

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

Facultad de Ingeniería

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil



TESIS

***“IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE DE ESTADO DE
INFRAESTRUCTURA VIAL Y SU IMPACTO EN EL
MANTENIMIENTO DE VIAS DE TRANSPORTE EN
JUNIN”***

Presentado por:

Bach. Matos Chamorro, Andrés Horacio

Línea de Investigación:

Transporte y Urbanismo

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Huancayo – Perú

2022

HOJA DE FIRMAS

Dr. Ruben Dario Tapia Silguera

PRESIDENTE

Ph. D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed

JURADO

ING. Carlos Gerardo Flores Espinoza

JURADO

ING. Christian Mallaupoma Reyes

JURADO

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza

SECRETARIO

ING. PORRAS OLARTE, RANDO
ASESOR



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 229

Que, el (la) bachiller: **ANDRES HORACIO, MATOS CHAMORRO**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada **“IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y SU IMPACTO EN EL MANTENIMIENTO DE VÍAS DE TRANSPORTE EN JUNIN”**, la misma que cuenta con **101 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **25%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 12 de julio del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

Dedicamos esta investigación a nuestros
padres, abuelos, tíos, primos y hermanos.
Ya que hemos contado con su apoyo constante
En todos los momentos de nuestra vida.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos el constante apoyo de nuestros padres, amigos, tíos, primos y del resto de nuestra familia. Ya que sin ellos la presente investigación no hubiera sido posible.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| Dedicatoria..... | iv |
| Agradecimiento..... | v |
| Índice de contenidos..... | vi |
| Índice de tablas..... | ix |
| Índice de figuras..... | x |
| Resumen..... | xi |
| Abstract..... | xii |
| Introducción..... | xiii |
| CAPÍTULO I..... | 15 |
| PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO..... | 15 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 15 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 18 |
| 1.2.1. Problema general | 18 |
| 1.2.2. Problemas específicos..... | 18 |
| 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 18 |
| 1.3.1. Objetivo general | 18 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 19 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... | 20 |
| 1.5. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 21 |
| 1.5.1. Delimitación Espacial..... | 21 |
| 1.5.2. Delimitación Temporal | 21 |
| 1.5.3. Delimitación Conceptual o Temática..... | 21 |
| CAPÍTULO II..... | 22 |
| MARCO TEÓRICO | 22 |
| 2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO | 22 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales..... | 22 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales..... | 24 |

