



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“CÁLCULO Y ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS EN EL SERVICIO DE RECICLADO Y RECAPEO DE LA CARRETERA SANTIAGO DE CHUCO – SHOREY 2019”: Revisión Sistemática

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Civil**

**Autor:**

Aldair Paredes Quispe

**Asesor:**

Ms. Ing. Gonzalo Hugo Díaz García

Trujillo - Perú

2021

## DEDICATORIA

Primeramente, a Dios quién siempre está a mi lado, me guía por buen el camino,  
me da fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentan.

A mis padres Mercedes y Eutimio, por su apoyo, consejos,  
comprensión, amor, ayuda en todo momento.

A mi tía Yolanda por sus buenos concejos y apoyarme en todo momento, y a toda  
mi familia por darme las fuerzas para seguir adelante.

A mis maestros, por sus enseñanzas, apoyo, tiempo y sabiduría que me  
transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional en la UPN.

## AGRADECIMIENTO

Ante todo, a Dios todo poderoso por darme la vida para lograr esta meta aspirada después de tantos esfuerzos, caídas entre otras cosas, que he tenido durante mi formación profesional.

A todos mis profesores, de la carrera de Ingeniería Civil de la sede San Isidro - Trujillo, gracias por su valiosa contribución en mi formación profesional, por haberme inculcado y brindado conocimiento, valores morales y experiencias.

A todos mis compañeros de la Universidad y del trabajo por la facilidad brindada y el apoyo laboral.

A mi asesor el Ing. Gonzalo Hugo Díaz García, por su reiterada ayuda profesional, en la elaboración del presente informe.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de nuestras vidas. Algunas están aquí con nosotros y otras en nuestros recuerdos y corazones; sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mi vida.

## Tabla de contenido

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>47</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Avance real del proceso de reciclado del mes de noviembre del 2019 .....	29
Tabla 2	Comparativo entre el avance planificado vs avance real del mes de noviembre del 2019 .....	30
Tabla 3	Avance real del proceso de reciclado del mes de diciembre del 2019 .....	31
Tabla 4	Comparativo entre el avance planificado vs avance real del mes de diciembre del 2019 .....	32
Tabla 5	Avance real del proceso de reciclado del mes de enero del 2020 .....	34
Tabla 6	Comparativo entre el avance planificado vs avance real del mes de enero del 2020 .....	35
Tabla 7	Avance real del proceso de impregnación del mes de enero del 2020 .....	37
Tabla 8	Comparativo entre el avance planificado vs avance real del proceso de impregnación del mes de enero del 2020 .....	38
Tabla 9	Avance real del proceso de impregnación del mes de febrero del 2020 .....	40
Tabla 10	Comparativo entre el avance planificado vs avance real del proceso de impregnación del mes de febrero del 2020.....	40
Tabla 11	Avance real de recapeo asfáltico del mes de febrero del 2020.....	42
Tabla 12	Comparativo entre el avance planificado vs avance real del proceso de recapeo asfáltico del mes de febrero del 2020 .....	43
Tabla 13	Avance real de recapeo asfáltico del mes de marzo del 2020 .....	45
Tabla 14	Comparativo entre el avance planificado vs avance real del proceso de recapeo asfáltico del mes de marzo del 2020.....	45
Tabla 15	Resumen de metodología y resultados de investigaciones anteriores sobre reciclado de pavimentos .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Cantera donde se realizaba la producción de agregados (cantera Vilca) .....	14
<i>Figura 2.</i> Extendido del material granular en la vía.....	15
<i>Figura 3.</i> Esquema del pavimento del servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco - Shorey .....	16
<i>Figura 4.</i> Colocado y extendido de cemento en la vía antes de proceso de reciclado. ....	18
<i>Figura 5.</i> Proceso de reciclado y estabilizado del pavimento existente, usando como equipos una recicladora y una cisterna de emulsión de 8000 galones. ....	18
<i>Figura 6.</i> Homogenizado y compactado de material estabilizado .....	20
<i>Figura 7.</i> Riego de impregnación usando un camión imprimador.....	21
<i>Figura 8.</i> Producción de asfalto, en una planta marca AMMANN, modelo ADM 140 PRIME .....	22
<i>Figura 9.</i> Colocado y extendido de MAC 2.....	23
<i>Figura 10.</i> Histograma comparativo entre el avance real planificado vs el avance real de reciclado del mes de noviembre del 2019. ....	31
<i>Figura 11.</i> Histograma comparativo entre el avance real planificado vs el avance real de reciclado del mes de diciembre del 2019.....	34
<i>Figura 12.</i> Histograma comparativo entre el avance real planificado vs el avance real de reciclado del mes de enero del 2020.....	36
<i>Figura 13.</i> Histograma comparativo entre el avance real planificado vs el avance real del proceso de impregnación del mes de enero del 2020. ....	39
<i>Figura 14.</i> Histograma comparativo entre el avance real planificado vs el avance real del proceso de impregnación del mes de febrero del 2020. ....	41
<i>Figura 15.</i> Histograma comparativo entre el avance real planificado vs el avance real del proceso de recapeo asfáltico del mes de febrero del 2020. ....	44

*Figura 16.* Histograma comparativo entre el avance real planificado vs el avance real del  
proceso de recapeo asfáltico del mes de marzo del 2020. .... 46

*Figura 17.* Histograma del promedio de precipitaciones mensuales de las estaciones  
meteorológicas de Huacamarcanga, Cachicadan y Quiruvilca por año desde el 2015 hasta el  
2019. .... 48

## RESUMEN

El pavimento de una carretera está sujeto a la acción continua del tráfico y de la meteorología. Estos dos factores, junto con el envejecimiento natural de los materiales, hacen que el firme sufra un proceso de progresivo deterioro. Este envejecimiento y deterioro del firme conlleva a un deterioro paulatino, provocando que la transitabilidad de los vehículos sea menos seguro, cuando el deterioro sobrepasa ciertos valores hacen necesaria una operación de conservación de dicho pavimento.

La conservación de una red vial es en la actualidad un aspecto de gran importancia debido a los recursos que moviliza. El presupuesto necesario para el mantenimiento, así como los problemas ambientales que de él se derivan, justifican la búsqueda de nuevas técnicas que permitan reducir costos y sean respetuosas con el medio ambiente. En este contexto, el reciclado de firmes, como medio de racionalizar los recursos, toma un renovado protagonismo y se convierte en una necesidad.

En el presente informe determinaremos y analizaremos los rendimientos que se dieron en las actividades de reciclado, impregnación y recapeo asfáltico del servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco – Shorey 2019, ubicada a una altitud aproximada de 3120 m.s.n.m., estos datos y análisis nos servirán como referencia para aplicarlos en otros proyectos similares para así poder hacer una planificación y/o programación que nos permita ahorrar no solo dinero si no también tiempo.

**PALABRAS CLAVES:** Análisis, rendimientos, reciclado de pavimento, recapeo asfáltico.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

En el Perú, el Gobierno Central está tomando conciencia que es mejor mantener adecuadamente una carretera con su oportuno mantenimiento, que reparar una carretera colapsada donde ya no se puedan aprovechar los materiales existentes in-situ con un proceso de reciclado, pero aún no se está ejecutando acción suficiente para decir que estamos bien en infraestructura vial, ya que aún quedan muchas vías terrestres que esperan su oportuno mantenimiento y la opción del RECICLADO se está aplicando en varias carreteras a nivel nacional.

Según la publicación en su Memoria Anual 2019 de PROVIAS NACIONAL, el Perú tiene 14,996.38 Km de vías asfaltadas, 7,176.11 Km de vías con solución básica y 4,881.24 Km de vías no pavimentadas.

En el presente trabajo de investigación se tiene la oportunidad de calcular y analizar los rendimientos que se dieron en las actividades de reciclado, impregnación y recapeo asfáltico, este análisis se realizó en el *Servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco – Shorey 2019*, el cual se encuentra ubicado en el departamento de La Libertad, dicha carretera de 41.04 Km comprende desde el Km 994+296 (Santiago de Chuco) hasta el Km 1035+336 (Shorey).

El estado de la carretera Santiago de Chuco – Shorey se encontraba con un avanzado estado de deterioro a la cual no se le efectuaba un mantenimiento rutinario, desde hacía tiempo, por lo que era urgente la intervención a la misma, ya que generaba el constante

malestar de los transportistas, pasajeros y pobladores en general en temas de transitabilidad, seguridad y economía.

En el del 2019, se firma el Contrato de Servicios N°010-2019- MTC/20.2, donde el CONSORCIO REX, conformado por Extraco S.A. Sucursal Del Peru y Road Solutions E.I.R.L., realicen el servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco – Shorey, para mejorar la transitabilidad y seguridad de la misma para transportistas y pobladores de la zona.

## 1.2. Antecedentes

### Nacionales

Machado, F., Martín, J., (2010), en su tesis *Estudio Definitivo y Ejecución de la carretera Conococha – Yanacancha Reciclado con Asfalto Espumado*, menciona lo siguiente:

Apostar por esta innovadora técnica de reciclado no sólo significó reducir el tiempo de ejecución y aminorar el costo operativo por kilómetro; sino que permitió reducir notablemente el impacto de la construcción sobre el medio ambiente, ya que, al reciclar la totalidad de los materiales existentes en la vía mediante la recuperación de sus propiedades estructurales, se evitó la sobre explotación de canteras y la generación de botaderos, práctica común en las obras de infraestructura vial

Cotacallapa, (2011), se presenta el reciclado de pavimentos flexibles con asfalto espumado, mencionando el inicio de manera parcial con un proyecto parte del marco del mantenimiento periódico de la carretera Conococha Yanacancha (120 km) ubicado en el departamento de Ancash provincia de Bolognesi y Huari, en altitudes comprendidas entre los 3800 y 4700 m.s.n.m. Y en la búsqueda de métodos basados en principios de

sustentabilidad, equidad y con una dinámica de materiales en forma cíclica, no se encuentra ninguno. Por ello hallar métodos con resultados similares a lo convencional diferenciándose al aplicar conceptos como la química verde, basura cero y producción de ciclo cerrado cobra gran importancia.

Espinoza, P., Vildoso, J., (2014), en su tesis de investigación *Estudio de la técnica del reciclado con asfalto espumado en las carreteras la Oroya – Chicrín – Huánuco – Tingo María – DV. Tocache y Conococha – Yanacancha*, concluye que:

El rendimiento diario que se obtuvo al aplicar la Técnica del reciclado con asfalto espumado (RPAE), en las carreteras de estudio, fue alto y favorable en comparación a la aplicación de una Técnica Convencional, ya que se empleó aproximadamente la mitad del tiempo. Hubo un ahorro económico importante por utilizar el RPAE al no eliminar material excedente ni comprar material nuevo para base. Se establece un ahorro económico en cuanto al costo de consumo de insumos (mano de obra, materiales y maquinaria) al aplicar el RPAE con respecto a la Técnica Convencional. En la carretera La Oroya – Chicrín – Huánuco – Tingo María – DV. Tocache se consigue una disminución del 18% respecto a la Técnica Convencional y en la carretera Conococha-Yanacancha se logra una disminución del 50%.

Fano, J., Chávez, M., (2017), en su tesis de investigación *Diseño estructural de un pavimento básico reciclado y mejorado con cemento portland para diferentes dosificaciones en el proyecto de conservación vial de Huancavelica*, Concluye lo que:

Agregar un agente estabilizador como el cemento portland al reciclado de pavimentos, incluso en dosificaciones muy bajas del orden de 1-2%, permite reducir

los espesores necesarios de capa, lo cual se traduce en ahorros por kilómetro de carretera. Al ser el proyecto presentado una Conservación Vial con 343 kms de carretera, el ahorro resulta importante. Además, al reducir los espesores de capa, se reducen los costos de transporte de material y conlleva a la menor explotación de canteras, es decir, se deprecia en menor volumen los recursos naturales.

