

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**Estudio comparativo del comportamiento mecánico entre un asfalto  
modificado con polímero SBS y un asfalto convencional PEN 60/70 en el  
distrito de Chiclayo, Lambayeque**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**Adriana Cecilia Rojas Samame**

**ASESOR**

**Hector Augusto Gamarra Uceda**

<https://orcid.org/0000-0002-3653-1394>

**Chiclayo, 2022**

---

INFORME DE ORIGINALIDAD

---

29%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

17%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

FUENTES PRIMARIAS

---

1

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

4%

2

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Católica Santo  
Toribio de Mogrovejo

Trabajo del estudiante

1%

7

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

9

es.slideshare.net

Fuente de Internet

## Índice

Resumen.....	4
Abstract .....	5
Referencias bibliográficas .....	24
Anexos .....	28

## RESUMEN

Los pavimentos flexibles y su envejecimiento desde hace años atrás son uno de los problemas que impactan en la calidad y tiempo de vida útil de la carpeta de rodadura.

Las mezclas asfálticas comunes usadas para la construcción de pavimentos presentan características y propiedades que actualmente ya no son competentes para abastecer las necesidades que requieren las vías.

En el Distrito de Chiclayo los pavimentos flexibles no alcanzan a cumplir su vida útil estipulada en el diseño, en consecuencia, el país tiene un déficit en la calidad de sus obras de infraestructura vial, por lo expuesto la presente investigación busca comparar el comportamiento mecánico de una mezcla modificada con polímero SBS con una mezcla convencional PEN 60/70 y , que, en función de los resultados del trabajo, se pueda incluir como nuevas especificaciones el uso de polímeros para mejorar las propiedades de un asfalto convencional.

Para esto, con la revisión de fuentes bibliográficas se podrán estudiar las propiedades mecánicas de una mezcla convencional PEN 60/70 y de las mezclas asfálticas modificadas con polímero SBS a fin de conseguir el porcentaje óptimo que mejore las propiedades de la mezcla asfáltica convencional.

**Palabras clave:** Asfalto modificado, Polímeros SBS, Mezclas asfálticas.

## ABSTRACT

Flexible pavements and their aging since years ago are one of the problems that impact on the quality and lifespan of the road cover. The common asphalt mixtures used for the construction of pavements have characteristics and properties that are no longer competent to meet the needs of the roads.

In the Chiclayo District, the flexible pavements are not able to comply with their service life stipulated in the design, as a result, the country has a deficit in the quality of its road infrastructure works, therefore the present investigation seeks to compare the mechanical behaviour of a modified mixture with SBS polymer with a conventional mixture PEN 60/70 and , which, depending on the results of the work, the use of polymers to improve the properties of conventional asphalt can be included as new specifications.

For this, the review of bibliographic sources will be able to study the mechanical properties of a conventional PEN 60/70 mixture and asphalt mixtures modified with SBS polymer in order to achieve the optimum percentage that improves the properties of the asphalt mixture conventional.

**Keywords:** Modified asphalt, SBS polymers, Asphalt mixtures.

## I. PLAN DE INVESTIGACIÓN

### 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

#### 1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Los pavimentos flexibles y su envejecimiento desde hace años atrás son uno de los problemas que impactan en la calidad y tiempo de vida útil de la carpeta de rodadura.

Según [1] las causas del envejecimiento están relacionadas por una parte con las características que presenta la mezcla asfáltica, y por la otra con agentes externos como temperatura, humedad y radiación.

En tal sentido, en la investigación [2] indica que la alteración de la temperatura ocasiona que el volumen de las capas internas del asfalto cambie, además de los esfuerzos cíclicos de compresión y tracción, ocasionan fallas por fatiga, también la radiación intensa del sol evapora las secciones plásticas del asfalto, produciendo oxidación y daño de las capas de rodadura.

Cuando las mezclas bituminosas se envejecen se acorta la vida de servicio de los pavimentos, por ello se disminuyen el confort y seguridad, además de elevarse los gastos que conlleva realizar tareas de mantenimiento y rehabilitación.

Las mezclas asfálticas comunes usadas para la construcción de pavimentos presentan características y propiedades que actualmente ya no son competentes para abastecer las necesidades que requieren las vías.

En el Perú los pavimentos flexibles no alcanzan a cumplir su vida útil estipulada en el diseño, en consecuencia, el país tiene un déficit en la calidad de sus obras de infraestructura vial.

De acuerdo con el Foro Económico Mundial del 2017 (Ver Anexo 1) en Perú la calidad de la infraestructura es menos con respecto a otros países, en el 2019 de acuerdo con el reporte competitivo del Foro Económico Mundial (Ver Anexo 2), Perú tiene 36.4 en calidad de infraestructura, siendo 100 el máximo valor.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su Plan Operativo Institucional 2020 consistente con el Presupuesto Institucional de Apertura (PIA) (Ver Anexo 3) se detalla que para Rehabilitación, Mejoramiento y Construcción de Carreteras se designa S/. 2,113,615.278, así como para mantenimiento vial rutinario

de Carreteras Pavimentadas S/. 19,336,017 y para el caso de mantenimientos Periódicos de Carreteras Pavimentadas S/.118,544,594.

Esto demuestra que el Perú asigna elevadas sumas de dinero a la Gestión de Infraestructura vial de obras públicas para el mantenimiento, rehabilitación o mejoramiento de carreteras, esto para prolongar la vida de servicio de pavimentos por el envejecimiento de su carpeta de rodadura.

El Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) presupuesta S/. 30,000,000 para inversión de infraestructura en la ciudad de Chiclayo, Lambayeque.

Según el informe N°005-2014 sobre “Resultados de la supervisión de puntos críticos de accidentes de tránsito en la ciudad de Chiclayo” realizado por la defensoría del pueblo, entre los años 1994 y el 2013 se contabilizaron 23,750 accidentes de tránsito, donde 26,540 resultaron heridos y 2,203 fallecidos.

