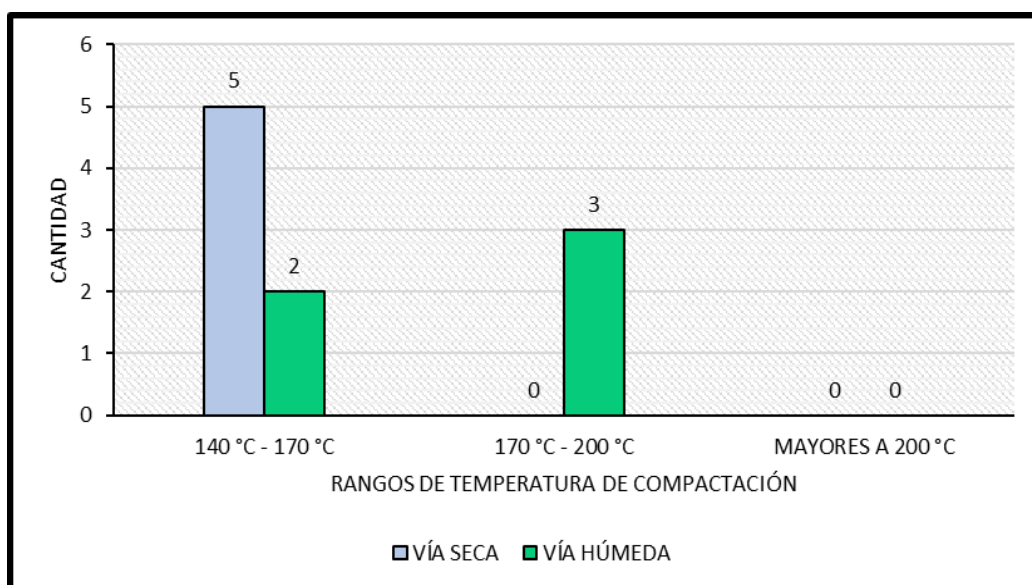


Figura 16: Barras comparativas de los rangos de temperatura para la compactación de carpeta asfáltica con granos de caucho, según su vía de incorporación.

Del gráfico comparativo, de las 10 investigaciones observadas, la temperatura de compactación para la carpeta asfáltica en vía seca: 5 incorporaron los granos de caucho a

una temperatura que oscila entre 140°C - 170°C y en la vía húmeda: 2 aplicaron entre 140°C - 170°C, mientras que otros 3 de 170°C - 200°C.

Al igual que en la producción para la mezcla asfáltica, en la compactación de la carpeta asfáltica la vía húmeda, en comparación con la vía seca, requiere una mayor temperatura pues la mezcla de asfalto caucho para digestión requiere una mayor temperatura.

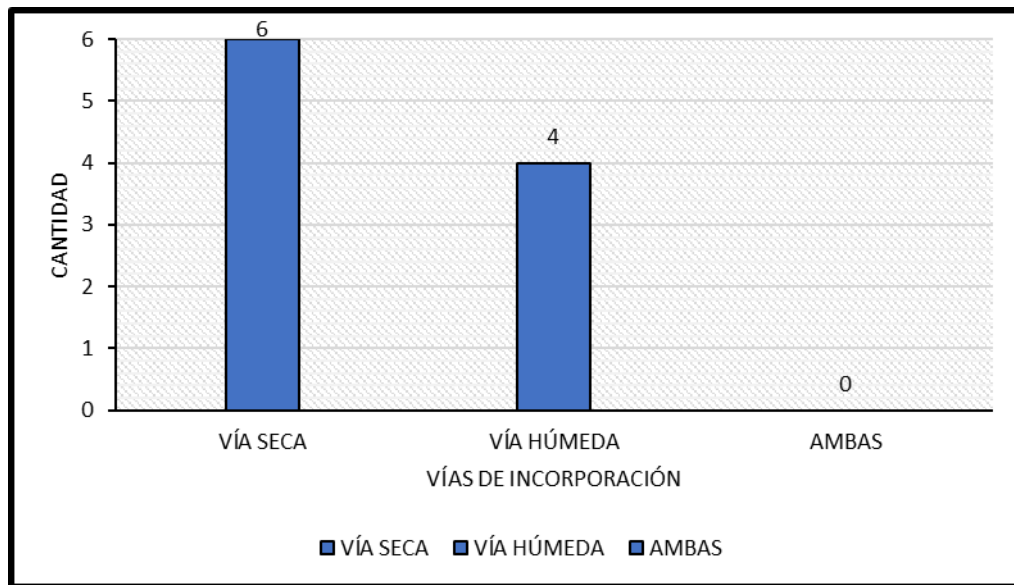


Figura 17: Barras comparativas de las vías de incorporación de los granos de caucho en la mezcla asfáltica.

Observamos de las barras comparativas que, de las 10 investigaciones, 6 emplearon a vía seca (60%), 4 (40%) incorporaron los granos de caucho por la vía húmeda y ninguna aplico ambas vías a la vez; lo que significa que las vías de incorporación mixtas aún no se han aplicado o difundido tanto.

### 3.3.1.2 Efectos en las propiedades físicas:

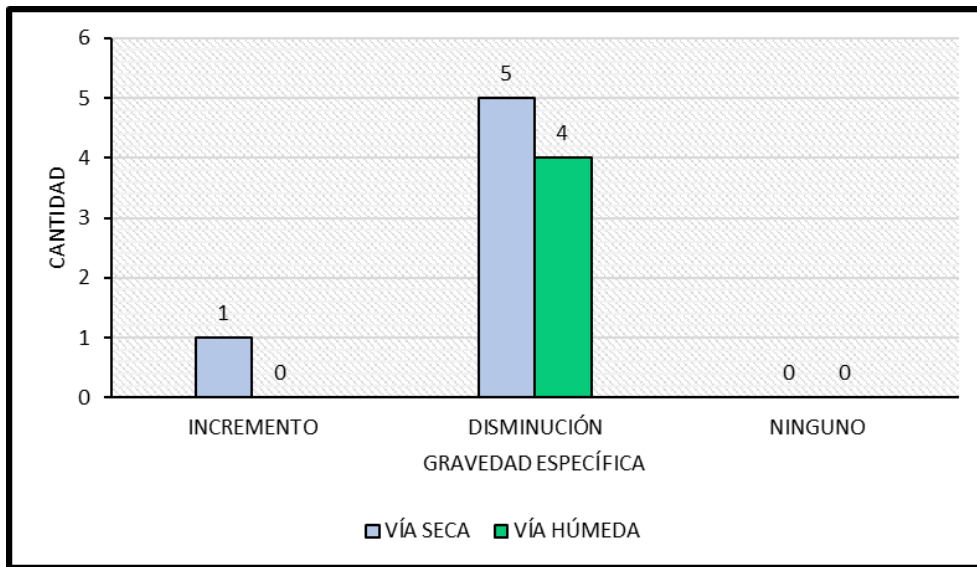


Figura 18: Barras comparativas del efecto en la gravedad específica en el estado de mezcla asfáltica, según su vía de incorporación

Observamos que, para la vía seca, en 1 (10%) investigación la gravedad específica se presentó un incremento (vía seca), mientras 5 (50%) investigaciones encontraron una disminución y los 4 (40%) restantes que fueron por vía húmeda y también obtuvieron una disminución en la gravedad específica.