### **Internacionales**

Díaz, R., Arnoldo, R., (2009), en su publicación *Guía para diseñar la rehabilitación de una ruta mediante el uso de Asfalto Espumado; reciclando el pavimento asfáltico existente*, menciona lo siguiente:

El uso de reciclaje es una opción innovadora y que posee bastantes ventajas ecológicas y económicas. Su principal arma de trabajo es la recicladora propiamente tal, la cual realiza el procedimiento de frezar a distintos espesores y mezclar con el ligante. El asfalto espumado se ha transformado al pasar los años en una excelente alternativa de conservación de caminos ya sea como estabilizador o realizando un reciclado de pavimento asfáltico existente, disminuyendo fuertemente el consumo energético y el costo final del proyecto.

Restrepo, H., Stephens, S., (2015), en su tesis *Estudio de las ventajas económicas del reciclaje en frío in-situ de pavimentos asfálticos*, concluyen lo siguiente:

El uso de reciclaje y productos estabilizadores para estructuras, son alternativas viables y económicas, ya que permiten la reutilización del material existente en la vía logrando unos nuevos materiales de buena calidad para garantizar una estructura perdurable en el tiempo y que cumpla las especificaciones de diseño, además de

obtener una importante reducción de costos por la disminución en los costos de transporte para nuevos materiales a colocar.

### **1.3. Definiciones conceptuales**

#### **Pavimento**

Se define como el conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente

#### **Reciclado de pavimento**

Es reutilizar un pavimento en mal estado mediante un tratamiento, adicionándole un estabilizador como asfalto, emulsión o el cemento, quedando un material que sirve como refuerzo o como parte de una calzada nueva. El hecho de que el pavimento este en mal estado no significa que no sirva, mediante un tratamiento puede obtenerse uno de semejantes características al pavimento nuevo. El reciclar contribuye al medio ambiente, evitando la sobre explotación de canteras.

En el presente informe el servicio de reciclado se realizó con adición de emulsión asfáltica.

#### **Proceso de conservación del pavimento**

A continuación, se detalla el proceso de las principales partidas o actividades que se llevó a cabo en el servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco – Shorey.

**a) Reciclado de pavimento más aporte de material**

Comprende de las siguientes actividades:

✓ **Procura de material granular**

La adquisición o procura del material de base granular se produce de los agregados triturados en el rio del sector La Arena, en la progresiva Km 163+750 de la Ruta Nacional PE 10 A, Trujillo – Huamachuco, en la cantera denominada Cantera Vilca.

Se efectuaron los ensayos correspondientes a la base granular de acuerdo a la norma EG 2013, siendo la siguiente composición la adecuada:

Agregado 1: Arena de 3/8" (50 %)

Agregado 2: Piedra tamaño máximo nominal de 3/4" (20%)

Agregado 3: Piedra tamaño máximo nominal de 1" (30%)



*Figura 1.* Cantera donde se realizaba la producción de agregados (cantera Vilca)

✓ **Transporte de material granular**

El transporte de material granular se realizó en volquetes de 15 m<sup>3</sup>, los cuales han sido distribuidos en pista en las progresivas donde se ha considerado la recarga.

✓ **Colocado y extendido de material granular de aporte**

El material de base granular transportado es sido distribuido y extendido sobre la plataforma en distancias aproximadas de 35 m entre cada volquetada de 15 m<sup>3</sup> c/u, dependiendo del ancho de la vía. Los equipos usados para esta actividad fueron:

- 02 motoniveladoras
- 01 camión cisterna de agua de 5000 glns



Figura 2. Extendido del material granular en la vía

✓ **Reciclado y estabilizado de pavimento existente**

La recicladora es el equipo clave para este tipo de proyectos, especialmente diseñado para la remoción de los materiales existentes en la plataforma, que puede estar conformada por una monocapa, TSB, slurry, carpeta asfáltica, base granular, etc.; con una profundidad no mayor a 20 cm en este caso, disgregándolos uniformemente, y a la vez inyectándole asfalto liquido diluido (emulsión de rotura lenta CSS 1h), para su estabilización de manera que se cumpla lo indicado en los términos de referencia.

El aporte de emulsión, es de 4.1 galones por m<sup>2</sup>, que es equivalente a 2.1 % de asfalto residual y que a la vez es equivalente a 3.5 % de emulsión.

El aporte de cemento es de 0.5 % del peso del suelo, el cual se determinará mediante la máxima densidad seca (MDS), del proctor modificado. Para nuestro caso este valor se ha determinado con una muestra tomada de campo y cuyo valor es de 2.097 gr/cm<sup>3</sup>. Esto equivale a un aporte de cemento de 2.1 Kg/m<sup>2</sup>.

En el siguiente esquema se aprecia el espesor de recarga de 5 cm + 15 cm de base existente a lo largo de todo el tramo, y finalmente la capa de MAC de 2” de espesor.



Figura 3. Esquema del pavimento del servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco - Shorey

Los equipos usados para esta actividad fueron:

- 01 recicladora
- 01 tanque de emulsión de 8000 glns aprox.
- 01 tanque de emulsión de 3200 glns



Figura 4. Colocado y extendido de cemento en la vía antes de proceso de reciclado.



Figura 5. Proceso de reciclado y estabilizado del pavimento existente, usando como equipos una recicladora y una cisterna de emulsión de 8000 galones.

✓ **Homogenizado y compactado de material estabilizado**

El proceso de homogeneizado y compactado de material estabilizado se realiza una vez inyectada la emulsión en la plataforma existente, con motoniveladoras se reconforma el material de manera que se uniformice la emulsión sobre toda la base existente y/ o recarga.

Posteriormente se plantilla con la cuadrilla de topografía a las cotas establecidas y se da el acabado final.

Luego con 04 rodillos: 01 neumático y 03 lisos vibratorios, se efectúa el compactado de la plataforma estabilizada hasta alcanzar las densidades requeridas. Los equipos usados para esta actividad fueron:

- 02 motoniveladoras
- 01 rodillos neumáticos
- 03 rodillos lisos vibratorios autopropulsados
- 01 camión cisterna de agua de 5000 glns



Figura 6. Homogenizado y compactado de material estabilizado

#### **b) Riego de impregnación**

Consiste en la aplicación de un riego asfáltico sobre una superficie previa a la colocación de otra capa bituminosa para facilitar la adherencia entre ambas, para este proyecto fue emulsión PRIME-K. También tiene el propósito de proteger la superficie ante el tránsito vehicular y ante las posibles lluvias que caen en la zona. La dosificación ha quedado definida de acuerdo al comportamiento ante el tránsito vehicular, se ha utilizado la dosificación siguiente:

Dosificación de emulsión: 0.25 gal/m<sup>2</sup>, sin usar agua, usando un camión imprimador.



Figura 7. Riego de impregnación usando un camión imprimador

### c) Recapeo asfáltico

Consiste en la producción de MAC 2 en la planta de asfalto la cual se encuentra ubicada en el Km 117+900 de la Ruta Nacional PE 10 A, para su posterior traslado a la vía mediante camiones volquetes protegidos con una carpa de lona para conservar la temperatura la mezcla asfáltica y protegerla ante posibles precipitaciones pluviales; una vez que la mezcla asfáltica llega al punto se procede con el extendido y colocación, verificando siempre que los controles de calidad se cumplan como temperatura, espesor, etc.

Equipos en planta de asfalto:

- 01 planta de asfalto
- 02 grupos electrógenos
- 01 cargador frontal
- 01 retroexcavadora



Figura 8. Producción de asfalto, en una planta marca AMMANN, modelo ADM 140 PRIME

#### Materiales en planta de asfalto para la producción de MAC-2:

- Piedra chancada de 3/4”
- Arena chancada de 1/4”
- Arena natural de 3/8”
- PEN 120/150
- Gasohol
- Petróleo diésel B-2
- Polímeros
- Aditivo Iterlow-T

#### Equipos en la colocación de MAC 2:

- 01 extendedora de aglomerado
- 02 rodillos neumáticos

- 01 rodillo tándem
- 12 camiones volquetes de 15 m<sup>3</sup>
- 01 cisterna de agua
- 01 minicargador implementado con barredora
- 01 compresor de aire
- 01 camión baranda

Materiales en la colocación de MAC 2:

- MAC 2
- Emulsión para riego de liga



Figura 9. Colocado y extendido de MAC 2

## 1.4. Formulación de problema

### Problema general

¿Cuáles son los rendimientos reales que se dieron en las actividades de reciclado, impregnación y recapeo asfáltico en el servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco - Shorey?

### Problemas específicos

- ¿Qué factores influyen en los rendimientos para las actividades de reciclado, impregnación y recapeo asfáltico en el servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco - Shorey?
- ¿Es posible mejorar los rendimientos identificando los factores que influyen en ellos?

## 1.5. Objetivos

### Objetivo general

Calcular y analizar los rendimientos reales que se dieron en las actividades de reciclado, impregnación y recapeo asfáltico en el servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco - Shorey

### Objetivos específicos

- Identificar los factores que influyen en los rendimientos o avances reales que se dieron en las actividades de reciclado, impregnación y recapeo asfáltico en el servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco – Shorey

- Determinar y/o identificar procesos para mejorar los rendimientos en el servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco – Shorey.

## 1.6. Hipótesis

### **Hipótesis general**

Los rendimientos reales que se dieron en las actividades de reciclado, impregnación y recapeo asfáltico en el servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco – Shorey son menores al 65%.

### **Hipótesis específicas**

- Se logrará identificar los factores que influyen en los rendimientos que se dieron en las actividades de reciclado, impregnación y recapeo asfáltico en el servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco – Shorey.
- Se logrará determinar y/o identificar procesos para mejorar los rendimientos en el servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco – Shorey.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

En el presente estudio se realizará una investigación descriptiva debido a que se recolectará datos directamente de campo donde se ejecuta el proyecto para su posterior análisis y/o evaluación, para así poder determinar los rendimientos reales que se dieron en las actividades de reciclado, impregnación y recapeo asfáltico en el servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco – Shorey. El método de recolección de datos será mediante reportes de campo los cuales realizan los encargados de cada frente de trabajo en obra.

### 2.2. Proceso de recolección de datos

Para recolectar los datos se implementó un formato o parte diario de control de trabajos de campo, este formato llenado y reportado por el encargado de dicho frente era entregado a oficina técnica para su ingreso y/o digitación en una base de datos, para luego realizar el análisis correspondiente sobre rendimientos, consumos, ratios de combustible, etc. Los encargados de la toma de datos eran los capataces e ingenieros de campo.

Este formato que puede ser encontrado en los anexos de este presente informe, consta de 5 partes o campos que deben ser llenados en campo:

**Parte 1:** correspondiente al encabezado donde se debe colocar la partida, la fecha y el turno de dicha actividad.

**Parte 2:** correspondiente a la partida o actividad realizada, donde se debe especificar el nombre de dicha partida o actividad, las progresivas de inicio y final, lado de la vía intervenida, también área y volumen de ser el caso.

**Parte 3:** correspondiente al personal, donde se debe llenar los datos de todo el personal involucrado en dicha actividad como su hora de ingreso y salida.

**Parte 4:** correspondiente a los equipos, donde se debe llenar los datos de los equipos o maquinaria que intervino en dicha actividad, su horómetro y odómetro inicial y final, cantidad de combustible abastecido, etc.