| | | |
|--------------------------|---|----|
| 2.2. | BASES TEÓRICAS | 26 |
| 2.2.1. | IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FACTORES DE PELIGRO EN EL ÁREA DE ESTUDIO..... | 26 |
| 2.2.2. | DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL | 28 |
| 2.2.3. | Gestión de pavimentos | 40 |
| 2.2.4. | Conservación de carreteras..... | 40 |
| 2.2.5. | Actividades de conservación periódica | 40 |
| 2.2.6. | Fallas de los pavimentos rígidos..... | 42 |
| 2.2.7. | Fallas de los pavimentos flexibles..... | 44 |
| 2.2.8. | Actividades de conservación rutinaria..... | 45 |
| 2.2.9. | Índice internacional de rugosidad (IRI)..... | 47 |
| 2.2.3. | Software de estado de infraestructura vial modelo HDM 4..... | 49 |
| 2.2.3.1. | Parámetros de vías | 52 |
| 2.2.3.2. | Características de vehículos | 53 |
| 2.2.3.3. | Planificación estratégica/Análisis de la estrategia | 53 |
| 2.2.3.4. | Programación de Obras Viales/Análisis de Programas | 54 |
| 2.2.3.5. | Análisis de Proyectos..... | 54 |
| 2.2.3.6. | Análisis de Proyectos..... | 55 |
| 2.3. | HIPÓTESIS | 56 |
| 2.3.1. | Hipótesis general..... | 56 |
| 2.3.2. | Hipótesis específicas | 56 |
| 2.4. | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 57 |
| 2.4.1. | Operacionalización de las variables de estudio | 58 |
| CAPÍTULO III..... | | 60 |
| DISEÑO METODOLÓGICO..... | | 60 |
| 3.1. | TIPO DE INVESTIGACIÓN | 60 |
| 3.2. | NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN | 60 |
| 3.3. | MÉTODO DE INVESTIGACIÓN | 61 |
| 3.3.1. | Método general de investigación | 61 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.4. | DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | 61 |
| 3.5. | POBLACIÓN Y MUESTRA | 61 |
| 3.5.1. | Población de estudio | 61 |
| 3.5.2. | Muestra de estudio | 61 |
| 3.6. | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS | 62 |
| 3.7. | TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS..... | 63 |
| 3.7.1. | Técnicas de procedimiento y análisis de datos | 63 |
| | CAPÍTULO IV | 66 |
| 4. | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 66 |
| 4.1. | Tipo de conservación mediante el uso del modelo HDM 4 en el tramo II de la avenida Ferrocarril | 66 |
| 4.2. | Proceso de la prueba de hipótesis..... | 85 |
| 4.2.2. | Hipótesis general..... | 85 |
| 4.2.3. | Conclusión técnica..... | 86 |
| | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 87 |
| | CONCLUSIONES | 89 |
| | RECOMENDACIONES | 90 |
| | REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA | 91 |
| | ANEXOS | 94 |
| | ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA INVESTIGACIÓN | 95 |
| | ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 97 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Infraestructura Vial Existente del SINAC, según departamento (Clasificador de rutas D.S. 011-2016-MTC al 31 de Julio de 2021) | 17 |
| Tabla 2 Diagnóstico del Servicio de las vías vecinales en el distrito de Huancayo..... | 35 |
| Tabla 3 Diagnóstico de la infraestructura de las vías en el distrito de Huancayo | 37 |
| Tabla 4 Diagnóstico del entorno de las vías vecinales en el distrito de Huancayo. | 38 |
| Tabla 5 Diagnóstico del estado de las vías en el distrito de Huancayo. | 39 |
| Tabla 6 Fallas o deterioros del pavimento rígido..... | 42 |
| Tabla 7 Fallas o deterioros del pavimento flexible..... | 44 |
| Tabla 2 Operacionalización de variables..... | 58 |
| Tabla 9 Relación de Expertos en la temática de análisis y diseño de sistemas informáticos | 62 |
| Tabla 4: Relación de Expertos en la temática de investigación..... | 63 |
| Tabla 5 Relación de Expertos en la temática de investigación “externo”..... | 63 |
| Tabla 6 Zonificación climática | 66 |
| Tabla 7 Definición del tramo II de la Avenida Ferrocarril | 67 |
| Tabla 8 Geometría del tramo II de la Av. Ferrocarril | 67 |
| Tabla 9 Características del pavimento en el tramo II de la Av. Ferrocarril..... | 68 |
| Tabla 10 Evaluación de daños en la zona de muestreo 1 del tramo II | 71 |
| Tabla 11 Evaluación de daños en la zona de muestreo 2 del tramo II | 72 |
| Tabla 12 Evaluación de daños en la zona de muestreo 3 del tramo II | 73 |
| Tabla 13 Evaluación de daños en la zona de muestreo 4 del tramo II | 74 |
| Tabla 14 Evaluación de daños en la zona de muestreo 5 del tramo II | 75 |
| Tabla 15 Evaluación de daños en la zona de muestreo 6 del tramo II | 76 |
| Tabla 16 Evaluación de daños en la zona de muestreo 7 del tramo II | 77 |
| Tabla 17 Evaluación de daños en la zona de muestreo 8 del tramo II | 78 |
| Tabla 18 Evaluación de daños en la zona de muestreo 9 del tramo II | 79 |
| Tabla 19 Evaluación de daños en la zona de muestreo 10 del tramo II | 81 |
| Tabla 20 Estándares de conservación del pavimento de la Av. Ferrocarril | 83 |
| Tabla 21 Alternativa 1 para la conservación del tramo II de la Avenida Ferrocarril | 84 |
| Tabla 22 Alternativa 2 para la conservación del tramo II de la Avenida Ferrocarril | 84 |
| Tabla 23 Correlación entre variables | 85 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Representación gráfica del modelo “Cuarto de carro” | 48 |
| <i>Figura 2 Escala de valore del índice de rugosidad internacional</i> | 49 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar si la implementación de un software de estado de infraestructura vial tiene un impacto positivo sobre el mantenimiento de las vías de transporte en Junín , para este fin se utilizó diversidad de bibliografías previas en las cuales se implementaron sistemas similares para por distinguir el impacto de estos software en el mantenimiento de las vías de transporte en el distrito de Huancayo.