Es decir, solo un 10% presentó un incremento y el 90% una disminución de la gravedad específica.

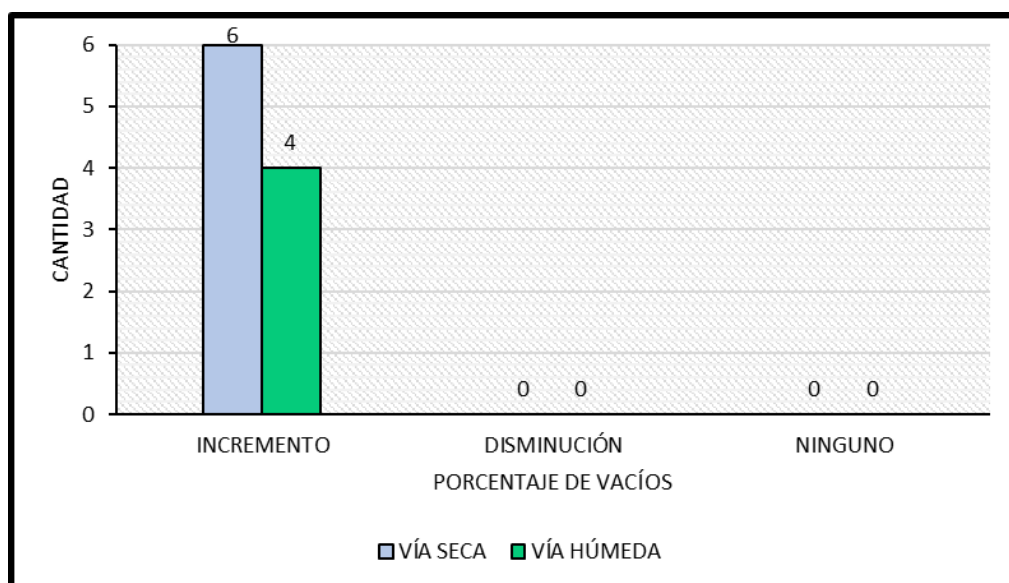


Figura 19: Barras comparativas del efecto en el porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica, según la vía de incorporación



De los gráficos observamos que para las dos vías de incorporación de granos caucho hubo incremento de vacíos en las mezclas asfálticas modificada, es decir, el 100% de las investigaciones realizadas presencia un incremento en esta propiedad física; al aplicar cualquiera de las dos vías de incorporación siempre existirá mayor porcentaje de vacíos.

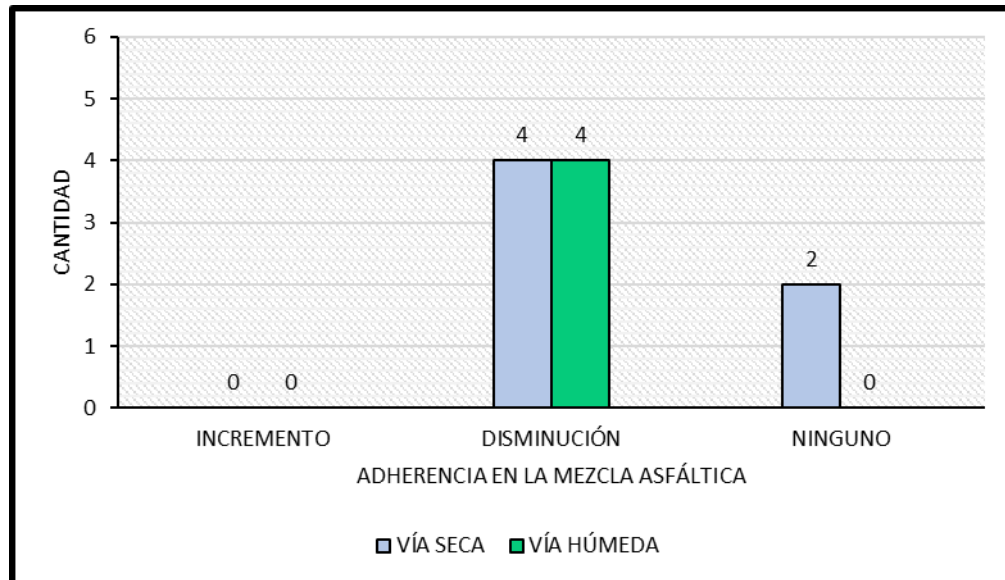


Figura 20: Barras comparativas del efecto causado en la adherencia entre agregados y el bitumen de la mezcla modificada, según vía de incorporación

Observamos que, para la vía seca, en 4 (40%) investigaciones se encontró una pérdida en la adherencia de la mezcla asfáltica y 2 (20%) otra no precisa (ambas por vía seca); en la vía húmeda las 4 (40%) investigaciones precisan un decrecimiento en la adherencia.

Entonces, el 80% encontró una disminución de adherencia y el 20% no encontró efecto en ello.

### 3.3.1.3 Efectos en el comportamiento mecánico de la carpeta asfáltica:

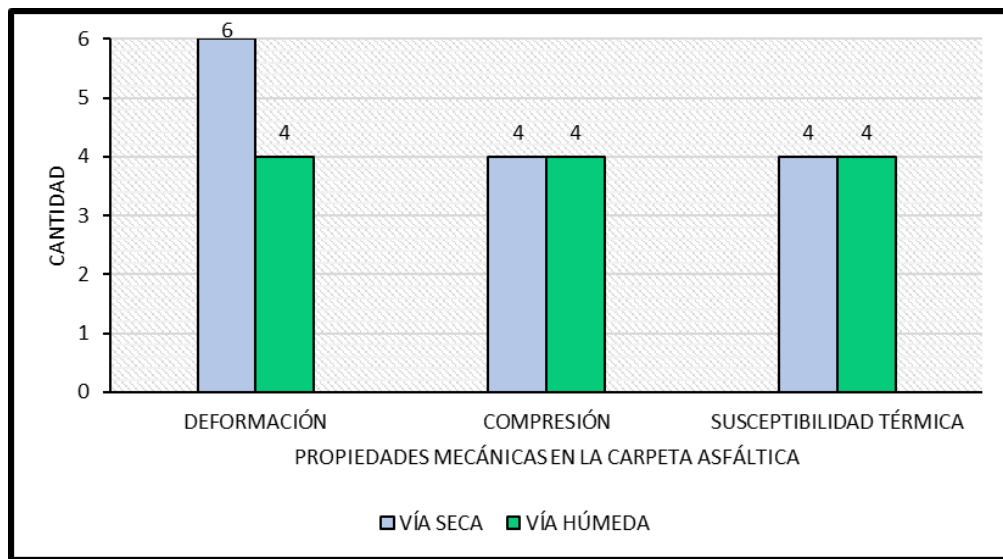


Figura 21: Barras comparativas de las propiedades mecánicas estudiadas en cada investigación, según la vía de incorporación

Observamos de las barras comparativas que, de las 10 investigaciones, 6 fueron las que emplearon vía seca y estudiaron el comportamiento mecánico: 6 evaluaron la deformación y solo 4 evaluaron la compresión con la susceptibilidad térmica; sin embargo, las 4 investigaciones que aplicaron la vía húmeda estudiaron los tres comportamientos mecánicos de la mezcla asfáltica en su totalidad. En resumen, el 100% investigó la deformación, el 80% investigó la resistencia a la compresión y la susceptibilidad térmicas en las mezclas asfálticas.