**Parte 5:** correspondiente a los materiales e insumos, donde se debe llenar los materiales e insumos que se usaron en la actividad, estos datos luego eran verificados con almacén para un cruce de información y verificar que las cantidades sean las correctas.

### **2.3. Sobre las principales actividades de estudio**

Se han escogido tres principales actividades para el estudio o análisis de rendimientos, las cuales viene a ser las siguientes:

#### **A. Reciclado con aporte de material**

Los datos analizados para esta actividad comprenden desde el 14/11/2019 hasta el 17/01/2020, se toma esa fecha de inicio por que fue a partir de ese día que se contó con todo lo necesario para el desarrollo de dicha actividad, como maquinaria, personal, materiales, herramientas, etc. El rendimiento obtenido por día para esta

actividad comprende los procesos de colocado y extendido de la base granular, colocado y extendido del cemento, reciclado y estabilizado del pavimento con emulsión y finalmente el homogenizado y compactado del material estabilizado.

### **B. Impregnación**

Los datos analizados para esta actividad comprenden desde el 08/01/2020 hasta el 14/02/2020.

### **C. Recapeo asfáltico**

Los datos analizados para esta actividad comprenden desde el 03/03/2020 hasta el 08/03/2020, se toma esa fecha de inicio por que fue a partir de ese día quedo instalada y operativa la planta de asfalto, también para esa fecha ya se disponía con el visto bueno por parte de la supervisión para el diseño de asfalto.

Nuestra fecha de cierre de análisis de datos es la misma que la del recapeo asfáltico el 08/03/2020, esto debido a que el Consorcio Rex venia tramitando la suspensión de plazo del servicio de Reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco – Shorey, debido a las constantes y fuertes precipitaciones pluviales que se venían ocurriendo en la zona, dichas precipitaciones no permitían que se cumpla el cronograma de avance de obra, tal y como se verá en los resultados que a continuación se presentan.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los datos obtenidos y procesados para el presente trabajo de investigación:

### 3.1. Reciclado con aporte de material

Tabla 1

*Avance real del proceso de reciclado del mes de noviembre del 2019*

Fecha	Progresivas		Longitud (m)
	Inicio	Final	
14/11/2019	1005+660	1005+950	290.00
15/11/2019	1005+360	1005+660	300.00
16/11/2019	1005+070	1005+360	290.00
18/11/2019	1005+950	1006+070	120.00
18/11/2019	1006+070	1006+360	290.00
19/11/2019	1004+885	1005+070	185.00
19/11/2019	1004+610	1004+885	267.00
20/11/2019	1004+310	1004+610	300.00
20/11/2019	1003+990	1004+310	320.00
21/11/2019	1003+680	1003+990	310.00
22/11/2019	1003+380	1003+680	300.00
22/11/2019	1003+100	1003+380	280.00
25/11/2019	1002+810	1003+100	290.00
25/11/2019	1002+610	1002+810	200.00
28/11/2019	1002+310	1002+610	300.00
<b>Total</b>			<b>4,042.00</b>

Nota. Estos avances diarios obtenidos comprenden las actividades de colocado y extendido de la base granular, colocado y extendido del cemento, reciclado y estabilizado del pavimento con emulsión y finalmente el homogenizado y compactado del material estabilizado.

Tabla 2

*Comparativo entre el avance planificado vs avance real del mes de noviembre del 2019*

Fecha	Avance planificado (m)	Avance real (m)	Observación
14/11/2019	600.00	290.00	Tramo de Prueba TDM/Bajo rendimiento debido a las lluvias
15/11/2019	600.00	300.00	Bajo rendimiento debido a las lluvias
16/11/2019	300.00	290.00	-
17/11/2019	0.00	0.00	Domingo
18/11/2019	600.00	410.00	-
19/11/2019	600.00	452.00	-
20/11/2019	600.00	620.00	-
21/11/2019	600.00	310.00	Precipitaciones pluviales
22/11/2019	600.00	580.00	-
23/11/2019	300.00	0.00	-
24/11/2019	0.00	0.00	Domingo
25/11/2019	600.00	490.00	Paro realizado por las rondas campesinas/Precipitación pluviales
26/11/2019	600.00	0.00	Paro realizado por las rondas campesinas
27/11/2019	600.00	0.00	Paro realizado por las rondas campesinas/Precipitación pluviales
28/11/2019	600.00	300.00	Bajo rendimiento debido a las lluvias
29/11/2019	600.00	0.00	Se priorizo la impregnación
30/11/2019	300.00	0.00	Impregnación/Bajo rendimiento debido a las Precipitaciones pluviales
<b>Total</b>	<b>8,100.00</b>	<b>4,042.00</b>	

Con los datos de la tabla 2 se obtiene un avance o rendimiento para el mes de noviembre de **49.90 %** (resultado de dividir el total del avance real entre el avance planificado).

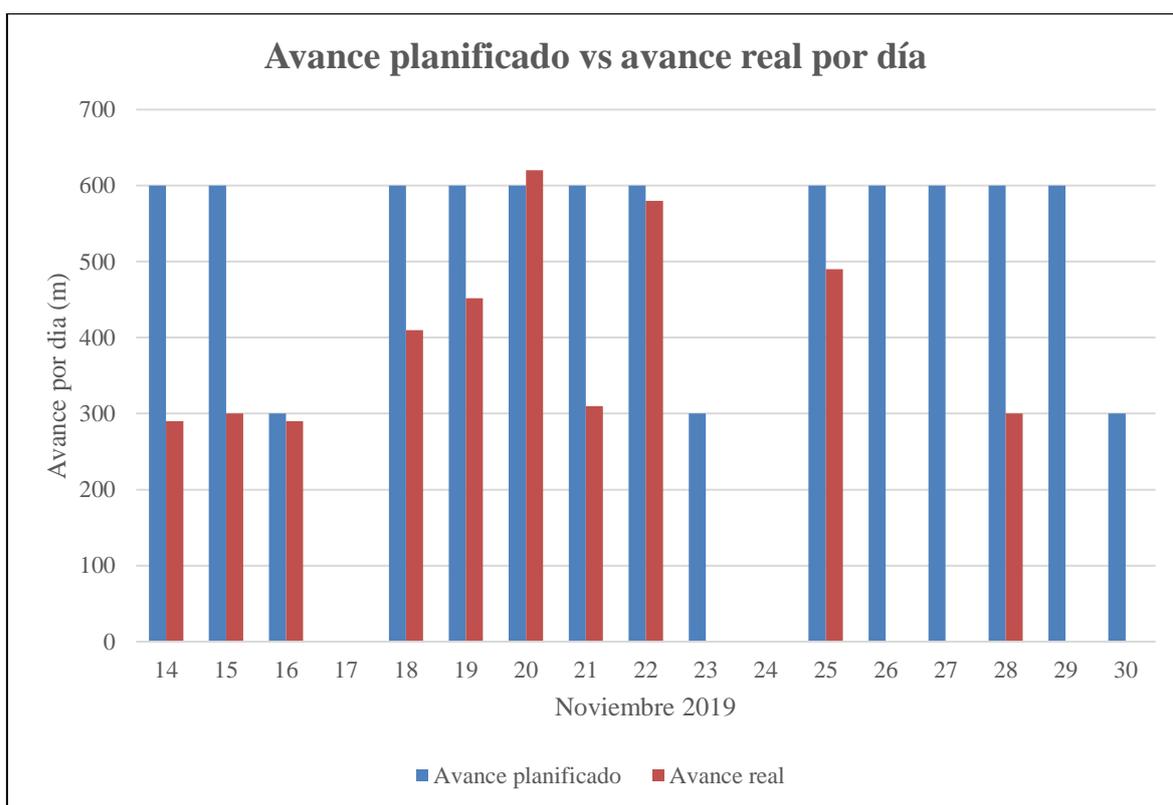


Figura 10. Histograma comparativo entre el avance real planificado vs el avance real de reciclado del mes de noviembre del 2019.

Tabla 3

*Avance real del proceso de reciclado del mes de diciembre del 2019*

Fecha	Progresivas		Longitud (m)
	Inicio	Final	
02/12/2019	1002+020	1002+310	290.00
02/12/2019	1001+740	1002+020	280.00
03/12/2019	1001+450	1001+740	290.00
04/12/2019	1001+170	1001+450	280.00
05/12/2019	1000+890	1001+170	280.00
05/12/2019	1000+610	1000+890	280.00
07/12/2019	1000+330	1000+610	280.00
07/12/2019	1000+050	1000+330	280.00
09/12/2019	999+760	1000+050	290.00
10/12/2019	999+460	999+760	300.00

Fecha	Progresivas		Longitud (m)
	Inicio	Final	
10/12/2019	999+170	999+460	290.00
10/12/2019	998+880	999+170	290.00
17/12/2019	998+600	998+880	280.00
17/12/2019	998+320	998+600	280.00
18/12/2019	998+050	998+320	270.00
19/12/2019	997+770	998+050	280.00
28/12/2019	997+485	997+770	285.00
28/12/2019	997+205	997+485	280.00
29/12/2019	996+935	997+205	270.00
<b>Total</b>			<b>5,375.00</b>

Nota. Estos avances diarios obtenidos comprenden las actividades de colocado y extendido de la base granular, colocado y extendido del cemento, reciclado y estabilizado del pavimento con emulsión y finalmente el homogenizado y compactado del material estabilizado.

Tabla 4

*Comparativo entre el avance planificado vs avance real del mes de diciembre del 2019*

Fecha	Avance planificado (m)	Avance real (m)	Observación
02/12/2019	600.00	570.00	Bajo rendimiento debido a las lluvias
03/12/2019	600.00	290.00	Bajo rendimiento debido a las lluvias
04/12/2019	600.00	280.00	Bajo rendimiento debido a las lluvias
05/12/2019	600.00	560.00	Paro realizado por las rondas campesinas/ Precipitaciones pluviales
06/12/2019	600.00	0.00	Paro realizado por las rondas campesinas/ Fuertes lluvias
07/12/2019	600.00	560.00	Bajo rendimiento debido a las lluvias
08/12/2019	0.00	0.00	Domingo
09/12/2019	600.00	290.00	Falla mecánica de cisterna de emulsión
10/12/2019	600.00	880.00	Avance real sin contratiempos
11/12/2019	600.00	0.00	Impregnación y mantenimiento de base estabilizada/Lluvias

Fecha	Avance planificado (m)	Avance real (m)	Observación
12/12/2019	600.00	0.00	Limpieza de cunetas/Lluvias
13/12/2019	600.00	0.00	Limpieza de cunetas e impregnación/ Fuertes Lluvias
14/12/2019	300.00	0.00	Limpieza de cunetas
15/12/2019	0.00	0.00	Domingo
16/12/2019	600.00	0.00	Limpieza de cunetas/Fuertes lluvias
17/12/2019	600.00	560.00	Bajo rendimiento debido a las lluvias
18/12/2019	600.00	270.00	Bajo rendimiento debido a las lluvias
19/12/2019	600.00	280.00	Bajo rendimiento debido a las lluvias
20/12/2019	600.00	0.00	Limpieza de cunetas/Luvias
21/12/2019	300.00	0.00	Limpieza de cunetas/Luvias
22/12/2019	0.00	0.00	Domingo
23/12/2019	600.00	0.00	Limpieza de cunetas/ Lluvia
24/12/2019	0.00	0.00	Día no laborable por fiestas navideñas/ Lluvia
25/12/2019	0.00	0.00	Feriado/Lluvia
26/12/2019	0.00	0.00	Día no laborable por fiestas navideñas/ Lluvia
27/12/2019	600.00	0.00	Limpieza de cunetas/Lluvia
28/12/2019	600.00	565.00	Bajo rendimiento debido a las lluvias
29/12/2019	300.00	270.00	Bajo rendimiento debido a las lluvias
30/12/2019	600.00	0.00	Bacheo y mantenimiento de la base estabilizada/Fuertes lluvias
31/12/2019	0.00	0.00	Día no laborable por fiestas navideñas/ Fuertes Lluvias
<b>Total</b>	<b>12,900.00</b>	<b>5,375.00</b>	

Con los datos de la tabla 4 se obtiene un avance o rendimiento para el mes de diciembre de **41.66 %** (resultado de dividir el total del avance real entre el avance planificado).