Estos resultados son muestra de la falta de inversiones en rehabilitación, mantenimiento y construcción de la infraestructura vial de Chiclayo, y de cómo el envejecimiento de las capas de rodadura es el factor principal en el deterioro de los pavimentos.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera influye la adición de polímeros SBS en el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas convencionales PEN 60/70 en el distrito de Chiclayo, Lambayeque?

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

### **Justificación Social**

La adición de polímeros en las mezclas asfálticas contribuye a la mejora del comportamiento de los asfaltos, alargando la vida de servicio de los pavimentos, aportando confort y seguridad a todos los usuarios (conductores y peatones) de las vías.

### **Justificación Científica**

La presente investigación busca aportar conocimiento sobre la adición de polímero SBS en el diseño de mezclas asfálticas, que, en función de los resultados del trabajo investigativo, se pueda incluir como nuevas especificaciones el uso de polímeros para mejorar las propiedades de un asfalto convencional.

### **Justificación Económica**

Al mejorar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas, se tendría un mejor comportamiento al efecto del envejecimiento de la carpeta de rodadura, así se disminuirían los gastos destinados a mantenimiento, rehabilitación y mejoramiento de carreteras pavimentadas, y se podría optimizar el manejo del presupuesto a otras obras de inversión pública.

### **Justificación Técnica**

El estudio del comportamiento mecánico en asfaltos modificados con polímero SBS.

## **II. MARCO TEORICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

#### **ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

#### **TESIS DE PREGRADO: COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), QUITO, ECUADOR 2013**

Maila [3] comenta en su investigación que en Quito, Ecuador la mayoría de las vías principales con el paso del tiempo se han deteriorado y esto puede ser causado porque al momento de su construcción utilizan mezclas asfálticas comunes, y la carencia de estudios sobre asfaltos impide que se puedan considerar técnicas correctas que contribuyan a la mejora de las mezclas asfálticas, además con el aumento de la población, la demanda de tráfico incrementa y las reservas de petróleo en la ciudad se reducen, así como la producción de sus derivados como el asfalto, por ello plantea modificar el diseño de una mezcla de asfalto con la adición del polímero EVA, a fin de reducir los daños viales y deterioro de los pavimentos, así obtiene que la adición de 3% de polímero EVA en conjunto con 60% de agregado grueso, 40% de agregado fino y 3.6% de asfalto constituyen la dosificación correcta para mejorar las propiedades físico-mecánicas en comparación con una mezcla convencional.

#### **ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN: MODIFICACIÓN DE ASFALTO CON ELASTÓMEROS PARA SU USO EN PAVIMENTOS, MEXICO, 2015**

En la investigación de [4] los asfaltos modificados con polímeros surgen por la necesidad de crear una mezcla con mejor resistencia en carreteras, al adicionar polímeros adecuados las propiedades fisicoquímicas del asfalto convencional generan un comportamiento vico-elástico que mejora el comportamiento de los pavimentos, aumentando la resistencia a la ruptura, reducen fallos por fatiga. El polímero con el que se contienen mejores respuestas es el SBS pese a su alto costo, su uso en las mezclas asfálticas trae beneficios importantes como la resistencia al ahuellamiento, fractura, así como también mejor permeabilidad y susceptibilidad térmica.

**ARTICULO DE INVESTIGACIÓN: EVALUATION OF THE PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF SBS AND EVA POLYMER MODIFIED BITUMEN, 2008.**

La investigación de [5] consiste en el estudio de un betún modificado con copolímeros de estireno-butadieno-estireno (SBS) y etileno acetato de vinilo (EVA). Se ha planteado la evaluación de una muestra de betún convencional de grados de penetración (50/70) y muestras modificadas con adición de polímeros EVA y SBS en diferentes proporciones, se obtuvo como resultado que en los betunes modificados las propiedades dependen del contenido y tipo de polímero utilizado, si se añaden bajas proporciones de polímeros, las muestras contienen partículas de este polímero dispersas y de betún continuo, en cambio si se añaden altas proporciones de polímero, la muestra contiene partículas continuas. La adición de polímero mejora las propiedades de penetración, punto de ablandamiento, susceptibilidad a la temperatura en comparación con las de una mezcla convencional.

**ARTICULO DE INVESTIGACIÓN: INFLUENCE OF THERMO-OXIDATIVE AGING ON CHEMICAL COMPOSITION AND PHYSICAL PROPERTIES OF POLYMER MODIFIED BITUMENS, 2012**

La investigación de [6] muestra los resultados del cambio en las propiedades a causa del envejecimiento termo oxidativo en mezclas modificadas por copolímero de estireno-butadieno-estireno (SBS) y acetato de vinilo de etileno (EVA) añadidos en diferentes porcentajes. Estas muestras han sido caracterizadas utilizando el análisis SARA.

Los resultados manifiestan que la adición de polímero mejora las propiedades del betún convencional, reduciendo la penetrabilidad y susceptibilidad a la temperatura y amunetando el punto de ablandamiento. El desempeño del polímero en el betún depende del tipo y cantidad de polímero utilizado, de las muestras analizadas las hechas con SBS muestran mejores propiedades en comparación a las modificadas con EVA. De los resultados de la investigación, la dosificación correcta para el polímero SBS es en 3% del peso de asfalto, para lograr una fase polimérica dispersa homogéneamente.

#### **ANTECEDENTES NACIONALES**

##### **TESIS DE PREGRADO: INFLUENCIA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMEROS EN ZONAS CÁLIDAS DE PERÚ, LIMA 2020**

[7] comenta que en el Perú, la vida útil de los pavimentos no cumple con la estimada en el diseño de mezcla, este país tiene gran variedad de climas y a consecuencia de esto no se puede predecir que una mezcla asfáltica convencional sea eficiente frente a los climas del país, por eso en su investigación propone evaluar la influencia de la adición de polímeros SBS, SBR, y EVA en mezclas asfálticas para zonas cálidas, en sus resultados obtiene que la dosificación en la que el polímero SBS tiene mejor rendimiento es en 2%, 3%, 3.5%, 4% y 4.95% , en cambio para del polímero SBR está dosificación es en 1% y 3.5% , en cuanto al polímero EVA se descarta por la fragilidad y rigidez.