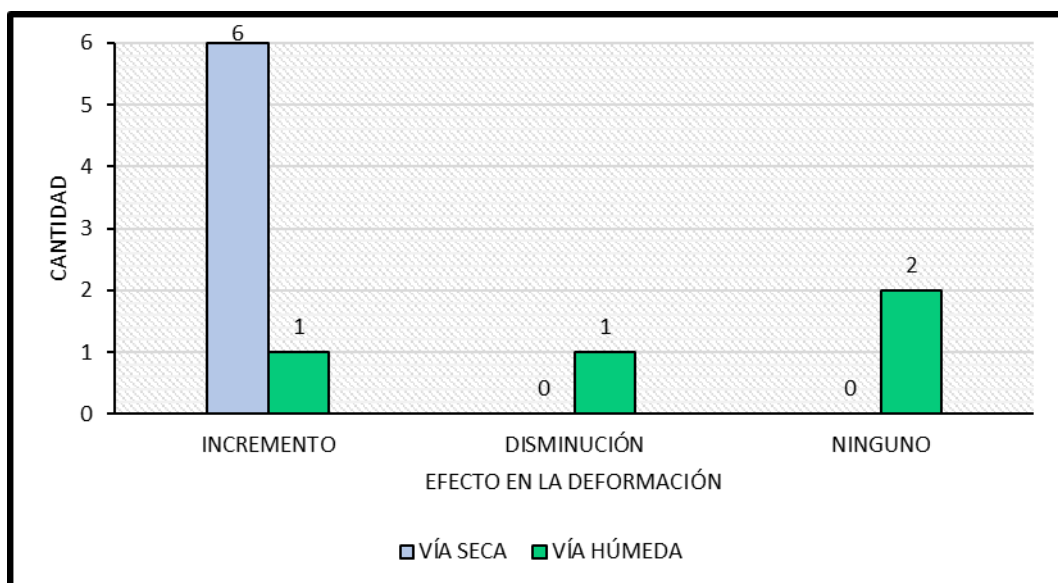


Figura 22: Barra comparativa del efecto causado en la deformación de la carpeta asfáltica, según la vía de incorporación

Observamos que, para la vía seca, en 6 (60%) investigaciones se encontró incremento en la deformación de la mezcla asfáltica; y para la vía húmeda; 1 (10%) también encontró incremento, otro 1 (10%) una disminución y para los otros 2 (20%) la deformación se mantiene constante.

Resumiendo, el 70% encontró un incremento, 10% una disminución y otro 20% no encuentra efecto en la deformación.

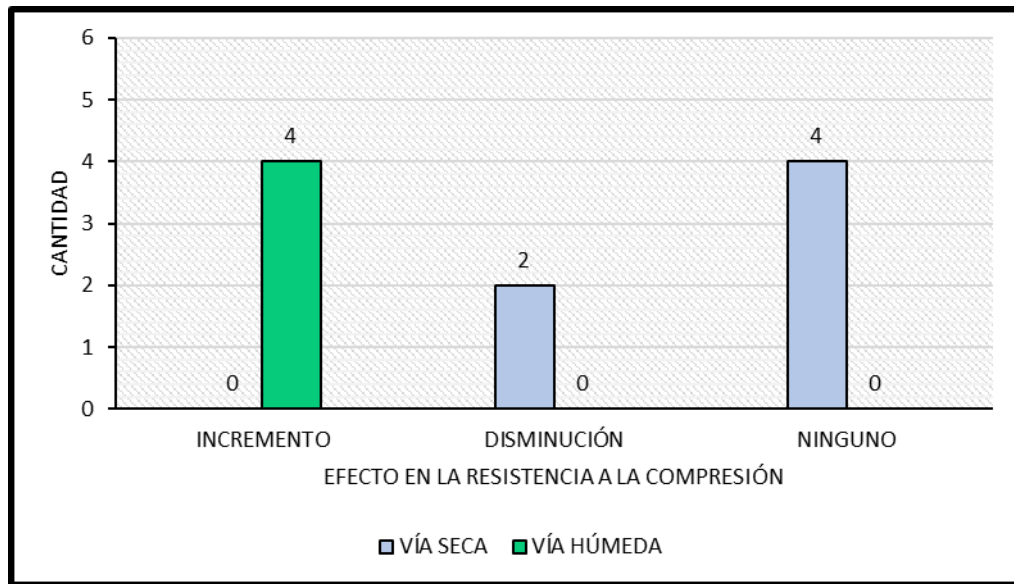


Figura 23: Barra comparativa del efecto causado en la susceptibilidad térmica de la carpeta asfáltica, según la vía de incorporación.

De los gráficos observamos que la resistencia a la compresión presenta un incremento en 4 investigaciones (40%) todas por vía húmeda, sin embargo, para las de vía seca: 2 (20%) se concluyen en una disminución y otras 4 (40%) no precisan cambios

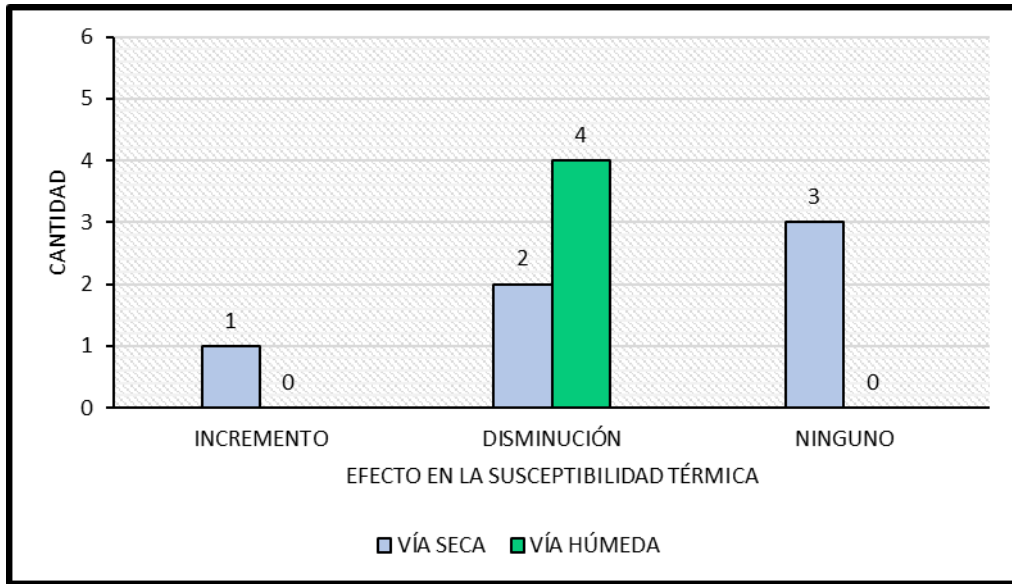


Figura 24: Barra comparativa del efecto causado en la resistencia a la compresión, según la vía de incorporación