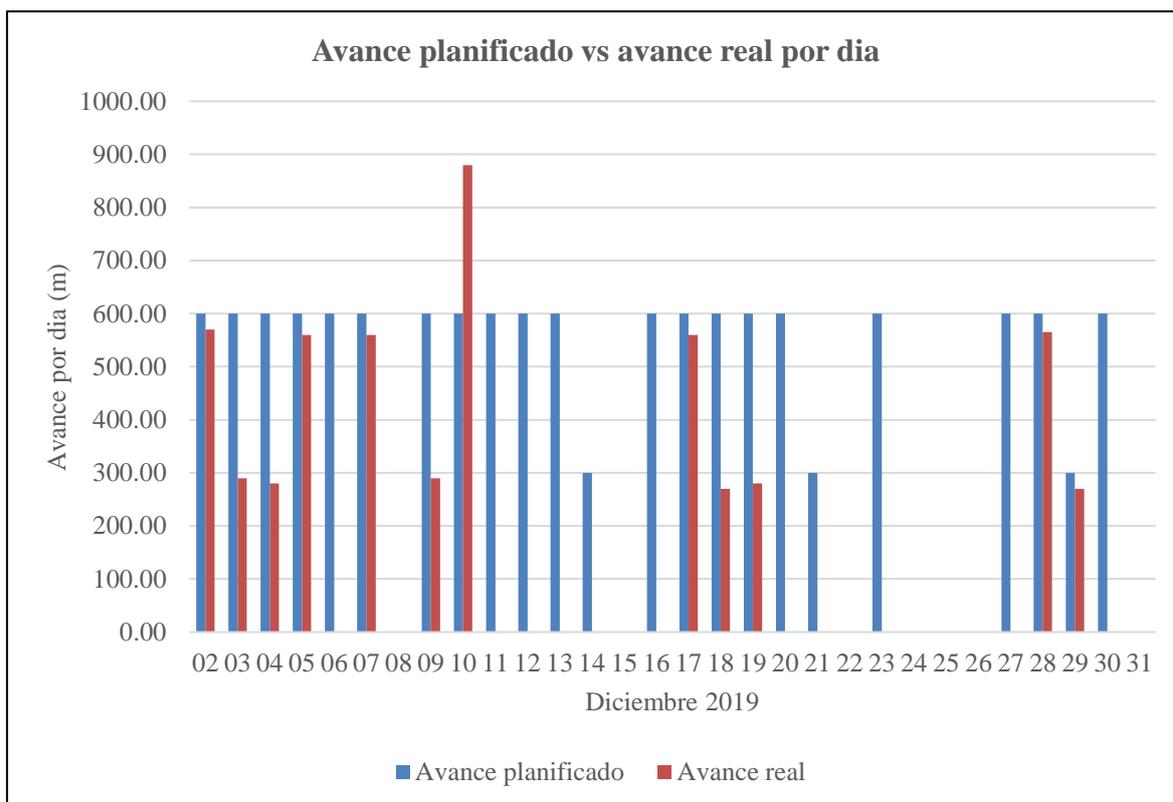


Figura 11. Histograma comparativo entre el avance real planificado vs el avance real de reciclado del mes de diciembre del 2019.

Tabla 5

*Avance real del proceso de reciclado del mes de enero del 2020*

Fecha	Progresivas		Longitud (m)
	Inicio	Final	
03/01/2020	996+645	996+935	290.00
04/01/2020	996+350	996+645	295.00
06/01/2020	996+055	996+350	290.00
07/01/2020	995+750	996+055	305.00
09/01/2020	995+450	995+750	300.00
13/01/2020	995+160	995+450	285.00
14/01/2020	994+880	995+160	280.00
15/01/2020	994+610	994+880	270.00
16/01/2020	994+340	994+610	270.00

Fecha	Progresivas		Longitud (m)
	Inicio	Final	
17/01/2020	994+207	994+340	133.00
<b>Total</b>			<b>2,718.00</b>

Nota. Estos avances diarios obtenidos comprenden las actividades de colocado y extendido de la base granular, colocado y extendido del cemento, reciclado y estabilizado del pavimento con emulsión y finalmente el homogenizado y compactado del material estabilizado.

Tabla 6

*Comparativo entre el avance planificado vs avance real del mes de enero del 2020*

Fecha	Avance planificado (m)	Avance real (m)	Observación
01/01/2020	-	-	Fuertes Lluvias/Feriado
02/01/2020	-	-	Moderadas Lluvias/Día no laborable
03/01/2020	600.00	290.00	Bajo rendimiento debido a las lluvias
04/01/2020	300.00	295.00	Reciclado y limpieza de cunetas
05/01/2020	-	0.00	Domingo
06/01/2020	600.00	290.00	Reciclado y limpieza de cunetas
07/01/2020	600.00	305.00	Reciclado e impregnación de la vía
08/01/2020	600.00	0.00	Impregnación y limpieza de cunetas
09/01/2020	600.00	300.00	Reciclado e impregnación de la vía
10/01/2020	600.00	0.00	Reparación de base e impregnación
11/01/2020	300.00	0.00	Reparación de base e impregnación/Lluvias Moderadas
12/01/2020	-	0.00	Domingo
13/01/2020	600.00	285.00	Reciclado e impregnación de la vía
14/01/2020	600.00	280.00	Reciclado e impregnación de la vía/Precipitaciones Pluviales
15/01/2020	600.00	270.00	Reciclado e impregnación de la vía/Precipitaciones Pluviales
16/01/2020	600.00	270.00	Reciclado e impregnación de la vía
17/01/2020	600.00	133.00	Reciclado e impregnación de la vía
<b>Total</b>	<b>7,200.00</b>	<b>2,718.00</b>	

Con los datos de la tabla 6 se obtiene un avance o rendimiento para el mes de enero de **37.75** % (resultado de dividir el total del avance real entre el avance planificado).

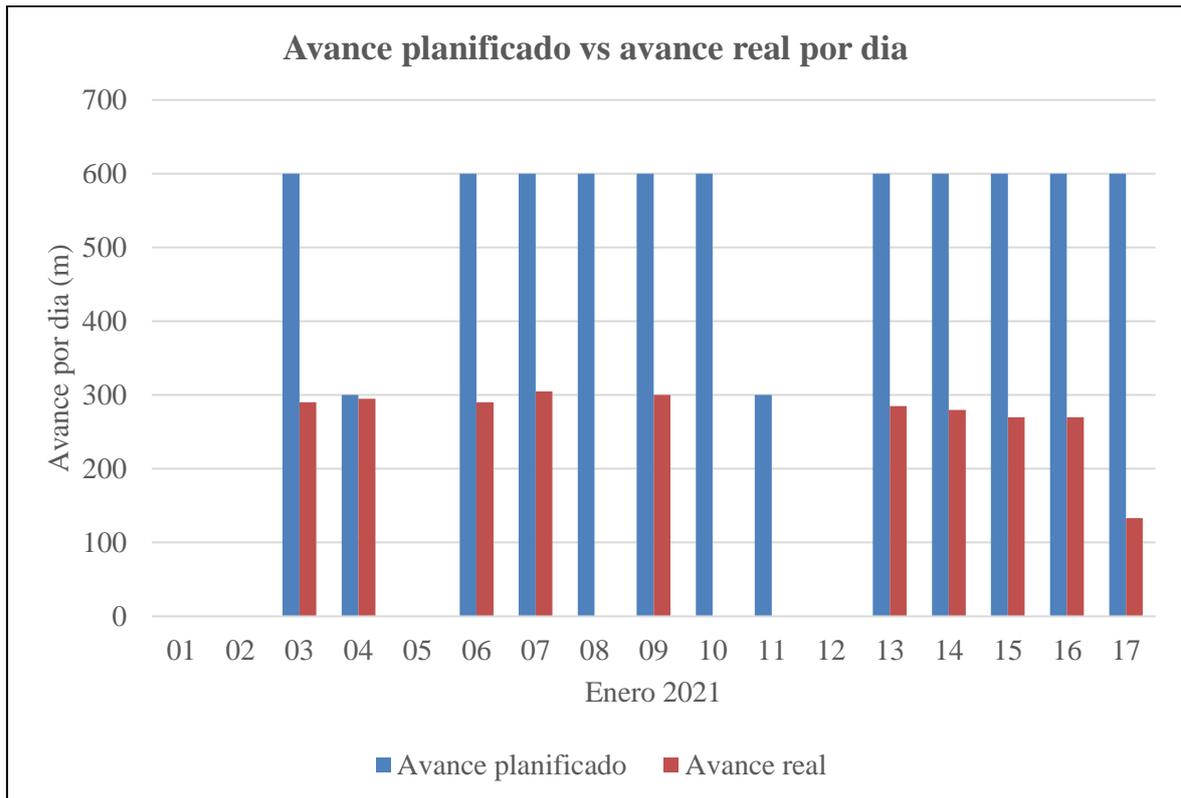


Figura 12. Histograma comparativo entre el avance real planificado vs el avance real de reciclado del mes de enero del 2020.

### 3.2. Impregnación

Tabla 7

*Avance real del proceso de impregnación del mes de enero del 2020*

Fecha	Progresivas		Lado	Longitud (m)	Avance real 2 carriles (m)
	Inicio	Final			
08/01/2020	1005+520	1006+360	derecho	840.00	420.00
10/01/2020	1005+520	1006+360	izquierdo	840.00	420.00
15/01/2020	1005+370	1005+520	derecho	150.00	75.00
15/01/2020	1005+370	1005+520	izquierdo	150.00	75.00
15/01/2020	1005+240	1005+370	plataforma	130.00	130.00
16/01/2020	1004+710	1005+240	derecho	530.00	265.00
16/01/2020	1004+710	1005+240	izquierdo	530.00	265.00
17/01/2020	1004+080	1004+710	derecho	630.00	315.00
17/01/2020	1004+080	1004+710	izquierdo	630.00	315.00
17/01/2020	1003+880	1004+080	plataforma	200.00	200.00
18/01/2020	1002+400	1003+880	plataforma	1480.00	1480.00
18/01/2020	1001+650	1002+400	plataforma	750.00	750.00
20/01/2020	1001+100	1001+650	plataforma	550.00	550.00
21/01/2020	1000+220	1001+100	derecho	880.00	440.00
21/01/2020	1000+220	1000+450	izquierdo	230.00	115.00
22/01/2020	999+860	1000+220	plataforma	360.00	360.00
22/01/2020	999+300	999+640	plataforma	340.00	340.00
23/01/2020	998+130	998+850	izquierdo	720.00	360.00
23/01/2020	999+470	999+640	izquierdo	170.00	85.00
28/01/2020	998+130	998+800	derecho	670.00	335.00
28/01/2020	997+400	998+130	derecho	730.00	365.00
29/01/2020	996+700	997+010	izquierdo	310.00	155.00
29/01/2020	997+150	997+400	izquierdo	250.00	125.00
29/01/2020	997+400	998+130	izquierdo	730.00	365.00
30/01/2020	997+150	997+400	derecho	250.00	125.00
31/01/2020	995+050	995+860	derecho	810.00	405.00
31/01/2020	996+030	997+010	derecho	980.00	490.00
<b>Total</b>					<b>9325.00</b>