#### **ANTECEDENTES LOCALES**

##### **TESIS DE PREGRADO: ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÉTODO CONVENCIONAL Y USO DE LOS POLÍMEROS EVA Y SBS EN LA APLICACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, PIMENTEL, LAMBAYEQUE, 2016**

En la investigación realizada por [8] la problemática se encuentra en que los daños en los pavimentos tienen incidencia en el comportamiento de sus mezclas asfálticas, en el departamento de Lambayeque la mayor cantidad de pavimentos se encuentran fallados, principalmente afectado por grietas, es el caso de la calle América en el distrito de Jose Leonardo Ortiz, actualmente tiene un estado de deterioro por las aguas hervidas que provienen de buzones, además de la demanda de tráfico

creciente, por lo expuesto se plantea adicionar polímeros SBS y EVA a las mezclas asfálticas para analizar su comportamiento mecánico, obteniendo como resultados que para tránsito liviano, añadiendo 4% de Polímero EVA en la dosificación de la mezcla asfáltica, se incrementa la estabilidad en 150.54% además de presentar mejoras en sus propiedades de resistencia y durabilidad, así como agregando 5% de Polímero SBS en la dosificación de la mezcla asfáltica, se incrementa la estabilidad en 138.83%. Y Para tránsito pesado, añadiendo 3% de Polímero EVA en la dosificación de la mezcla asfáltica, se incrementa la estabilidad en 17.54% además de presentar mejoras en sus propiedades de resistencia y durabilidad, así como agregando 4% de Polímero SBS en la dosificación de la mezcla asfáltica, se incrementa la estabilidad en 53.20%

## 2.2. BASES TEÓRICO-CIENTIFICAS

### 2.2.1. Pavimentos

Según el Manual de Carreteras [9] el pavimento es una estructura compuesta por capas apoyadas sobre la subrasante del camino que tiene la finalidad de soportar y repartir los esfuerzos que se han originado por los vehículos para aumentar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito.

#### 2.2.2.1. Tipos de pavimentos

Según el Manual de Carreteras [9] los pavimentos se clasifican en:

##### 2.2.2.1.1. Pavimentos Flexibles

Estructura formada por capas granulares (subbase, base) y por una capa de rodadura compuesta por materiales bituminosos, agregados y dependiendo, aditivos. [10]

En principio se puede considerar que este tipo de pavimentos está formado por capas granulares y una superficie de rodadura, que pueden ser:

- Mezclas asfálticas en frío: mezcla formada por agregados pétreos combinados con asfaltos rebajados<sup>1</sup> o aglomerantes bituminosos que serán combinados con la ayuda de procedimientos que no necesiten un calentamiento previo.
- Mezclas asfálticas en caliente: mezcla formada por agregados pétreos combinados con asfaltos rebajados o aglomerantes bituminosos que serán combinados mediante procedimientos sometidos al calor.

##### 2.2.2.1.2. Pavimentos Semirrígidos

Estructura formada por una carpeta asfáltica con un espesor total bituminoso, sobre

---

<sup>1</sup> Materiales asfálticos líquidos compuestos por cemento asfáltico y un solvente

una base tratada con cemento o cal, en esta clasificación se incluyen a los pavimentos adoquinados. [10]

### 2.2.2.1.3. Pavimentos Rígidos

Estructura formada por una losa de concreto de cemento hidráulico, que ayuda a resistir las tensiones por su alta resistencia a la flexión, apoyada sobre una capa denominada subbase que puede estar conformada por materiales granulares o puede estabilizarse con cemento, asfalto o cal. [11]

### 2.2.2.2. Pavimento de concreto asfáltico en caliente (norma peruana)

#### 2.2.2.2.1. Cemento asfáltico

Según Ministerio de Transportes y Comunicaciones

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

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013, p.471)

#### 2.2.2.2.2. Cemento asfáltico PEN 60/70

Tipo		PEN			
Grado	Ensayo	40 – 50		60 – 70	
		min	más	min	más
<b>Pruebas sobre el material bi</b>					
Penetración a 25°C, 100g, 5s, 0,1mm	MTC E 304	40	50	60	70
Punto de inflamación, °C	MTC E 312	232		232	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100	
Solubilidad en Trifloro – Etileno, %	MTC E 302	99,0		99,0	
Índice de penetración (susceptibilidad térmica) <sup>(1)</sup>	MTC E 304	-1	+1	-1	+1
Ensayos de la mancha (Ilienses) <sup>(2)</sup>					
Solvente Nafta – Estándar	AASHTO M 20	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno		Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno		Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
<b>Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2mm, 5h</b>					
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm <sup>(1)</sup>	MTC E 306			50	

Tabla 1. Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración : Especificaciones Técnicas RD-03-2013-MTC-13.

### **2.2.2.3. Asfalto**

El Instituto del Asfalto lo define como mineral de color negro, cementante, cambiante en consistencia entre sólido y semisólido, a temperaturas normales del ambiente. Al estar sometido a altas temperaturas este pasa a un estado líquido que ayuda a cubrir los agregados en el proceso de producción de mezcla en caliente.

En Pavimentación el asfalto utilizado se conoce como cemento asfáltico, tiene la consistencia viscosa y pegajosa la cual ayuda en la adherencia con los agregados.

El cemento asfáltico es un material de alta impermeabilización y de baja degradación a bases y sales, por eso, un pavimento construido con cemento asfáltico es impermeable y resiste a daños químicos.

El asfalto se ve afectado cuando es calentado y/o envejecido, ya que es propenso a ser frágil y duro, además pierde sus propiedades de adherencia.