De los gráficos observamos que, de las 10 investigaciones, las de vía seca: 1 (10%) presenta un incremento en la susceptibilidad térmica de la mezcla asfáltica, el 2 (20%) una disminución y 3 (30%) no encontró efecto alguno; para las 4 investigaciones que aplicaron la vía húmeda: 4 (40%) presenciaron una disminución en la susceptibilidad térmica. Es decir, el 10% precisa un incremento, 60% una disminución y el 30% ningún cambio

**3.3.1.4 Efectos ambientales económicos:**

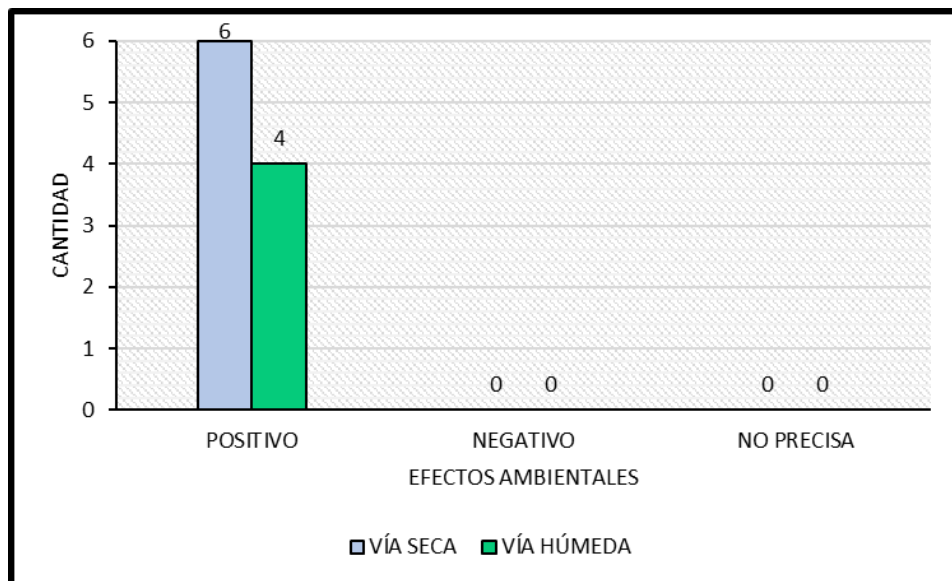


Figura 25: Barra comparativa del efecto ambiental en la carpeta asfáltica, según la vía de incorporación

De los gráficos observamos que para las dos vías de incorporación consideran un efecto

ambiental positivo el uso de granos de caucho de la carpeta asfáltica, es decir, el 100% de las investigaciones recomiendan dicha aplicación.

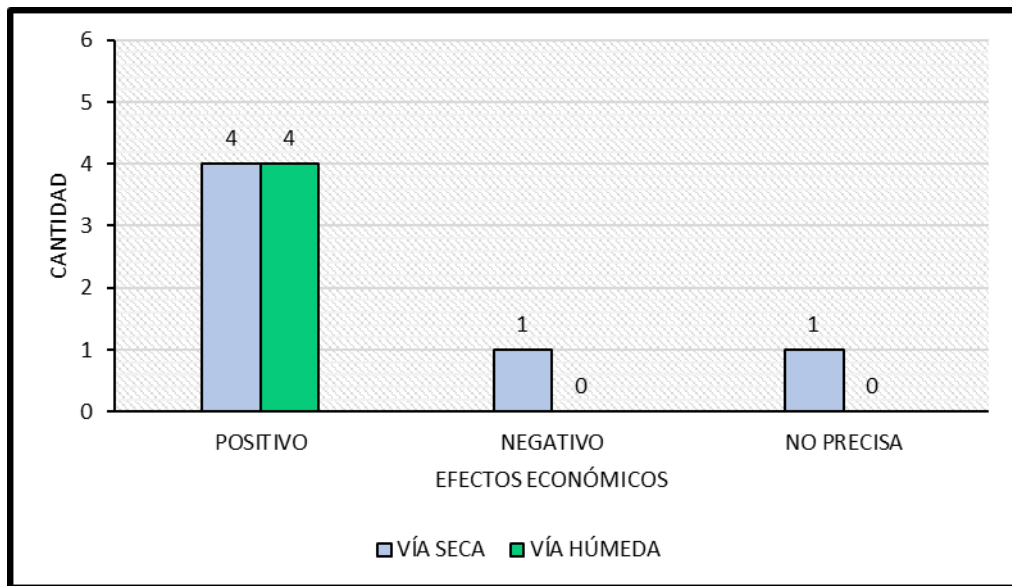


Figura 26: Barra comparativa del efecto económico causado en la carpeta asfáltica, según la vía de incorporación

De los gráficos observamos que, de las 10 investigaciones, 4 (40%) en vía seca y 4 (40%) vía húmeda consideran la incorporación de granos caucho un efecto económico positivo el uso en la carpeta asfáltica, sin embargo, 1 (10%) la considera como pérdida y otra 1(10%) no precisa (ambas en vía seca).

## **IV. Discusión**

#### **4.1 Las propiedades físicas de la carpeta asfáltica al incorporarle granos de caucho:**

De acuerdo con nuestros resultados obtenidos de las propiedades físicas estudiadas: en la gravedad específica disminuye según el 90% de investigaciones y 10% considera que incrementa; para el porcentaje de vacíos el 100% considera un incremento (para las dos vías de incorporación) y en la adherencia el 80% considera disminuye y solo el 20% no considera efecto alguno.

Díaz y Castro (2016) en su investigación: **Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá**. Los granos de caucho en la carpeta asfáltica generan cambios en sus propiedades físicas, principalmente el porcentaje de vacíos; mejoran su comportamiento mecánico al reducir sus deformaciones

En concordancia con Diaz y Castro, según nuestros resultados, la incorporación de granos de caucho en la carpeta asfáltica influye positivamente, en las propiedades físicas como gravedad específica, porcentaje de vacíos y adherencia en la mezcla asfáltica modificada.