Tabla 8

*Comparativo entre el avance planificado vs avance real del proceso de impregnación del mes de enero del 2020*

Fecha	Avance planificado (m)	Avance real 2 carriles (m)	Observación
08/01/2020	600.00	420.00	Impregnación y limpieza de cunetas
09/01/2020	600.00	0.00	
10/01/2020	600.00	420.00	Reparación de base e impregnación
11/01/2020	300.00	0.00	Reparación de base e impregnación/Lluvias Moderadas
12/01/2020	-	0.00	Domingo
13/01/2020	600.00	0.00	Reciclado e impregnación de la vía
14/01/2020	600.00	0.00	Reciclado e impregnación de la vía/Precipitaciones Pluviales
15/01/2020	600.00	280.00	Reciclado e impregnación de la vía/Precipitaciones Pluviales
16/01/2020	600.00	530.00	Reciclado e impregnación de la vía
17/01/2020	600.00	830.00	Reciclado e impregnación de la vía
18/01/2020	300.00	2230.00	Reparación de base e impregnación
19/01/2020	-	0.00	Domingo
20/01/2020	600.00	550.00	Reparación de base e impregnación/Precipitaciones Pluviales
21/01/2020	600.00	555.00	Impregnación de la vía y limpieza de cunetas/Precipitaciones Pluviales
22/01/2020	600.00	700.00	Impregnación de la vía y limpieza de cunetas
23/01/2020	600.00	445.00	Reparación de base e impregnación
24/01/2020	600.00	0.00	Fuertes Lluvias/Reparación o reconformación de base y trabajos de impregnación
25/01/2020	300.00	0.00	Fuertes Lluvias/Mantenimiento de base estabilizada
26/01/2020	-	0.00	Lluvias Moderadas/Domingo
27/01/2020	600.00	0.00	Precipitaciones Pluviales/Mantenimiento de Base Estabilizada
28/01/2020	600.00	700.00	Impregnación/Limpieza de cunetas
29/01/2020	600.00	645.00	Fuertes Lluvias/Impregnación y limpieza de cunetas
30/01/2020	600.00	125.00	Lluvias Moderadas/Impregnación y limpieza de cunetas
31/01/2020	600.00	895.00	Impregnación y limpieza de cunetas

Fecha	Avance planificado (m)	Avance real 2 carriles (m)	Observación
Total	11,700.00	9,325.00	

Con los datos de la tabla 8 se obtiene un avance o rendimiento en el proceso de impregnación para el mes de enero de **79.70 %** (resultado de dividir el total del avance real entre el avance planificado).

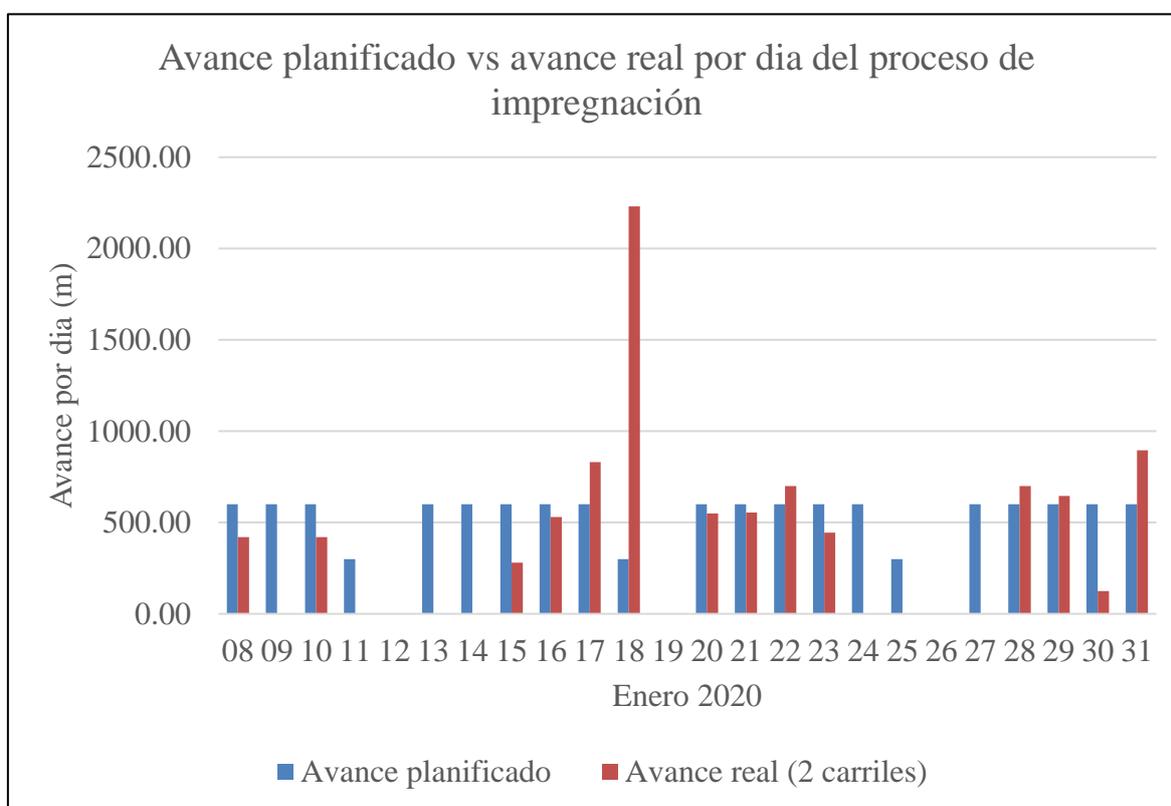


Figura 13. Histograma comparativo entre el avance real planificado vs el avance real del proceso de impregnación del mes de enero del 2020.

Tabla 9

*Avance real del proceso de impregnación del mes de febrero del 2020*

Fecha	Progresivas		Lado	Longitud (m)	Avance real 2 carriles (m)
	Inicio	Final			
05/02/2020	994+890	996+400	izquierdo	1510.00	755.00
06/02/2020	994+207	995+050	derecho	843.00	421.50
06/02/2020	994+207	994+890	izquierdo	683.00	341.50
07/02/2020	995+860	996+030	derecho	170.00	85.00
07/02/2020	997+010	997+150	derecho	140.00	70.00
07/02/2020	996+400	996+700	izquierdo	300.00	150.00
07/02/2020	997+010	997+150	izquierdo	140.00	70.00
10/02/2020	1000+450	1001+100	izquierdo	650.00	325.00
12/02/2020	998+850	999+300	plataforma	450.00	450.00
13/02/2020	999+640	999+860	plataforma	220.00	220.00
14/02/2020	998+800	998+850	derecho	50.00	25.00
<b>Total</b>					<b>2913.00</b>

Tabla 10

*Comparativo entre el avance planificado vs avance real del proceso de impregnación del mes de febrero del 2020*

Fecha	Avance planificado (m)	Avance real 2 carriles (m)	Observación
05/02/2020	600.00	755	Lluvias Moderadas/Impregnación y mantenimiento de vía
06/02/2020	600.00	763	Fuertes Lluvias/Impregnación y mantenimiento de vía
07/02/2020	600.00	375	Fuertes Lluvias/Impregnación
08/02/2020	300.00	0.00	Lluvias Moderas
09/02/2020	-	0.00	Precipitaciones Pluviales/Domingo/Extendido y compactado de MAC2
10/02/2020	600.00	325	Precipitaciones Pluviales/Impregnación y limpieza de cunetas
11/02/2020	600.00	0.00	Lluvias/Extendido y compactado de MAC2
12/02/2020	600.00	450	Impregnación de vía

13/02/2020	600.00	220	Lluvias / impregnación de vía
14/02/2020	600.00	25	Precipitaciones Pluviales/ impregnación de vía
<b>Total</b>	<b>3000.00</b>	<b>2913.00</b>	

Con los datos de la tabla 10 se obtiene un avance o rendimiento en el proceso de impregnación para el mes de enero de **97.10 %** (resultado de dividir el total del avance real entre el avance planificado).

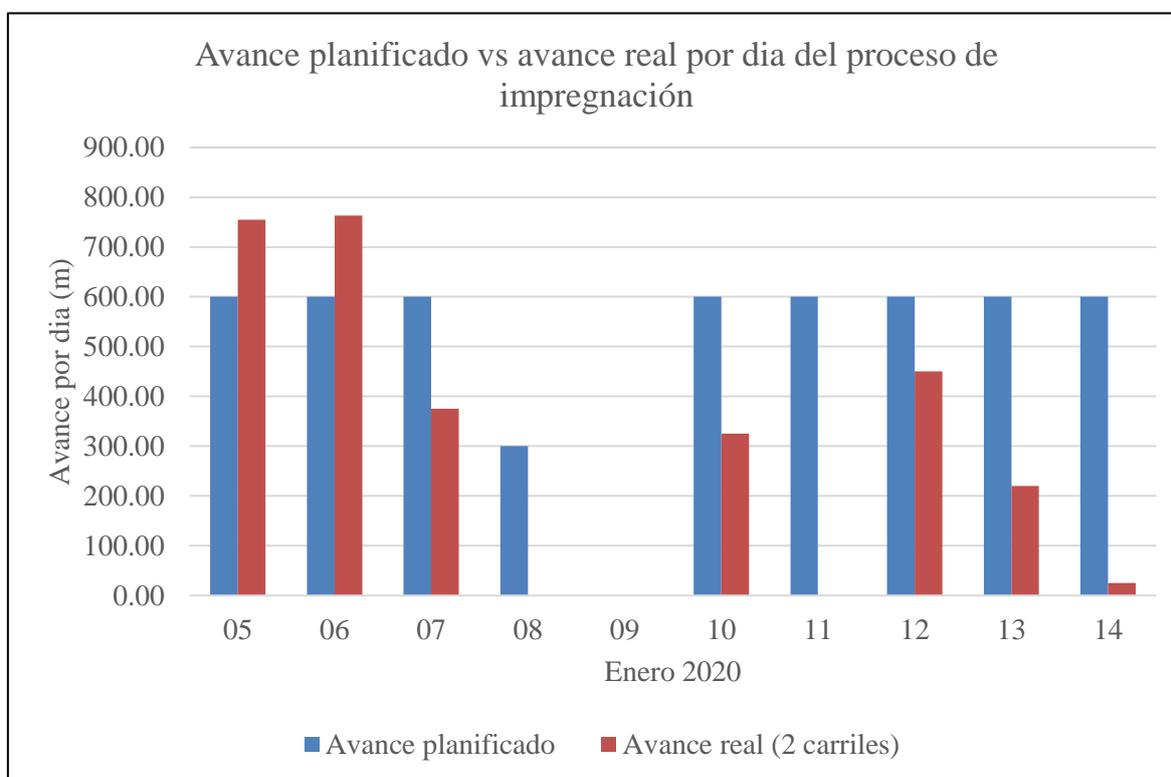


Figura 14. Histograma comparativo entre el avance real planificado vs el avance real del proceso de impregnación del mes de febrero del 2020.