#### **2.2.2.3.1. Propiedades del asfalto**

##### **Propiedades Químicas**

Según el Instituto del Asfalto [12] El asfalto es una composición de hidrocarburos y en menor proporción tazas de oxígeno, nitrógeno y azufre.

En la medida en la que es disuelto, este puede separar en asfáltenos y maltenos, los primeros son sólidos negros o pardo oscuro, estos proporcionan al asfalto la dureza y color; en cambio los maltenos están compuestos por aceites (medio de transporte de las resinas y los maltenos) y las resinas (brindan pegajosidad al asfalto).

La cantidad de ambos varía dependiendo de la exposición a la luz y al oxígeno, además del tipo de agregado y espesor del asfalto.

Con las reacciones las resinas se vuelven asfaltenos y los aceites resinas, esto justifica el aumento de la viscosidad con el envejecimiento.

#### **2.2.2.3.2. Propiedades Físicas**

- Durabilidad.

De acuerdo con el Instituto del Asfalto [12] cuanto puede mantener sus características iniciales cuando es sometido a efectos de envejecimiento y degradación, la durabilidad se puede estimar mediante el comportamiento del pavimento y este depende del diseño de la mezcla, la mano de obra en la construcción.

- Adhesión y Cohesión

De acuerdo con el Instituto del Asfalto [12] se puede definir como la capacidad de adherencia del agregado en la mezcla, es conservar de manera firme en el pavimento terminado las partículas de agregado.

- Susceptibilidad a la Temperatura.

De acuerdo con el Instituto del Asfalto [12] los asfaltos son termoplásticos, esto es porque con la disminución de la temperatura se vuelven duros y con el aumento de esta más blandos, a esto se le llama susceptibilidad a la temperatura, es una propiedad muy valiosa que varía por el origen del petróleo.

Es de importancia conocer que el asfalto debe ser fluido a altas temperaturas para poder cubrir todos los agregados y viscoso a temperaturas ambientales para poder mantener en unión a los agregados.

- Susceptibilidad al Endurecimiento y Envejecimiento

Los asfaltos se endurecen durante el tiempo de construcción y en el pavimento terminado, generalmente por el proceso químico de oxidación (interacción del asfalto con el oxígeno) los pavimentos se endurecen, esto ocurre comúnmente en temperaturas altas (durante la construcción) por eso el proceso de oxidación es más severo en la etapa de mezclado.

#### **2.2.2.4. Polímeros**

Los polímeros surgen de la formación de una gran cantidad de monómeros y que para uso vial se clasifican según el libro de Alfonso Montejo () de la siguiente manera:

### 2.2.2.4.1. Tipos de polímeros

#### Termoendurecibles

Surgen de la interacción entre dos componentes (base y endurecedor).

- Resinas Epoxi: usadas en zonas especiales y en grandes porcentajes (>20%), de costo elevado.
- Poliuretanos: usados en temperaturas bajas y en delgadas capas, costo elevado.
- Poliésteres: menos usados

#### Termoplásticos

Polímeros de característica soluble que se hacen blandos hasta el punto de fluir en presencia de calor.

#### Plastómeros

Tienen deformaciones plásticas

- Polietileno (PE): resistencia a la tracción y térmica, adecuado comportamiento a temperaturas bajas.
- Polipropileno (PP): debe ser mezclado con elastómeros para ser más flexible.
- E.V.A (etileno-acetato de vinilo): en proporciones de 33 al 40% tiene buena compatibilidad si es mezclado con el asfalto a 160 °C.
- P.V.C (policloruro de vinilo): en proporciones de 2 al 6% tiene buena compatibilidad si es mezclado con el asfalto a 130 °C, así se obtiene un ligante más viscoso.

#### Elastómeros

Polímeros lineales que mediante los procesos de vulcanización le confieren propiedades elásticas a la mezcla.

- S.B.R (esitreno – butadieno): se compone de caucho sintético en 25% de estireno y butadieno al 75%.

- Cuchos Naturales: Isopreno, utilizado en la elaboración de caucho sintético.
- Cuchos Artificiales: Neopreno, resistente a agentes externos atmosféricos, utilizado en carreteras para el apoyo de vigas y estructuras.
- S.B.S (estireno-butadieno-estireno): formados por estireno y butadieno, ambos incompatibles entre sí.

#### 2.2.2.4.1.1. Polímero SBS (estireno-butadieno-estireno)

Es un elastómero termoplástico y sus propiedades varían de acuerdo con la proporción de estireno-butadieno, de su peso molecular y de la estructura.

Los valores típicos de sus propiedades de muestran en la siguiente tabla:

PROPIEDADES	SBS
Densidad (g / cm <sup>3</sup> )	1.1
Absorción de agua (%)	0.07
Tensión máxima (Mpa)	20 - 40
Módulo de elasticidad (GPa)	1.1 - 1.55
Temperatura máxima de trabajo (° C)	59 - 65

Tabla 2. Propiedades físicas del SBS. (CASTILLO, C. A. R. O. L. I. N. A. (2018). Preparación de un material compuesto a partir de un copolímero estireno-butadieno (sbs) y pluma de pollo.)

Propiedades del Polímero	Método de prueba	Unidad	Valores típicos (2)
Estireno	Método Dexco	% en peso.	29
Contenido Dibloque	Método Dexco	% en peso.	<1
Índice de fluidez (3)	ASTM D 1238	dg / min	12
Viscosidad en solución (4)	ASTM D 2196	Cps	400
Volátiles	Método Dexco	% en peso.	0.4
Ceniza	ASTM D 1416	% en peso.	0.8
<b>Propiedades físicas</b>			
Resistencia a la tracción	ASTM D 412	PSI (MPa)	4800 (33.1)
Módulo	ASTM D 412	PSI (MPa)	530 (3.7)
Alargamiento a la rotura	ASTM D 412	%	1100
Dureza (5)	ASTM D 2240	Shore A	65
Peso específico	ASTM D 792		0.94

Tabla 3. Propiedades de polímero SBS y método de prueba. (CASTILLO CASTILLO, C. A. R. O. L. I. N. A. (2018). Preparación de un material compuesto a partir de un copolímero estireno-butadieno (sbs) y pluma de pollo.)