#### **4.2 El comportamiento mecánico de la carpeta asfáltica al incorporarle granos de caucho:**

Al observar los resultados, encontramos que el comportamiento mecánico de la carpeta asfáltica es afectado beneficioso la incorporación de granos de caucho: respecto a la deformación para 70% existe un incremento, el 10% considera que hay una disminución y el 20% no encuentra efectos; para la resistencia a la compresión: un incremento para el 40%, una disminución para el 20% y el 40% considera que no varía; y en la susceptibilidad térmica de la mezcla asfáltica: 10% encontró un incremento, 60% una disminución y los otros 30% no encuentra cambio alguno.

Flores (2018) en su investigación: **Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda. Avenida Perú, Callao 2018**. Establece que el porcentaje óptimo que se debe incorporar, por vía húmeda, a la mezcla asfáltica es de 5% porque con ello se mantiene estable su deformación, incrementa la resistencia a la inmersión compresión (8%) y aumenta la resistencia al daño inducido por humedad (susceptibilidad

térmica) en un 7%; y con ello demostrando que el comportamiento mecánico mejora y con ello se obtiene una mayor durabilidad de la carpeta asfáltica.

En correspondencia con Flores, según los resultados que obtuvimos, la incorporación de granos de caucho en la carpeta asfáltica influye positivamente, en el comportamiento mecánico cuando se realiza la incorporación por vía húmeda, pues se encontró beneficios en las propiedades mecánicas.

#### **4.3 El efecto económico – ambiental en la carpeta asfáltica al incorporarle granos de caucho.**

Al observar los resultados, encontramos que existe un efecto positivo económico-ambiental en la carpeta asfáltica al incorporarle granos de caucho: respecto a aspecto ambiental, 100 % considera recomendable esta aplicación; en lo económico es similar porque el 100% encuentra ahorros económicos de mantenimiento.

Según Fajardo y Vergaray (2014), en su investigación: **Efecto de la incorporación por vía seca, del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas.** Concluye que los granos de caucho pueden utilizarse en las carpetas asfálticas como parte de agregado fino y de esta para mejorar el desempeño mecánico y a la vez el uso de este material reduce costos de mantenimiento y la contaminación ambiental, es decir, beneficios económico-ambiental.

En acuerdo con Fajardo y Vergaray, según los resultados que obtuvimos, la incorporación de granos de caucho en la carpeta asfáltica afecta positivamente, en los aspectos ambiental y económico, debido a que la reutilización de un material genera ahorros y es amigable con la naturaleza y a ello le sumamos la reducción de costos de mantenimiento a la carpeta asfáltica lo hace más interesante.



#### **4.4 Los efectos en la carpeta asfáltica al incorporarle caucho en granos:**

Según nuestros resultados, al incorporar de granos de caucho por ambas vías se encuentran efectos positivos: para las propiedades físicas se genera una mejora, para las mecánicas una resistencia a esfuerzo o efectos del clima y para el aspecto económico-ambiental encontramos el 100% de efectividad

Para Ramírez (2006) en su investigación: **Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco**. La incorporación de granos de caucho a la carpeta asfáltica, por ambas vías, es beneficiosa porque mejora el comportamiento mecánico de la misma, reduce costos de mantenimiento con su reutilización y reduce la contaminación ambiental generada por este residuo sólido.

Con todo lo anterior, encontramos que de acuerdo con nuestros resultados la carpeta asfáltica mejoró sus propiedades físicas, mecánicas y efectos económicos-ambientales.

## **V. Conclusiones**

- Las propiedades físicas de la carpeta asfáltica de la trocha carrozable Accopampa – Santa Ana mejorará con la incorporación de granos caucho siempre que se aplique por vía húmeda y a un porcentaje adecuado, en tal forma que no incremente el porcentaje de vacíos y la pérdida de adherencia.
- Para el comportamiento mecánico de la carpeta asfáltica de la trocha carrozable Accopampa – Santa Ana modificada con granos de caucho se determinó mejores beneficios cuando se aplica la vía húmeda, porque conserva la deformación, incrementa la resistencia a la compresión y disminuye la susceptibilidad térmica (mayor resistencia a climas de baja temperatura).
- En el aspecto económico – ambiental, para la carpeta asfáltica de la trocha carrozable Accopampa – Santa Ana al incorporarle granos de caucho por ambas vías de generan efectos positivos, debido a la reutilización del material y el ahorro en costos por mantenimientos de la carpeta asfáltica.
- En definitiva, aplicar los granos de caucho a la carpeta asfáltica de la trocha carrozable beneficiará en sus propiedades físicas (mezcla asfáltica), comportamiento mecánico (carpeta asfáltica) y en el económico – ambiental.

## **VI. Recomendaciones**

- En definitiva, aplicar los granos de caucho a la carpeta asfáltica de la trocha carrozable beneficiará en sus propiedades físicas (mezcla asfáltica), comportamiento mecánico (carpeta asfáltica) y en el económico – ambiental.
  
- Aplicar la vía húmeda de incorporación y encontrar el óptimo contenido de granos de caucho para mejorar de propiedades físicas de la carpeta asfáltica, en beneficio de la trocha carrozable Accopampa – Santa Ana.
  
- El uso de la vía húmeda para incorporar los granos de caucho e investigar el óptimo contenido de asfalto-caucho a fin de mejorar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura, en beneficio de la trocha carrozable Accompampa – Santa Ana
  
- Realizar una evaluación detallada del impacto ambiental y reducción de costos por manteniendo que genera incorporar granos de caucho en la carpeta asfáltica de la trocha carrozable Accopampa – Santa Ana.
  
- Investigar el óptimo contenido de granos de caucho, tanto para la vía húmeda y seca, que puedan mejorar el comportamiento mecánico de la carpeta asfáltica.

## Referencias

ABANTO, Flavio. Tecnología del concreto. Lima. 2.<sup>a</sup> ed.: San Marcos E.I.R.L, 2007. 467 pp. ISBN: 9786123020606

American Society of Testing Materials. Manual de carreteras: Standard Specification for Asphalt – Rubber Binde. Washington: 1997.

ALVAREZ Briceño, Luis y CARRERA Sánchez, Ever. Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica. Tesis (Ingeniero civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2017. 144 pp.

BUNGE, Mario. Investigación científica. Barcelona: Ariel 1981. 958 pp. ISBN: 9788434439122.

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, 2012. 38 pp.

Campaña O., Gales S., Guerreiro V. (2015). Revista Politécnica. Obtención De Asfalto Modificado Con Polvo De Caucho Proveniente Del Reciclaje De Neumáticos De Automotores, 36 (03), 1-6. Recuperado de [http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen36/tomo3/Obtencion\\_de\\_Asfalto\\_Modificado\\_con\\_Polvo\\_de\\_Caucho\\_Proveniente.pdf](http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen36/tomo3/Obtencion_de_Asfalto_Modificado_con_Polvo_de_Caucho_Proveniente.pdf)

CARRIZALES Apaza, José. Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles. Tesis (Ingeniero civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Escuela Profesional de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2015. 119 pp.