### 3.3.Recapeo asfáltico

Tabla 11

*Avance real de recapeo asfáltico del mes de febrero del 2020*

Fecha	Progresivas		Lado	Longitud (m)	Avance real 2 carriles (m)
	Inicio	Final			
03/02/2020	1002+133	1002+377	Derecho	244.00	122.00
04/02/2020	1002+130	1002+440	Izquierdo	310.00	155.00
09/02/2020	1002+370	1003+080	Derecho	710.00	355.00
11/02/2020	1002+440	1003+230	Izquierdo	790.00	395.00
12/02/2020	1003+080	1004+200	Derecho	1120.00	560.00
13/02/2020	1003+230	1004+160	Izquierdo	930.00	465.00
15/02/2020	1004+160	1005+350	Izquierdo	1190.00	595.00
16/02/2020	1004+200	1004+820	Derecho	620.00	310.00
17/02/2020	1004+820	1005+990	Derecho	1170.00	585.00
18/02/2020	1005+350	1006+360	Izquierdo	1010.00	505.00
19/02/2020	1005+990	1006+350	Derecho	360.00	180.00
20/02/2020	994+207	994+560	Izquierdo	353.00	176.50
20/02/2020	994+207	994+560	Derecho	353.00	176.50
20/02/2020	994+560	994+910	Izquierdo	350.00	175.00
20/02/2020	994+560	994+850	Derecho	290.00	145.00
21/02/2020	994+850	995+500	Derecho	650.00	325.00
21/02/2020	994+910	995+550	Izquierdo	640.00	320.00
22/02/2020	995+500	996+190	Derecho	690.00	345.00
24/02/2020	996+190	996+960	Derecho	770.00	385.00
24/02/2020	997+110	997+280	Derecho	170.00	85.00
26/02/2020	995+550	996+310	Izquierdo	760.00	380.00
27/02/2020	996+310	997+000	Izquierdo	690.00	345.00
28/02/2020	996+960	997+110	Derecho	150.00	75.00
28/02/2020	997+000	997+480	Izquierdo	480.00	240.00
<b>Total</b>					<b>7400.00</b>

Tabla 12

*Comparativo entre el avance planificado vs avance real del proceso de recapeo asfáltico del mes de febrero del 2020*

Fecha	Avance planificado (m)	Avance real 2 carriles (m)	Observación
01/02/2020	300.00	0.00	Lluvias Moderadas/Limpieza de cunetas
02/02/2020	-	0.00	Fuertes Lluvias/Domingo
03/02/2020	600.00	122.00	Fuertes Lluvias/Limpieza de cunetas y Tramo de Prueba MAC2
04/02/2020	600.00	155.00	Fuertes Lluvias/Extendido y compactado de MAC2
05/02/2020	600.00	0.00	Lluvias Moderadas/Impregnación y mantenimiento de vía
06/02/2020	600.00	0.00	Fuertes Lluvias/Impregnación y mantenimiento de vía
07/02/2020	600.00	0.00	Fuertes Lluvias/Impregnación
08/02/2020	300.00	0.00	Lluvias Moderadas
09/02/2020	-	355.00	Precipitaciones Pluviales/Domingo/Extendido y compactado de MAC2
10/02/2020	600.00	0.00	Precipitaciones Pluviales/Impregnación y limpieza de cunetas
11/02/2020	600.00	395.00	Fuertes Lluvias/Extendido y compactado de MAC2
12/02/2020	600.00	560.00	Extendido y compactado de MAC2
13/02/2020	600.00	465.00	Fuertes Lluvias/Extendido y compactado de MAC2
14/02/2020	600.00	0.00	Precipitaciones Pluviales
15/02/2020	300.00	595.00	Fuertes Lluvias
16/02/2020		310.00	Lluvias Moderadas/Extendido y compactado de MAC2
17/02/2020	600.00	585.00	Lluvias Moderadas/Extendido y compactado de MAC2
18/02/2020	600.00	505.00	Extendido y compactado de MAC2
19/02/2020	600.00	180.00	Precipitaciones Pluviales/Extendido y Compactado de MAC2
20/02/2020	600.00	673.00	Extendido y compactado de MAC2
21/02/2020	600.00	645.00	Extendido y compactado de MAC2
22/02/2020	300.00	345.00	Extendido y compactado de MAC2
23/02/2020		0.00	Domingo
24/02/2020	600.00	470.00	Lluvias Moderadas/Extendido y compactado de MAC2

Fecha	Avance planificado (m)	Avance real 2 carriles (m)	Observación
25/02/2020	600	0.00	Precipitaciones Pluviales
26/02/2020	600	380.00	Lluvias Moderadas/Extendido y compactado de MAC2
27/02/2020	600	345.00	Lluvias Moderadas/Extendido y compactado de MAC2
28/02/2020	600	315.00	Lluvias Moderadas/Extendido y compactado de MAC2
29/02/2020	300	0.00	Precipitaciones Pluviales
<b>Total</b>	<b>13500.00</b>	<b>7400.00</b>	

Con los datos de la tabla 12 se obtiene un avance o rendimiento para el mes de febrero en la actividad de recapeo asfáltico de **54.81 %** (resultado de dividir el total del avance real entre el avance planificado).

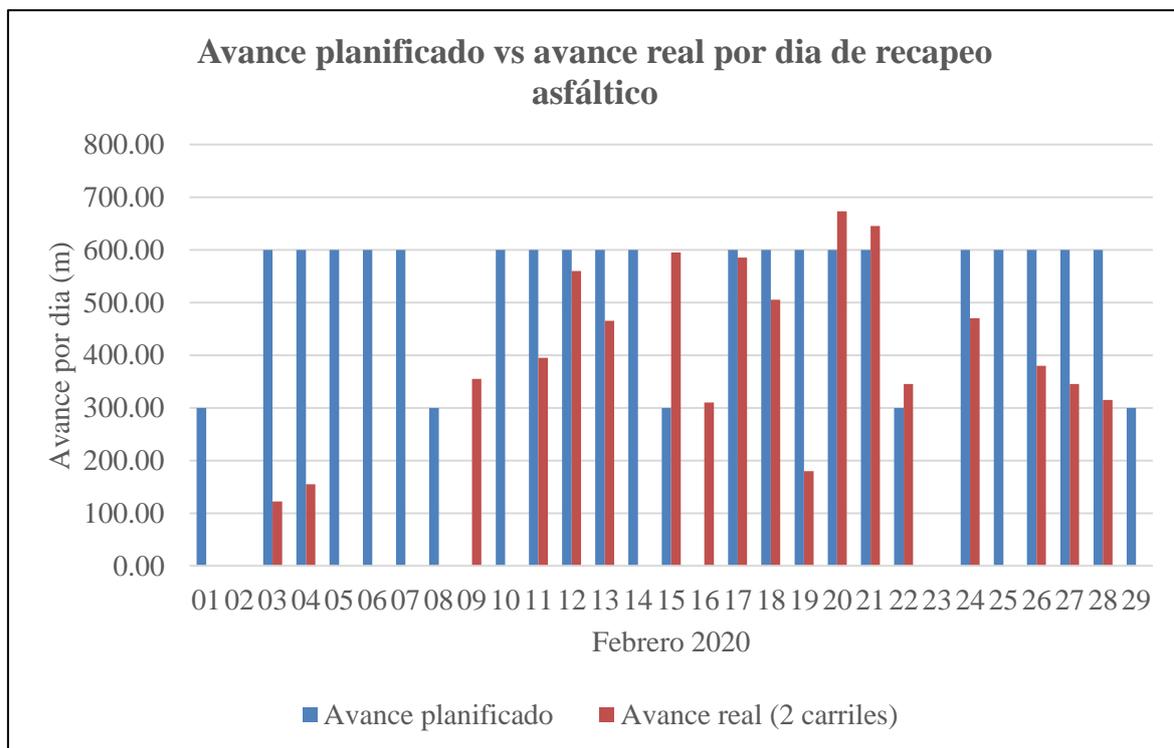


Figura 15. Histograma comparativo entre el avance real planificado vs el avance real del proceso de recapeo asfáltico del mes de febrero del 2020.

Tabla 13

*Avance real de recapeo asfáltico del mes de marzo del 2020*

Fecha	Progresivas		Lado	Longitud (m)	Avance real 2 carriles (m)
	Inicio	Final			
02/03/2020	997+280	997+850	Derecho	570.00	285.00
03/03/2020	997+480	998+270	Izquierdo	790.00	395.00
03/03/2020	997+850	998+010	Derecho	160.00	80.00
03/03/2020	998+080	998+190	Derecho	110.00	55.00
04/03/2020	998+190	998+600	Derecho	410.00	205.00
04/03/2020	998+010	998+080	Derecho	70.00	35.00
04/03/2020	998+270	998+760	Izquierdo	490.00	245.00
05/03/2020	1002+000	1002+133	Derecho	133.00	66.50
05/03/2020	1001+970	1002+133	Izquierdo	163.00	81.50
05/03/2020	998+600	999+000	Derecho	400.00	200.00
05/03/2020	998+760	998+970	Izquierdo	210.00	105.00
06/03/2020	998+970	999+150	Izquierdo	180.00	90.00
07/03/2021	1005+000	1006+360	P. completa	-	1360.00
08/03/2021	1001+970	1002+000	P. completa	-	15.00
08/03/2021	999+000	999+150	P. completa	-	75.00
<b>Total</b>					<b>3293.00</b>

Tabla 14

*Comparativo entre el avance planificado vs avance real del proceso de recapeo asfáltico del mes de marzo del 2020*

Fecha	Avance planificado (m)	Avance real 2 carriles (m)	Observación
01/03/2020	0.00	0.00	Domingo / Fuertes lluvias
02/03/2020	600.00	285.00	Lluvias Moderadas/Extendido y compactado de MAC2
03/03/2020	600.00	530.00	Lluvias Moderadas/Extendido y compactado de MAC2
04/03/2020	600.00	485.00	Lluvias Moderadas/Extendido y compactado de MAC2

Fecha	Avance planificado (m)	Avance real 2 carriles (m)	Observación
05/03/2020	600.00	453.00	Lluvias Moderadas/Extendido y compactado de MAC2
06/03/2020	600.00	90.00	Lluvias Moderadas/Extendido y compactado de MAC2
07/03/2020	600.00	1360.00	Extendido y compactado de MAC2
08/03/2020	0.00	90.00	Domingo / Fuertes lluvias
Total	3600.00	3293.00	

Con los datos de la tabla 14 se obtiene un avance o rendimiento para el mes de marzo en la actividad de recapeo asfáltico de **91.47 %** (resultado de dividir el total del avance real entre el avance planificado).