## Normativa

### Tomando como referencia el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013

Ensayos que permitirán conocer las características de los agregados y los parámetros de calidad de los mismos.

Para agregado grueso.

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas Chatas y Alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras Fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	1.0% máx.	1.0% máx.

Para agregado fino

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60 % mín.	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30 % mín.	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Índice de Plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción (**)	MTC E 205	0.5% máx.	0.5% máx.

Para ambos

### MTC E 204 Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos.

Según el Método del Instituto del asfalto (USA) para el cálculo teórico del porcentaje de cemento asfáltico

$$P = 0.035 (a) + 0.045(b) + kc + F$$

Dónde:

P = Porcentaje de cemento asfáltico respecto al peso de la mezcla.

a = Porcentaje de agregado retenido en el tamiz N° 10.

b = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 10 y se retiene en el tamiz N° 200.

c = Porcentaje de agregado que pasa sobre N° 200.

k = Toma los siguientes valores:

0.20 = Cuando el porcentaje de agregado que pasa el tamiz N° 200 varia del 11% al 15%

0.18 = Cuando el porcentaje del agregado que pasa sobre el tamiz N° 200 es varia del 06% al 10%

0.15 = Cuando el porcentaje de agregado que pasa por el tamiz N° 200 es menos del 0.5%

F = Varia de 0 a 2, dependiendo del grado de absorción de los pétreos

### **Diseño de la Mezcla Asfáltica por el Método de Marshall MTC E 504**

Para encontrar el porcentaje óptimo de asfalto

### **Ensayo de Inmersión – Compresión MTC E 513**

Permite conocer la resistencia a compresión de mezclas asfálticas.

## Estudio comparativo del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas modificadas con polímero SBS

<b>Título del estudio</b>	<b>País</b>	<b>Cemento asfáltico</b>	<b>Porcentaje y tipo de polímero</b>	<b>Ensayos de estabilidad de Marshall</b>	<b>Und</b>	<b>Mezcla asfáltica en caliente</b>	<b>Mezcla asfáltica modificada con polímero</b>
"Análisis del Comportamiento de una Mezcla Asfáltica Modificada con Polímeros SBS Betutec IC y una Mezcla Asfáltica Convencional 60/70" [13]	Perú	PEN 60/70	SBS al 3.5% del peso del asfalto	Estabilidad	kgf	1373	1964
				Flujo	mm	3.47	3.33
"Estudio Comparativo del Método Convencional y Uso de los Polímeros EVA y SBS en la Aplicación de Mezclas asfálticas" [8]	Perú	PEN 60/70	SBS al 4% del peso del asfalto	Estabilidad / flujo	kgf/ mm	1220 / 2.60	1869 / 2.70
			EVA al 3% del peso del asfalto	Estabilidad / flujo	kgf/ mm	1220 / 2.60	1432 / 2.10
"Análisis Comparativo del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica Modificada con Betutec IC + Aditivo Warmix respecto a la Mezcla Asfáltica Convencional" [14]	Perú	PEN 60/70	SBS al 3.5% del peso del asfalto	Estabilidad	kgf	1360	1770
				Flujo	mm	3.33	3.42
"Evaluación de estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente utilizando aditivo SBS, Trujillo – La Libertad" [15]	Perú	PEN 60/70	SBS al 4.95% del peso del asfalto	Estabilidad	kgf	1075.8	1817.13
				Flujo	mm	3.5	3.60

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

#### Variable Dependiente

- Comportamiento mecánico: respuesta de las propiedades de la mezcla asfáltica cuando se ha alterado su composición.

#### Variable Independiente

- Polímero SBS (estireno-butadieno-estireno): Es un elastómero termoplástico, sus propiedades varían de acuerdo con la proporción de estireno-butadieno, de su peso molecular y de la estructura.

## III. HIPÓTESIS Y VARIABLES:

### 3.1. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La adición de polímero SBS (estireno-butadieno-estireno) influye positivamente en el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas convencionales en el distrito de Chiclayo, Lambayeque.

### 3.2. VARIABLES – OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLE		DIMENSIÓN	INDICADOR
INDEPENDIENTE	Polímero SBS	Cantidad optima de polímero en la mezcla asfáltica	% de Polímero
DEPENDIENTE	Comportamiento mecánico	Propiedades mecánicas del asfalto modificado	Estabilidad
			Flujo
			Densidad
			Porcentaje de Vacíos
			Resistencia a la compresión

### 3.3.OBJETIVO GENERAL

Comparar el comportamiento mecánico de un asfalto modificado con polímero SBS y un asfalto convencional PEN 60/70 en el distrito de Chiclayo, Lambayeque.

### 3.4.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Estudiar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas convencionales PEN 60/70.
- ❖ Estudiar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas modificadas

con polímeros SBS.

- ❖ Determinar el porcentaje óptimo de polímero que incide en la mejora del comportamiento mecánico para la modificación de la mezcla asfáltica.
- ❖ Realizar un estudio comparativo entre la mezcla asfáltica convencional PEN60/70 y una modificada con el porcentaje óptimo de polímero SBS.

#### IV. DISEÑO METODOLÓGICO

##### 4.1. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

La investigación es de tipo descriptiva, ya que pretende describir el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas convencionales PEN 60/70 y las modificadas con la adición de polímero SBS, con base en la recopilación de la información bibliográfica para así poder realizar un estudio comparativo entre ambas mezclas y poder optar por la que presente mejores propiedades.

##### 4.2. POBLACIÓN, MUESTRA DE ESTUDIO y MUESTREO

###### Población

La población son las investigaciones anteriores basadas en la comparación entre Mezcla asfáltica convencional y Mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBS.