DELARZE, Paulina. Reciclaje de neumáticos y su aplicación en la construcción. Tesis (Ingeniero constructor). Valdivia: Universidad Austral de Chile, Escuela de Construcción Civil, 2008. 101 pp.

DIAZ Carlos, César y CASTRO Celis, Liliana. Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá. Tesis (Ingeniero civil). Bogotá: Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 80 pp.

El caucho de neumáticos fuera de uso en carreteras [en línea]. Barcelona: Web interempresas net. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2018]. Disponible en <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/109593-El-caucho-de-neumaticos-fuera-de-uso-en-carreteras.html>

ESTRADA Rivera, Juan. Estudio de propiedades físico-mecánicas y de durabilidad del hormigón con caucho. Tesis (Maestría en ingeniería civil). Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, 2016. 63 pp.

FAJARDO Cachay, Luis y VERGARAY Huamán, Douglas. Efecto de la incorporación por vía seca del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas. Tesis (Ingeniero civil). Lima: Universidad de San Martín de Porres, Escuela Profesional de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2014. 129 pp.

GARROTE Villar, Elisabet. Efecto de la temperatura en la tenacidad de diferentes mezclas bituminosas. Tesis (Ingeniero civil). Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, 2006. 65 pp.

Instituto de desarrollo urbano. Estudio de las mejoras mecánicas de mezclas asfálticas con desechos de llantas. Bogotá: Universidad de los Andes, 2002. 303 pp.

MEJÍA Loera, Daniel. Influencia del polvo de neumático en la tensión indirecta y energía de fractura de las mezclas asfálticas. Tesis (Maestro en Ingeniería). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería Civil – Geotecnia, 2015. 85 pp.

LOPEZ, Pedro Luis. POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. Punto Cero [online]. 2004, vol.09, n.08 [citado 2018-07-07], pp. 69-74. Disponible en:

<[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1815-0276

LOPÉZ, Elizabeth. Metodología de la investigación. Caracas: Universidad Nacional Abierta, 2011. 291 pp.

MENDOZA, J. La medición en el proceso de investigación científica: Evaluación de validez de contenido y confiabilidad [en línea]. 2009. [Fecha de consulta: 5 de Julio de 2018]. Disponible en [http://www.web.facpya.uanl.mx/rev\\_in/Revistas/6.1/A2.pdf](http://www.web.facpya.uanl.mx/rev_in/Revistas/6.1/A2.pdf). ISSN: 1665-9627

MENÉNDEZ, José. Ingeniería de Pavimentos: Materiales, diseño y construcción. 3.<sup>a</sup> ed. Lima: Instituto de Construcción y Gerencia, 2012. 344 pp.

MONJE, Arturo. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Huila: Universidad Surcolombiana, 2011. [fecha de consulta: 15 de junio del 2018]. Disponible en: <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>.

MEDICINA basada en la evidencia. Recursos internet (evidence-based medicine internet links) [en línea]. La Habana: Web Médica de Rafael Bravo. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2005]. Disponible en <http://www.infodoctor.org/rafabravo/mberecu.htm>

MINAYA, Silene y ORDÓÑEZ, Abel. Diseño moderno de pavimentos asfálticos. 2.a ed. Lima: Instituto de Construcción y Gerencia, 2006. 455 pp.

Ministerio de Ambiente de Ecuador. MTOP. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/pichincha-es-la-primera-provincia-del-ecuador-donde-se-coloco-mezcla-asfaltica-modificada-con-caucho-reciclado/>

Ministerio de transportes y comunicaciones. Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción. Lima: Diario “El Peruano”, 2013. 876 pp.



Ministerio de transportes y comunicaciones. Manual de ensayo de materiales. Lima: Diario “El Peruano”, 2016. 1264 pp.

MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos: Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías. Bogotá. 3.<sup>a</sup> ed.: Universidad Católica de Colombia, 2006. 467 pp. ISBN: 9589784003

PEREDA Rodríguez, Danfer y CUBAS Parimango, Nahum. Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnica – económico con los asfaltos convencionales. Tesis (Ingeniero civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2015. 106 pp.

PROBABILIDAD y estadística para ingeniería y ciencias por Walpole Ronald [et al.]. Estado de México: Editorial Mexicana, 2012. 816 pp. ISBN: 9786073214179

Reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD) y de residuos de procesos (RP) PROCQMA por CUATTROCCHIO, Adrián. [et al.]. Buenos Aires: Universidad Tecnológica, 2006. [300] pp. ISBN: 9504200567

REVISTA Politécnica [en línea]. Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2015 [fecha de consulta: 27 de abril de 2018]. Disponible en [https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen36/tomo3/VOL.36\\_TOMO3.pdf](https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen36/tomo3/VOL.36_TOMO3.pdf). ISSN: 1390-0129

RONDÓN, Hugo y REYES, Fredy. PAVIMENTOS: Materiales, construcción y diseño. Lima: Macro EIRL, 2015. 605 pp. ISBN: 9786123042639

TRUJILLO, Valladolid, Maribel. Evaluación de la energía de fractura en mezclas asfálticas con caucho. Tesis (Maestro en Ingeniería). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería Civil – Geotecnia, 2015. 100 pp.

Uso de polvo de caucho en pavimentos asfálticos. Boletín Técnico PITRA – Lannamme

UCR[en línea]. San José: Web Lanamme. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2018]. Disponible en [http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/boletines/Boletin\\_PITRA\\_4\\_-\\_2016.pdf](http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/boletines/Boletin_PITRA_4_-_2016.pdf)

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación: Cuantitativa, cualitativa y mixta. 2.<sup>a</sup> ed. Lima: San Marcos E. I. R. L, 2002. 495 pp. ISBN: 9786123028787

Vargas Cordero, Zoila Rosa, LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. Revista Educación [en línea] 2009, 33 (Sin mes) : [Fecha de consulta: 10 de julio de 2018] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>> ISSN 0379-7082

VEGA Zurita, Danilo. Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico. Tesis (Ingeniero civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2016. 99 pp.