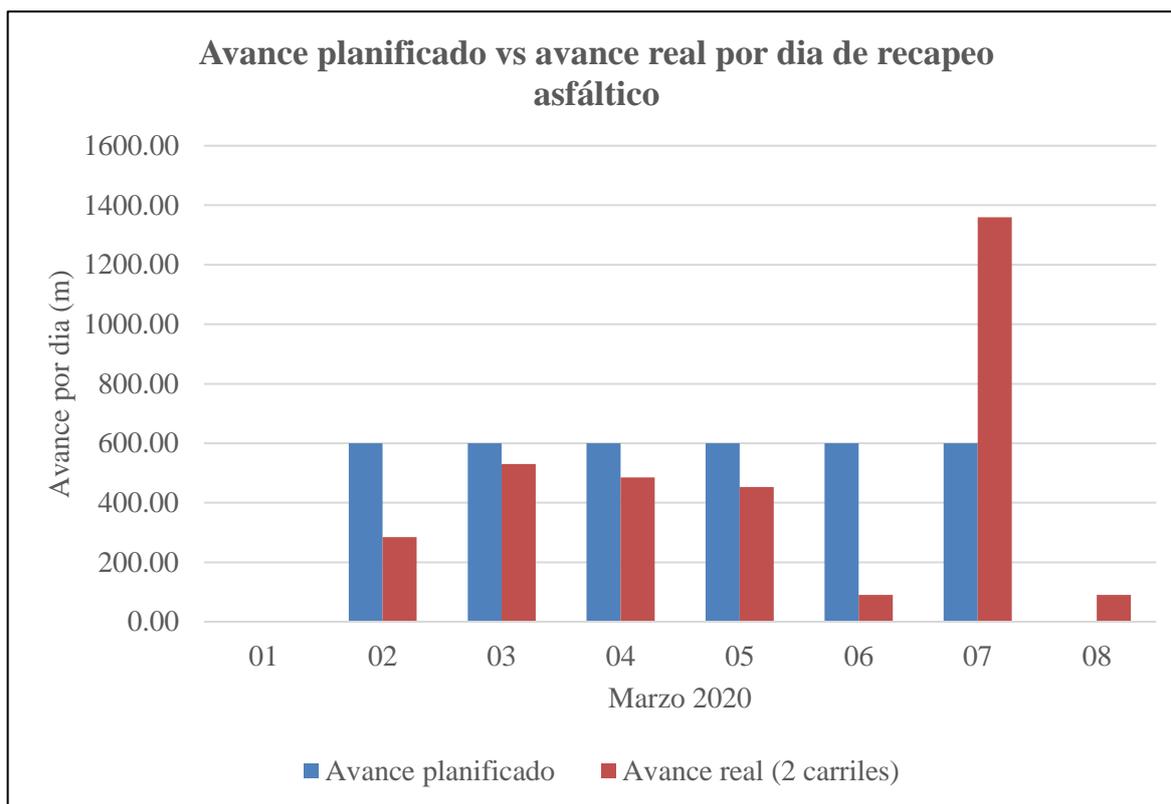


Figura 16. Histograma comparativo entre el avance real planificado vs el avance real del proceso de recapeo asfáltico del mes de marzo del 2020.

### **3.4.Histórico de precipitaciones pluviales**

Como se observa en las tablas anteriores las precipitación pluviales es el factor principal que afectan los avances o rendimientos de las principales actividades en estudio, a continuación de presenta un histograma de precipitaciones históricas desde el mes de enero 2015 hasta diciembre del 2019, la precipitaciones graficadas es el promedio del reporte de las estaciones estereológicas (EM) de Huacamarcanga, Cachicadan y Quiruvilca, se analizaron estas tres EM debido a que estas son cercanas y representativas para el servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco – Shorey.

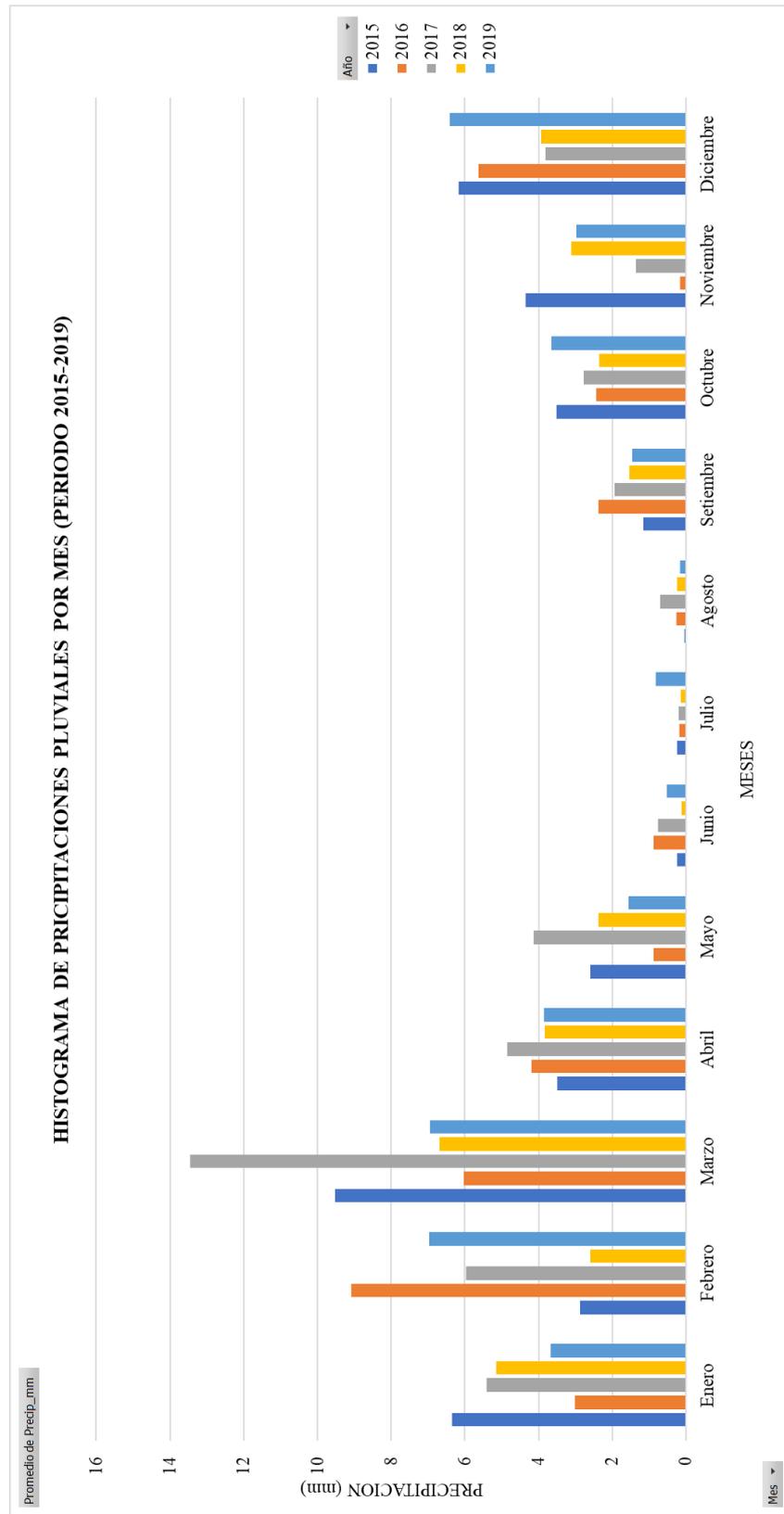


Figura 17. Histograma del promedio de precipitaciones mensuales de las estaciones meteorológicas de Huacamarca, Cachicadan y Quiruvilca por año desde el 2015 hasta el 2019.

Tabla 15

*Resumen de metodología y resultados de investigaciones anteriores sobre reciclado de pavimentos*

Nº	Autor	Título	Metodología	Buscador	País	Resultado / conclusión / resumen
1	Alvaro Gonzalez, Misko Cubrinovski, Bryan Pidwerbesky, David Alabaster. (2012)	Desempeño de pavimentos estabilizado con asfalto espumado en una prueba de pavimentos a escala real y carga acelerada	Experimental	SCIELO	Chile	El reciclaje en frío de pavimentos in situ utilizando asfalto espumado es una técnica de construcción que recupera el pavimento flexible envejecido, añadiendo simultáneamente agentes estabilizadores para mejorar las propiedades del material recuperado. Esta técnica recicla el 100% de los agregados existentes, reduciendo el consumo de agregados y el transporte de materiales en los caminos rehabilitados.
2	Villa Chaman, Víctor Manuel. (2015)	Reciclado In Situ En Frío De Pavimentos Empleando Emulsiones Asfálticas – Aplicación: Colegio FAP Manuel Polo Jiménez, Urb. San Gabino – Santiago de Surco	Experimental	EBSCO	Perú	En base a la aplicación realizada en el tramo de prueba, se pudieron extraer costos precisos de la elaboración y aplicación de un reciclado in situ en frío con emulsión asfáltica catiónica y se llegó a obtener un ahorro entre el 10 y 20% (13.97%) en comparación de haberla realizado con un método convencional, como es el usar mezcla asfáltica en caliente, como se puede apreciar en el cuadro 6.3.

N°	Autor	Título	Metodología	Buscador	País	Resultado / conclusión / resumen
3	Vargas Dávila, Franklin. (2015)	Reciclado de pavimento asfáltico en frío con cemento en proyectos de conservación vial: servicio de conservación vial Panamericana Sur	Descriptiva	EBSCO	Perú	El reciclado de pavimentos en frío con adición cemento surge como propuesta de solución técnica para la rehabilitación del pavimento existente deteriorado, dentro del plan de conservación vial en los denominados contratos por niveles de servicio, debido a sus amplias ventajas en comparación con los tratamientos clásicos de rehabilitación de pavimentos, lo cual en muchos casos resulta la alternativa más económica de rehabilitación para este tipo de contratos.
4	Fabricio Leiva Villacorta, Adriana Vargas Nordbeck. (2017)	Mejores prácticas para diseñar mezclas asfálticas con pavimento asfáltico recuperado (RAP)	Revisión sistemática	SCIELO	Costa Rica	La utilización de pavimento asfáltico recuperado (RAP en inglés) en carreteras se ha convertido en una estrategia importante para ayudar a compensar el aumento del precio de las materias primas y mejorar la sostenibilidad de la infraestructura de transporte. La forma de caracterizar los materiales de reciclado, el diseño de mezcla, los ensayos de desempeño y las prácticas constructivas no siguen ninguna práctica estándar conocida.

N°	Autor	Título	Metodología	Buscador	País	Resultado / conclusión / resumen
5	Rodolfo Arias, Beyer Rivera. (2019)	Evaluación del comportamiento físico mecánico de mezclas en frio para vías de bajo volumen de transito de Colombia utilizando 100 % de pavimento asfaltico reciclado	Experimental	EBSCO	Colombia	Reciclado del pavimento asfaltico, mediante la caracterización y el ensayo del material reciclado para mezclas asfálticas en frio, con esto se pretende encontrar resultados que puedan generar alternativas de pavimentación económicas, duraderas, favorables con el medio ambiente y con un mejor nivel de servicio que pueda ser utilizado por las diferentes entidades los proyectos de mejoramiento y mantenimiento de vías
6	Bejarano Benites, Wilson Valerio. (2020)	Aplicación de pavimentos flexibles reciclados en la construcción de nuevos pavimentos económicos en el Perú - 2020. Revisión sistemática	Revisión sistemática	EBSCO	Perú	En general, la aplicación de pavimentos reciclados resulta sostenible, Pues en todos los casos investigados, ha cumplido con buen desempeño estructural, además de reducir el impacto ambiental (al consumir poco material granular virgen y reducir emisiones de CO) y resultan bastante económicas.

N°	Autor	Título	Metodología	Buscador	País	Resultado / conclusión / resumen
7	Danny Espinoza, Johana Uyaguari. (2021)	Análisis de reciclado en frío de pavimentos para vías de bajo volumen de tráfico en la provincia del Azuay	Experimental	EBSCO	Ecuador	El reciclado de la carpeta asfáltica de pavimentos antiguos como método de rehabilitación con el fin de tener un ahorro económico respecto a la rehabilitación convencional y que puede ser implementado por la empresa pública ASFALTAR EP.

Nota. En la tabla 15 se presenta los resultados de investigaciones realizadas por otros autores, también se presenta la página donde se realizó la búsqueda de la información usando EBSCO y SCIELO como metabuscadores, en esta tabla se puede apreciar que casi nula la información disponible sobre rendimientos para reciclado de pavimentos e allí la importancia del presente informe que tiene como objetivo ello.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

- Las precipitaciones pluviales sin duda fue el factor principal del bajo avance o rendimiento del servicio que se venía desarrollando sobre los 3000 m.s.n.m, el histórico de precipitaciones pluviales de las estaciones Huacamarcanga, Cachicadan y Quiruvilca del SENAMHI, nos indican que entre los meses de mayo y setiembre meses donde las lluvias se dan con poca o mediana intensidad se puede desarrollar este servicio de reciclado y recapeo asfáltico para poder lograr los avances que se planifican.
- Los equipos críticos de este servicio fueron la planta de asfalto, la recicladora de pavimento y la extendedora de asfalto, por ello garantizar su operatividad con un plan de mantenimiento adecuado y oportuno es fundamental para que la ejecución de este servicio se desarrolle sin contratiempos. Para este servicio no se toma en cuenta los equipos de chancado como equipo crítico debido a que los agregados eran suministrados por un tercero.
- Conocer los rendimientos que se dieron en las actividades de reciclado, impregnación y recapeo asfáltico del servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de chuco – Shorey, permitirá poder identificar los factores que influyen en ellos, para tomar acciones y tratar de mitigarlos de ser posible.