###### Muestra

La muestra serán las 12 investigaciones que conforman la población.

###### Muestreo

El muestreo es no probabilístico, usando el mejor criterio para el análisis de las investigaciones.

##### 4.3. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas:

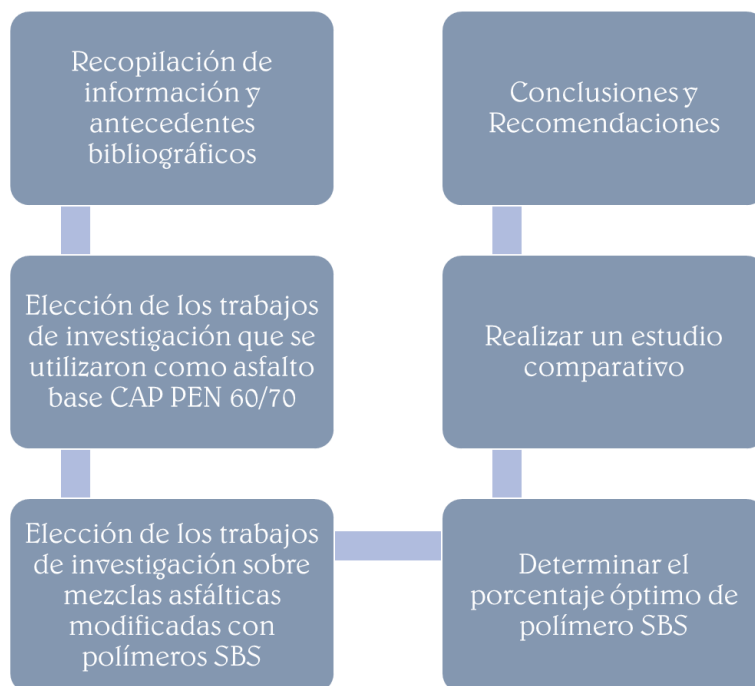
- ✓ Análisis documental

Instrumentos:

- ✓ Artículos, Tesis, revistas u otras investigaciones basadas en la

comparación entre Mezcla asfáltica convencional y Mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBS.

#### 4.4. ESTRATEGIA METODOLOGICA PARA DEMOSTRACION DE LA HIPÓTESIS



#### V. CONCLUSIONES

- ✓ Las mezclas asfálticas convencionales PEN 60/70, tienen como propiedades mecánicas punto de inflamación 232°C, ductilidad 100 cm, solubilidad en Trifloro 99%, susceptibilidad térmica de 1.
- ✓ Las mezclas asfálticas modificadas con polímero SBS mejoran las propiedades mecánicas de las mezclas convencionales PEN 60/70.
- ✓ El porcentaje óptimo de polímero que incide en la mejora del comportamiento mecánico para la modificación de la mezcla asfáltica es entre 2% - 5%, que según el ensayo de Marshall mejora la estabilidad en comparación con las mezclas convencionales.
- ✓ La adición de polímeros SBS en las mezclas asfálticas a largo plazo muestra un beneficio económico, porque la carpeta de rodadura presente daños mucho

tiempo después en comparación con las carpetas de rodadura elaboradas con mezclas asfáltica convencional.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- ✓ Es recomendable desarrollar investigaciones sobre la situación actual de los pavimentos en las que se identifiquen las fallas que presentan.
- ✓ Se recomienda elaborar el diseño de mezcla para pavimentos en donde se utilice en la dosificación entre 2-5% de polímero SBS.
- ✓ Se recomienda evaluar el desempeño de las mezclas asfálticas modificadas para complementar los resultados de la investigación.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Rodríguez, C. Rodríguez, S. Ramírez y C. Flórez, «Evaluación del efecto del envejecimiento del cemento asfáltico 80-100 modificado con lignina,» *Ingeniare*, n° 20, pp. 47-61, 2016.
- [2] A. ZAMBRANO BUSTAMANTE, «EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMEROS UTILIZADOS EN LA VÍA ASFALTADA MACUSANI – OLLACHEA KM 182+250 AL KM 188+300»,» JULIACA - PERÚ, 2018.
- [3] M. E. MAILA PAUCAR, «COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA).»,» Quito , 2013.
- [4] C. Victoria Palma, J. C. Ortiz Cisneros, F. Ávalos Belmonte y A. Castañeda Facio, «Modificación de asfalto con elastómeros para su uso en pavimentos,» *Afinidad*, vol. 73, n° 574, 2016.
- [5] B. & I. G. Sengoz, «Evaluation of the properties and microstructure of SBS and EVA polymer modified bitumen,» *Construction and Building Materials*, vol. 22, n° 9, 2008.
- [6] N. K. M. & M. K. A. Dehouche, «Influence of thermo-oxidative aging on chemical composition and physical properties of polymer modified bitumens,» *Construction and Building Materials*, vol. 26, n° 1, pp. 350-356, 2012.
- [7] BALBIN CASTRO, MARIA LUISA y ENRIQUEZ LAVADO, RICHARD FABRIZIO, «INFLUENCIA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMEROS EN ZONAS CÁLIDAS DE PERÚ».
- [8] C. A. INFANTE ATURIMA y D. H. VÁSQUEZ ALARCÓN , «Estudio comparativo del método convencional y uso de los polímeros EVA y SBS en la aplicación de mezclas asfálticas,» Pimentel, 2016.
- [9] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014.
- [10] Ministerio de Economía y Finanzas, Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación, 2015.
- [11] UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN, Pavimentos Texto guía, 2004.

- [12] Asphalt Institute., Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente., 1982.
- [13] G. L. VILLAFANA HUAMÁN y R. M. RAMÍREZ VILLANUEVA, Análisis del comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS Betutec IC y una mezcla asfáltica convencional 60/70, 2019.
- [14] P. E. Cahuana Huayanca y Herless Limas Sifuentes, Análisis comparativo del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica modificada con Betutec IC+ aditivo Warmix respecto a la mezcla asfáltica convencional, 2018.
- [15] S. J. Flores Armas y Y. A. Monzón Rivera, "Evaluación de estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente utilizando aditivo SBS, Trujillo–La Libertad.", 2020.