## **Anexos**

Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: Efectos de la incorporación de caucho en granos en la carpeta asfáltica de la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.							
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores		Metodología		
<b>Problema General:</b> ¿Cuáles son los efectos en la carpeta asfáltica al incorporarle caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018?	<b>Objetivo general:</b> Describir los efectos en la carpeta asfáltica al incorporarle caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.	<b>Hipótesis general:</b> La incorporación de caucho en granos en la carpeta asfáltica beneficiará a la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.	<b>Variable 1: Incorporación de caucho en granos</b>		Método: Científico  Tipo: Aplicado  Nivel: Descriptivo  Diseño: No experimental		
			Dimensiones	Indicadores		Vía húmeda	Granulometría
							Temperatura de producción
<b>Problemas Específicos:</b> 1. ¿Cómo afectará a las propiedades físicas de la carpeta asfáltica al incorporar de caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018?	<b>Objetivos Específicos:</b> 1. Especificar las propiedades físicas en la carpeta asfáltica con la incorporación de caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.	<b>Hipótesis Específicas:</b> 1. Las propiedades físicas de la carpeta asfáltica mejora al incorporar caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.	<b>Variable 2: Efectos en la carpeta asfáltica</b>		Enfoque: Cuantitativo  Población: Todas las trochas carrozables pertenecientes a la provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho		
			Dimensiones	Indicadores		Vía seca	Granulometría
							Temperatura de producción
2. ¿Qué comportamiento mecánico adoptará la carpeta asfáltica al incorporarle caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018?	2. Detallar el comportamiento mecánico en la carpeta asfáltica con la incorporación de caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.	2. El comportamiento mecánico de la carpeta asfáltica mejora al incorporar caucho en granos, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.	Dimensiones	Indicadores	Muestra: Trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, provincia de Lucanas, Departamento de Ayacucho.		
			Propiedades físicas	Gravedad específica		adherencia	
				Porcentaje de vacíos			
3. ¿Cuál será el efecto económico - ambiental que producirá incorporar caucho en granos en la carpeta asfáltica, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018?	3. Mencionar el efecto económico - ambiental que producirá la incorporación de caucho en granos a la carpeta asfáltica, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.	3. El efecto económico - ambiental es beneficioso al incorporar caucho en granos a la carpeta asfáltica, en la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.	Comportamiento mecánico	Deformación	Muestreo: No probabilístico, tipo intencional  Técnica: Recolección de datos mediante la observación		
			Efecto económico - ambiental	Compresión			
				Suceptibilidad térmica			
				Costos			
				Ambiental			

Anexo 2: Matriz de operacional

Título: Efectos de la incorporación de caucho en granos en la carpeta asfáltica de la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.						
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	Escala
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	Las mezclas asfálticas convencionales pueden ser modificadas a través de dos vías: la vía húmeda y vía seca; las dos vías tienen la finalidad de modificar las características de la mezcla asfáltica para perfeccionar el desempeño de esta, en tal sentido, las mezclas bituminosas modificadas son las llamadas soluciones necesitadas a aplicar ante las limitaciones de las convencionales (Rondón y Reyes, 2015, p. 69).	La incorporación del caucho a la mezcla asfáltica se serán en base a la características de los granos de caucho, temperatura de producción y vía de incorporación .	Vía húmeda	Granulometría	Ficha recolectora de datos	Intervalo
INCORPORACIÓN DE CAUCHO EN GRANOS				Temperatura de producción	Ficha recolectora de datos	
			Vía seca	Granulometría	Ficha recolectora de datos	
Temperatura de producción						
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	La carpeta asfáltica sin modificación presenta ciertas limitaciones en resistencia de deformación y fisuras que a largo de servicio se puede resumir en la durabilidad; y esto se presenta en dos factores principalmente como el tráfico y el clima extremos; sin embargo, con ayuda de la incorporación de otros materiales dentro de la mezcla convencional mejoran el desempeño de esta (Montejo, 2006, p. 301).	Los efectos en la carpeta asfáltica con la incorporación de caucho se evaluará en base a sus propiedades físicas, comportamiento mecánico y el efecto económico-ambiental	Propiedades físicas	Gravedad específica	Ficha recolectora de datos	Intervalo
EFECTOS EN LA CARPETA ASFÁLTICA				Porcentaje de vacíos		
				Adherencia		
			Comportamiento mecánico	Deformación	Ficha recolectora de datos	
Compresión						
Susceptibilidad térmica						
Efecto económico - ambiental	Costos	Ficha recolectora de datos				
	Ambiental					

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**Título de investigación:** Efectos de la incorporación de caucho en granos en la carpeta asfáltica de la trocha carrozable Accopampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.

**Autor:** Flores Perez Jhon Richard.

### I- Datos generales de la investigación:

**Nombre de la investigación:**

**Autor(es):**

**Lugar de aplicación:**

### II- Datos específicos de la investigación:

V.I: Incorporación de granos de caucho	Dimensión: Vía húmeda y vía seca	Indicador: Granulometría
--	----------------------------------	--------------------------

1. Para la obtención de granos de caucho ¿Qué tipo de trituración empleó?

- 0 Trituración mecánica ( )
- 1 Trituración criogénica ( )
- 2 Otros ( )

2. ¿Qué rangos de tamices utilizó para granulometría de los granos de caucho obtenidos?

- 0 N°8 al N°20 ( )
- 1 N°50 al N°200 ( )
- 2 N°8 al N°200 ( )

V.I: Incorporación de granos de caucho	Dimensión: Vía húmeda y vía seca	Indicador: Temperatura de producción
--	----------------------------------	--------------------------------------

3. ¿Qué rango de temperatura utilizó para la producción de mezcla asfáltica modificada con granos de caucho?

- 0 Menores a 160 °C ( )
- 1 160 °C – 200 °C ( )
- 2 Mayores a 200 °C ( )

4. ¿Qué rango de temperatura utilizó para la compactación de la carpeta asfáltica modificada con granos de caucho?

- 0 Menores a 160 °C ( )
- 1 160 °C – 200 °C ( )
- 2 Mayores a 200 °C ( )

5. ¿Qué vía de incorporación aplicó para la incorporación de granos de caucho a la mezcla asfáltica?

- 0 Vía húmeda ( )
- 1 Vía seca ( )
- 2 Ambas ( )

V.D: Efectos en la carpeta asfáltica	Dimensión: Propiedades físicas	Indicador: Gravedad específica
--------------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

6. Al modificar la carpeta asfáltica con granos de caucho, ¿qué efecto tuvo en la gravedad específica?

- 0 Incremento ( )
- 1 Disminución ( )
- 2 Ninguno ( )

7. ¿Qué efecto se presentó en el porcentaje de vacíos de la carpeta asfáltica modificada con los granos de caucho?

- 0 Incremento ( )
- 1 Disminución ( )
- 2 Ninguno ( )

8. ¿Qué efecto se presentó en la adherencia entre los agregados y el bitumen de la carpeta asfáltica modificada con los granos de caucho?

- 0 Incremento ( )
- 1 Disminución ( )
- 2 Ninguno ( )

V.D: Efectos en la carpeta asfáltica	Dimensión: Comportamiento mecánico	Indicador: Gravedad específica
--------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------

9. El investigador, ¿qué tipo propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica evaluó?

- 0 Deformación ( )
- 1 Compresión ( )
- 2 Susceptibilidad térmica ( )

10. ¿Qué efecto en la deformación de la carpeta asfáltica modificada se obtuvo?