- En el Perú aún quedan muchas vías terrestres que esperan su oportuno mantenimiento y la opción del reciclado de pavimentos se está aplicando en varias carreteras a nivel nacional evitando así la sobreexplotación de canteras.

### **Limitación**

Poca información o publicaciones sobre reciclado y estabilizado de pavimentos a nivel nacional e internacional tal y como se aprecia en la tabla 15, donde no se encontró datos sobre rendimientos para reciclado de pavimentos.

### **4.2. Conclusiones**

- Para la actividad de reciclado con aporte de material los rendimientos obtenidos fueron inferiores al 65%, siendo estos 49.90 % para noviembre 2019, 41.67 % para diciembre 2019 y 37.75 % para enero del 2020, como se observa en las tablas 2, 4 y 6 el principal factor que influye en estos bajos rendimientos son las precipitaciones pluviales.
- Las precipitaciones pluviales afectaban todo el proceso de la actividad de reciclado y estabilizado del pavimento, empezando por los agregados que conformaban la base granular haciendo que la humedad en ellos sea muy elevado, mucho más alto que el óptimo definido en el ensayo de Proctor modificado requerido para la compactación, no se podía adicionar el cemento, componente que funciona como estabilizador de la estructura del pavimento, porque según la EG 2013, no es posible ejecutar en períodos de lluvia por la rápida reacción química del cemento (proceso de hidratación

prematura), lo cual generaría una mezcla no homogénea y con presencia de “los famosos grumos”, perjudicando la calidad del producto final.

- El equipo crítico para esta actividad es la recicladora, la cual solo limitada su avance a las precipitaciones pluviales y ocasionalmente a fallas mecánicas, esto se observa en los resultados obtenidos para algunos días donde las lluvias o falla mecánica no sucedían y se cumplía con el avance programado que era de 600 m (todo el ancho de la vía).
- La otra actividad principal analiza fue la impregnación donde los rendimientos obtenidos fueron superiores al 65%, siendo estos 79.70 % para enero y 97.10 % para febrero del 2020, como se observa en las tablas 8 y 10, al ser un proceso que se llevó usando un camión imprimador el porcentaje de avance se acerco al optimo como es el caso para el mes de enero que estuvo cercano al 100%.
- Para la actividad de recapeo asfáltico los rendimientos obtenidos fueron inferiores al 65% para el mes de febrero del 2020 con 54.81 % y superior al 65 % para el mes de marzo del 2020 con 91.47 %, como se observa en las tablas 12 y 14, el principal factor que influyó en el bajo porcentaje de avance para el mes de febrero fueron las precipitaciones pluviales los cuales limitaban el extendido de la carpeta asfáltica.
- Uno de los equipos críticos de esta actividad fue la planta de asfalto lo cual también vio afectado su rendimiento o producción de MAC 2, debido a que los agregados estaban muy húmedos por las lluvias y el proceso de secado de estos por la planta

era lento, en los 5 días de marzo del 2020 donde ocurrió pocas precipitaciones pluviales se tuvo un gran avance en la actividad de recapeo asfáltico con un porcentaje de 91.47 %, estando muy cerca del avance planificado tal y como se observa en la tabla 14.

- Una opción para mejorar los rendimientos en la actividad de reciclado, es abrir otro frente de trabajo contratando una segunda recicladora, si bien es cierto esto implicaría gastos adicionales en el presupuesto, pero se lograría cumplir con el avance programado.
  
- En la figura 17, se puede apreciar que para la zona donde se venía ejecutando el servicio de reciclado y recapeo las precipitaciones pluviales comienzan con moderada y alta intensidad el mes de octubre hasta abril-mayo, es por ello que los rendimientos para la actividad de reciclado y recapeo asfalto son menores al 65%, ejecutar este servicio entre los meses de mayo y setiembre donde se presentas pocas precipitaciones pluviales hubiese permitido incrementar los rendimientos o avances de este servicio.

## REFERENCIAS

Manual de carreteras, (2013). *Especificaciones técnicas para construcción de carreteras EG-2013*.

Provias Nacional, (2019). *Repositorio anual 2019*.

Quesada, V. (2004). *Introducción al reciclado de pavimentos asfálticos. Última revisión agosto de 2015*.

Espinoza, P. & Vildoso, J. (2014). *Estudio de la técnica del reciclado con asfalto espumado en las carreteras la Oroya – Chicrín – Huánuco – Tingo María – DV. Tocache y Conococha – Yanacancha*. Universidad Ricardo Palma.

Fano, J. & Chávez, M. (2017). *Diseño estructural de un pavimento básico reciclado y mejorado con cemento portland para diferentes dosificaciones en el proyecto de conservación vial de Huancavelica*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Restrepo, H. & Stephens, S. (2015). *Estudio de las ventajas económicas del reciclaje en frío in situ de pavimentos asfálticos*. Universidad de Medellín de Colombia.

Campoverde Espinoza, D. X., & Uyaguari Perea, J. A. (2021). *Análisis de reciclado en frío de pavimentos para vías de bajo volumen de tráfico en la provincia del Azuay*.

Bejarano Benites, W. V. (2020). *Aplicación de pavimentos flexibles reciclados en la construcción de nuevos pavimentos económicos en el Perú - 2020. Revisión sistemática* [Universidad Privada del Norte].

Villa Chaman, V. M. (2015). *Reciclado in situ en frío de pavimentos empleando emulsiones asfálticas: aplicación: colegio FAP Manuel Polo Jiménez.*

Gonzalez, Alvaro, Cubrinovski, Misko, Pidwerbesky, Bryan, & Alabaster, David. (2012). Desempeño de pavimentos estabilizado con asfalto espumado en una prueba de pavimentos a escala real y carga acelerada. *Revista ingeniería de construcción*, 27(2), 05-17. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732012000200001>

Leiva-Villacorta, Fabricio, & Vargas-Nordcbeck, Adriana. (2017). Mejores prácticas para diseñar mezclas asfálticas con pavimento asfáltico recuperado (RAP). *Infraestructura Vial*, 19(33), 35-44. Retrieved May 27, 2021, from [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2215-37052017000100035&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-37052017000100035&lng=en&tlng=es).

Vargas Dávila, F. (2015). *Reciclado de pavimento asfáltico en frío con cemento en proyectos de conservación vial: servicio de conservación vial Panamericana Sur.*

## ANEXOS

A continuación, se presenta el formato de control de trabajos de campo que se utilizo para recolectar la información y así poder calcular y analizar los avances o rendimientos en el “Servicio de reciclado y recapeo de la carretera Santiago de Chuco – Shorey”. También se anexa un formato de control llenado en campo.

	<b>CONTROL DE TRABAJOS DE CAMPO</b> "SERVICIO DE RECICLADO Y RECAPEO DE LA CARRETERA SANTIAGO DE CHUCO-SHOREY"	<b>N°:</b>
---	---	------------

PARTIDA PRESUPUESTO: \_\_\_\_\_ CODIGO: \_\_\_\_\_

ACTIVIDAD REALIZADA: \_\_\_\_\_ CODIGO: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ TURNO:  D  N LUGAR: \_\_\_\_\_

Nro.	COD. ACTIVIDAD	ACTIVIDAD: METRADO	PK INICIO	PK FIN	LADO	LONGITUD	AREA	VOLUMEN
1								
2								

**PERSONAL:**

Nro.	NRO TAREO	NOMBRE Y APELLIDO	DNI	H. INICIO	H. FIN	H.H	OBSERVACIONES
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

**EQUIPO:**

Nro.	NRO PARTE	EQUIPO	CODIGO	H. INICIO	H. FIN	H.M	NRO VALE	PETROLEO
1								
2								
3								
4								
5								

**MATERIALES, INSUMOS:**

Nro.	NRO VALE	MATERIALES	CODIGO	UNIDAD	CANTIDAD	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						

\_\_\_\_\_  
R.P. FRENTE DE CAMPO

\_\_\_\_\_  
AREA COSTOS Y PRESUPUESTOS

\_\_\_\_\_  
RESIDENCIA

<b>Consortio Rex</b>	<b>CONTROL DE TRABAJOS DE CAMPO</b> SERVICIO DE RECIKLADO Y RECAPEO DE LA CARRETERA: SANTIAGO DE CHUCO - SHOREY.	<b>Nº 002362</b>

PARTIDA PRESUPUESTO: RECAPEO ASFALTICO CODIGO: 2.03

ACTIVIDAD REALIZADA: Colocacion de MAC. CODIGO: 2.03.02

FECHA: 02/03/2020 TURNO:  D  N LUGAR: Santiago de Chuco - Shorey

Nro.	COD. PARTIDA	PARTIDA: DETRADO	PK INICIO	PK FIN	LADO	LONGITUD	AREA	RENDIM.
1								
Nro.	COD. ACTIVIDAD	ACTIVIDAD: DETRADO	PK INICIO	PK FIN	LADO	LONGITUD	AREA	RENDIM.
2	2.0302	Colocacion de Carpeta Asfaltica	997+280	997+850	Derecho,	570		

**PERSONAL:**

Nro.	NRO. TAREO	NOMBRE Y APELLIDO	DNI	H. INICIO	H. FIN	H.E.	OBSERVACIONES
1	00384	Emmeder Huamán	80211499	7:00	16:30	9.5	
2	"	Saerino Pisco	42264848	"	"	"	
3	"	Segundo Banda	76632434	"	"	"	
4	"	Modesto Diaz	19239453	"	"	"	
5	"	Leoncio Aguilar	19664414	"	"	"	
6	"	Ronaldo Boumagra	75561482	"	"	"	
7	"	Denis Quispe	74955024	"	"	"	
8	"	Cesar Sanchez	20476043	"	"	"	

**EQUIPO:**

Nro.	NRO. PARTE	EQUIPO	CODIGO	H. INICIO	H. FIN	H.E.	NRO. VALE	PETROLEO
1		Esparidora de MAC	EA-01	1921	1926	5		
2		Rodillo Neumatico	RN-01	2090.4	2094.7	4.3		
3		Rodillo Neumatico	RN-02	1236.5	1241.5	5		
4		Rodillo Tandem	RT-01	2236.7	2241.3	4.6		
5		Compresora	COM-01	3106.34	3108.04	1.7		

**MATERIALES, INSUMOS:**

Nro.	NRO. VALE	MATERIALES	CODIGO	UNIDAD	CANTIDAD	OBSERVACIONES
1		MAC		Volquete	10	Lluvias a partir de la 13.00 PM
2						
3						
4						

RP. JEFE DE TRABAJO  
Nombre: Emmeder Huaman  
DNI: 80211499

CONSORCIO REX  
ANEXO COSTOS Y PRESUPUESTOS  
Nombre: \_\_\_\_\_  
DNI: \_\_\_\_\_

CONSORCIO REX  
RESERVA  
Percy Chumacero Guevara  
Nombre: \_\_\_\_\_ CNI CIP 140200  
RESIDENTE  
DNI: \_\_\_\_\_