## 8.2.Presupuesto

PRSPUESTO						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
<b>RP.01</b>	<b>MATERIALES</b>					S/.93.90
	Memoria USB 64 gb	und	1	S/.43.90	S/.43.90	
	Útiles de escritorio	Glb	1	S/.50.00	S/.50.00	
<b>RP.02</b>	<b>ALQUILER DE EQUIPOS Y/O ADQUISICIÓN DE EQUIPOS MENORES</b>					S/.5,900.00
	Laptop portátil	Und	1	S/.2,500.00	S/.2,500.00	
	Impresora multifuncional	Und	1	S/.600.00	S/.600.00	
	Telefono móvil	Und	1	S/.2,800.00	S/.2,800.00	
<b>RP.03</b>	<b>SERVICIOS DE TERCEROS</b>					S/.3,200.00
	Servicio de internet	Mes	10	S/.100.00	S/.1,000.00	
	Servicio de celular	Mes	10	S/.70.00	S/.700.00	
	Energía eléctrica	Mes	10	S/.150.00	S/.1,500.00	
<b>RND.01</b>	<b>MATERIALES</b>					S/.530.00
	Disco Duro de 500gb TOSHIBA	Und	1	S/.350.00	S/.350.00	
	Papel A4 - 80 gr.	Mil	3	S/.20.00	S/.60.00	
	Tintas de impresiones menores	Glb	2	S/.40.00	S/.80.00	
	Archivador	Und	8	S/.5.00	S/.40.00	
<b>RND.02</b>	<b>SERVICIO DE TERCEROS</b>					S/.425.00
	Fotocopias/impresiones	Und	250	S/.0.10	S/.25.00	
	Empastado	Und	8	S/.50.00	S/.400.00	
<b>RND.03</b>	<b>VIÁTICOS Y ASIGNACIONES</b>					S/.310.00
	Movilidad local	Día	10	S/.7.00	S/.70.00	
	Movilidad a la zona de estudio	Día	15	S/.10.00	S/.150.00	
	Alimentación en la zona de estudio	Día	15	S/.6.00	S/.90.00	
<b>RND.04</b>	<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA COVID-19</b>					S/.165.80
	Protectores faciales con careta de acrílico	Und	4	S/.15.00	S/.60.00	
	Caja de guantes de latex 100 und.	Und	1	S/.50.00	S/.50.00	
	Alcohol en gel botella de 1 Lt.	Und	2	S/.27.90	S/.55.80	
<b>TOTAL DEL PRESUPUESTO</b>						<b>S/.10,624.70</b>

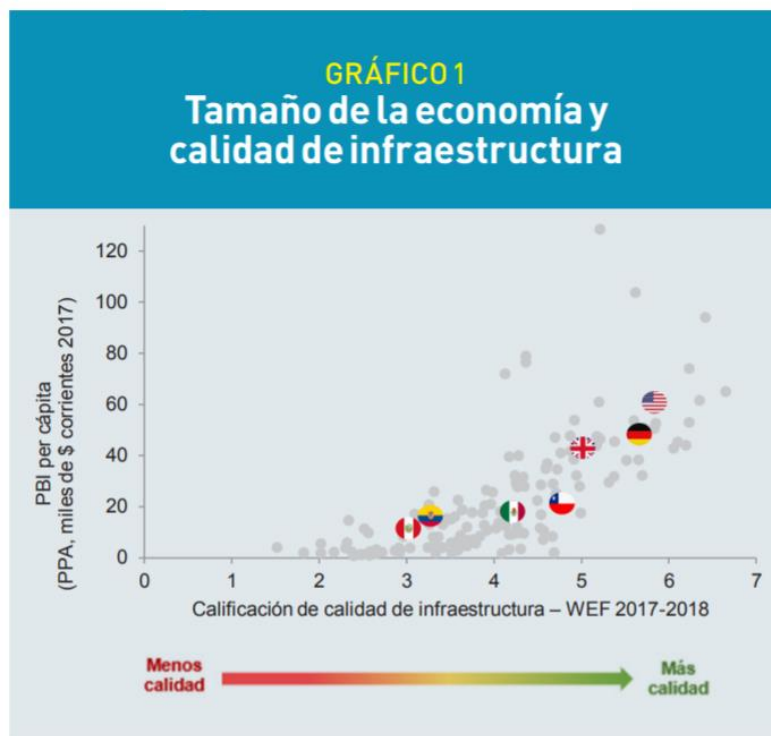
## 8.3.Financiamiento

RECURSOS PROPIOS						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
<b>RP.01</b>	<b>MATERIALES</b>					S/.93.90
	Memoria USB 64 gb	und	1	S/.43.90	S/.43.90	
	Útiles de escritorio	Glb	1	S/.50.00	S/.50.00	
<b>RP.02</b>	<b>ALQUILER DE EQUIPOS Y/O ADQUISICIÓN DE EQUIPOS MENORES</b>					S/.5,900.00
	Laptop portátil	Und	1	S/.2,500.00	S/.2,500.00	
	Impresora multifuncional	Und	1	S/.600.00	S/.600.00	
	Telefono móvil	Und	1	S/.2,800.00	S/.2,800.00	
<b>RP.03</b>	<b>SERVICIOS DE TERCEROS</b>					S/.3,200.00
	Servicio de internet	Mes	10	S/.100.00	S/.1,000.00	
	Servicio de celular	Mes	10	S/.70.00	S/.700.00	
	Energía eléctrica	Mes	10	S/.150.00	S/.1,500.00	
<b>TOTAL DE RECURSOS PROPIOS</b>						<b>S/.9,193.90</b>