- 0 Incremento ( )
- 1 Disminución ( )
- 2 Ninguno ( )

11. ¿Qué efecto causó en la resistencia a la compresión de la carpeta asfáltica modificada se obtuvo?

- 0 Incremento ( )
- 1 Disminución ( )
- 2 Ninguno ( )

12. ¿Qué efecto produjo en la susceptibilidad térmica de la carpeta asfáltica modificada?

- 0 Incremento ( )
- 1 Disminución ( )
- 2 Ninguno ( )

V.D: Efectos en la carpeta asfáltica	Dimensión: Efecto económico - ambiental	Indicador: Ambiental
--------------------------------------	---	----------------------

13. Para el investigador, ¿la reutilización de los granos de caucho en la carpeta asfáltica es considerada un efecto ambiental de tipo?

- 0 Positivo ( )
- 1 Negativo ( )
- 2 No precisa ( )

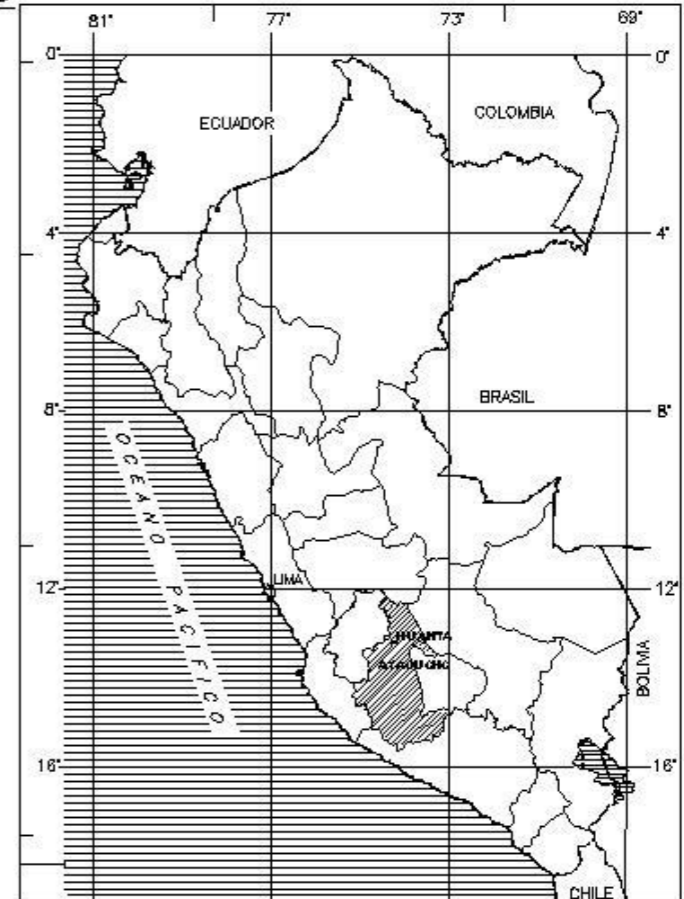
V.D: Efectos en la carpeta asfáltica	Dimensión: Efecto económico - ambiental	Indicador: Costo
--------------------------------------	---	------------------

14. ¿Existe un efecto en los costos en la carpeta asfáltica, a largo plazo, con la reutilización de granos de caucho la reutilización de los granos?

- 0 Positivo ( )
- 1 Negativo ( )
- 2 No precisa ( )



## **Anexo 8: Plano de ubicación**



 <b>MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LUCANAS PUCQUIO</b> 			
Dr. Wilber Velarde Rojas 2015 - 2018			
<b>PROYECTO:</b> MODIFICACION DE LA LÍNEA DE CANTONAMIENTO DEL C.C. SANTA ANA EN EL DISTRITO DE PUCQUIO, INSITU EN LOS ANOS DE SANTA ANA EN EL DISTRITO DE SANTA ANA, PUCQUIO, DE PUCQUIO EN PUCQUIO POR VÍA DE ACCESO ATRAVÉS DE...			
<b>PLANO:</b> UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN			
UBICACIÓN: DPTO: Ayacucho PROV: Lucanas DNE: Pucqui San Pedro	ESCALA: 1:10000 EBY	FECHA: FEBRERO Febrero del 2018	No. PLANO REFORMADOR: <b>UL-01</b>

## **Anexo 8: Otros**





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

FLORES PEÑEZ, JOHN RICHARD.....

INFORME TITULADO:

EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO EN GRANOS EN LA  
CARPETA ASFÁLTICA DE LA TRONCA CARRETERA ACCOPAMPA-SANTA  
ANA, IUCOMAS, AYACUCHO, 2018.....

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO EN FECHA:

25/02/2019

NOTA O MENCIÓN:

16 (DIEZ Y SEIS)



Firma del Coordinador de Investigación de  
Ingeniería Civil

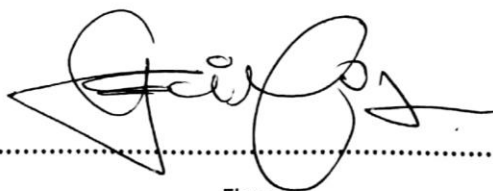
Yo, Mg. Ing. Cecilia Arriola Moscoso, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad César Vallejo, Lima Norte, revisora del Trabajo de Investigación titulada

"EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO EN GRANOS EN LA CARPETA ÁSFÁLTICA DE LA TROCHA CARROZABLE ACCOPAMPA – SANTA ANA, LUCANAS, AYACUCHO, 2018.";

Del estudiante Jhon Richard, Flores Perez, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 22 de febrero del 2019



Firma

Mg. Ing. Cecilia Arriola Moscoso

DNI: ..43251299

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV**

Yo Jhon Richard, Flores Perez, identificado con DNI N° 45654352,

egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo ( X ), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO EN GRANOS EN LA CARPETA ASFÁLTICA DE LA TROCHA CARROZABLE ACCOPAMPA – SANTA ANA, LUCANAS, AYACUCHO, 2018."; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

  
FIRMA

DNI: 45654352

FECHA: 22 de febrero del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Efectos de la incorporación de caucho en granos en la carpeta asfáltica de la trefca cruzable Acropampa - Santa Ana, Lucanas, Ayacucho, 2018.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO BACHILLER DE INGENIERO CIVIL.**

**AUTOR**  
Flores Pérez, Jhon Richard

**DOCENTE**  
MSc. Cecilia Ambals Muecoso

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**  
Diseño de Infraestructura vial

Lima Perú  
2018

**Resumen de coincidencias**

**19**  
**19%**

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias		
1	Entregado a Universidad...	7%
2	repositorio.uct.edu.pe	3%
3	www.repositorio.uct.edu.pe	1%
4	Entregado a Universidad...	1%
5	www.limas.uct.edu.pe	1%
6	Entregado a Universidad...	1%
7	Entregado a CUNACYT	1%
8	Entregado a Universidad...	<1%
9	repositorio.uct.edu.pe	<1%
10	repositorio.uct.edu.pe	<1%