RECURSOS NO DISPONIBLES: AUTO FINANCIAMIENTO						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
<b>RND.01</b>	<b>MATERIALES</b>					S/.530.00
	Disco Duro de 500gb TOSHIBA	Und	1	S/.350.00	S/.350.00	
	Papel A4 - 80 gr.	Mil	3	S/.20.00	S/.60.00	
	Tintas de impresiones menores	Glb	2	S/.40.00	S/.80.00	
	Archivador	Und	8	S/.5.00	S/.40.00	
<b>RND.02</b>	<b>SERVICIO DE TERCEROS</b>					S/.425.00
	Fotocopias/impresiones	Und	250	S/.0.10	S/.25.00	
	Empastado	Und	8	S/.50.00	S/.400.00	
<b>RND.03</b>	<b>VIÁTICOS Y ASIGNACIONES</b>					S/.310.00
	Movilidad local	Día	10	S/.7.00	S/.70.00	
	Movilidad a la zona de estudio	Día	15	S/.10.00	S/.150.00	
	Alimentación en la zona de estudio	Día	15	S/.6.00	S/.90.00	
<b>RND.04</b>	<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA COVID-19</b>					S/.165.80
	Protectores faciales con careta de acrílico	Und	4	S/.15.00	S/.60.00	
	Caja de guantes de latex 100 und.	Und	1	S/.50.00	S/.50.00	
	Alcohol en gel botella de 1 Lt.	Und	2	S/.27.90	S/.55.80	
<b>TOTAL DE RECURSOS NO DISPONIBLES</b>						<b>S/.1,430.80</b>

## IX. ANEXOS

Anexo 1. Foro Económico Mundial (2017)



Anexo 2. Foro Económico Mundial 2019.

**Ordenado con base en**  
**evaluación total del**  
**pilar infraestructura**



País	Global	Infraestructura	Carreteras	
			Conectividad	Calidad
Chile	70.5	76.3	95.8	70.1
Mexico	64.9	72.4	90.3	58.4
Uruguay	63.5	68.7	89.8	45.1
Costa Rica	62.7	68.7	63.3	33.0
Colombia	62.0	64.3	65.4	39.7
<b>Peru</b>	<b>61.7</b>	<b>62.3</b>	<b>64.0</b>	<b>36.4</b>
Panamá	61.6	69.5	71.8	57.8
Brazil	60.9	65.5	76.1	33.5
Argentina	58.3	68.3	94.5	43.4
Rep. Dominicana	57.2	64.4	74.8	61.6
Ecuador	55.7	69.1	64.2	65.0
Guatemala	53.6	55.9	38.0	24.1
Paraguay	53.5	59.8	76.0	26.7
El Salvador	52.6	61.0	73.4	52.6
Honduras	52.6	57.4	55.7	50.9
Nicaragua	51.8	55.6	71.0	53.8
Bolivia	51.5	57.1	56.7	41.3
Venezuela	41.8	46.2	85.7	26.2
<b>Promedio</b>	<b>57.6</b>	<b>61.3</b>	<b>72.6</b>	<b>45.5</b>

Fuente: World Economic Forum (2019). Global Competitiveness Report 2019-2020.

## Anexo 3. Plan Operativo Institucional 2020.

Tabla N° 22: Financiamiento según Gestión de Infraestructura de la RVN

GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL	PRESUPUESTO INSTITUCIONAL DE APERTURA (PIA) S/	FUENTE FINANCIAMIENTO S/		
		RO	RDR	RE
<b>ACTIVIDADES Y OBRAS PUBLICAS</b>	<b>4,671,659,939</b>	<b>4,187,271,560</b>	<b>110,100,000</b>	<b>374,288,379</b>
<b>OBRAS REHABILITACIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN</b>	<b>3,288,141,078</b>	<b>2,914,568,934</b>	-	<b>373,572,144</b>
Rehab. Mejoram. y Construcción CARRETERAS	2,113,615,278	1,767,043,134	-	346,572,144
Mejoramiento con Soluciones Básicas	390,918,626	390,918,626	-	-
Rehab. Mejoram. y Construcción PUENTES	783,607,174	756,607,174	-	27,000,000
<b>MANTENIMIENTO VIAL</b>	<b>1,251,276,773</b>	<b>1,165,948,359</b>	<b>85,328,414</b>	-
Mantenimiento Rutinario Carreteras Pavimentadas	19,336,017	14,545,025	4,790,992	-
Mantenimiento Rutinario Carreteras NO Pavimentadas	20,990,051	20,990,051	-	-
Mantenimiento Periódico de Carreteras Pavimentadas	118,544,594	116,744,594	1,800,000	-
Por Niveles de Servicio	926,709,028	908,101,849	18,607,179	-
Emergencias	3,000,000	-	3,000,000	-
Peajes - Operación	18,100,000	-	18,100,000	-
Peajes - Infraestructura y Saneamiento	-	-	-	-
Operación Zonales	35,817,652	18,073,804	17,743,848	-
Puentes	108,779,431	87,493,036	21,286,395	-
<b>GESTION ESTRATEGICA</b>	<b>132,242,088</b>	<b>106,754,267</b>	<b>24,771,586</b>	<b>716,235</b>
<b>CONCESIONES</b>	<b>1,919,270,255</b>	<b>1,861,270,255</b>	-	<b>58,000,000</b>
<b>OBRAS REHABILITACIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN</b>	<b>1,418,330,255</b>	<b>1,360,330,255</b>	-	<b>58,000,000</b>
Carreteras Cofinanciadas	1,258,187,295	1,200,187,295	-	58,000,000
Carreteras Autosostenible	160,142,960	160,142,960	-	-
<b>MANTENIMIENTO VIAL</b>	<b>500,940,000</b>	<b>500,940,000</b>	-	-
Carreteras Cofinanciadas	500,940,000	500,940,000	-	-
<b>TOTALES</b>	<b>6,590,930,194</b>	<b>6,048,541,815</b>	<b>110,100,000</b>	<b>432,288,379</b>