La investigación se encuentra sustentada sobre un tipo de investigación aplicada, de nivel descriptivo - correlacional, y de diseño no experimental de corte transeccional cuasi experimental lo que se define como la investigación que se realiza sin manipulación deliberadamente de la variable independiente.

Los resultados obtenidos mostraron que la implementación de un software de estado de infraestructura vial tiene un impacto positivo sobre el mantenimiento de las vías de transporte dentro en Junín , el cual conlleva a una mejora a la hora de realizar este diagnóstico y así poder gestionar o solicitar el mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción de la vía o vías intervenidas, además de ofrecernos un diagnóstico detallado del estado para la rehabilitación.

Palabras clave: Software, infraestructura vial, HDM4, mantenimiento vial.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine if the implementation of a road infrastructure status software has a positive impact on the maintenance of the transport routes of the Huancayo district, for this purpose a diversity of previous bibliographies was used in which they were implemented. similar systems to distinguish the impact of these software in the maintenance of transport routes in the district of Huancayo.

The research is based on a type of applied research, descriptive - correlational level, and non-experimental design of quasi-experimental transactional cut, which is defined as research that is carried out without deliberate manipulation of the independent variable.

The results obtained showed that the implementation of a road infrastructure status software has a positive impact on the maintenance of transport routes within the district of Huancayo, which leads to an improvement when making this diagnosis and thus being able to manage or request the maintenance, rehabilitation or reconstruction of the intervened road or roads, in addition to offering us a detailed diagnosis of the state for the rehabilitation.

Keywords: software, road infrastructure, HDM4, road maintenance.

INTRODUCCIÓN

Realizar el diagnóstico de una vía de transporte ya sea para mantenimiento o reconstrucción, conlleva realizar muchos trabajos de observación, medición, análisis y elaboración de diversos trabajos e informes, en los cuales se detalla y se realiza una evaluación para terminar en un diagnóstico de cómo y tratar la vía de transporte, esto nos toma gestionar la logística para poder realizar la evaluación, para eso la investigación propone la implementación de un software de estado de infraestructura vial, y así poder disminuir los costos de logística en los casos de evaluación de infraestructura, y poder dar diagnósticos más acertados para poder dar el mantenimiento o reconstrucción de una vía de transporte dentro en Junín .

La investigación contó con el objetivo principal de determinar si la implementación de un software de estado de infraestructura vial tiene un impacto positivo sobre el mantenimiento de las vías de transporte en Junín .

En el primer capítulo, se realizó una descripción de los aspectos generales de la investigación, el mismo se encuentra compuesto por el planteamiento del problema, la caracterización y sustento, la determinación de los objetivos de la investigación, y para culminar con la delimitación de la investigación.

El segundo capítulo comienza detallando los antecedentes y el estado del arte del tema de investigación, tanto a nivel nacional como internacional. Del mismo modo este capítulo incluye el marco teórico usado para la investigación, el cual considera en su contenido la descripción del software y de cómo se da el mantenimiento de una vía de tránsito

En el tercer capítulo se realizó una descripción detallada de la metodología implementada en la investigación, las técnicas e instrumentos para la recolección de datos, y la metodología de análisis.

En el cuarto capítulo se determinaron los resultados de la investigación luego de aplicar sobre estos el estadístico Correlación de Tau_b

de Kendall, ya que este mide el nivel de significancia y el nivel de correlación que tienen las variables. En el quinto capítulo se detalló la discusión de resultados y los aportes propios de la investigación.

Por último se describen las conclusiones, las recomendaciones y las sugerencias para futuras investigaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente las vías de transporte en Junín sirven para abastecer a la región de productos traídos desde la selva central y el norte del país. Por este motivo es de suma relevancia que las carreteras se encuentren en óptimo estado para su utilización, ya que circulan sobre este un gran número de vehículos de transporte pesado con productos perecederos; razón por la cual las actividades de mantenimiento y de emergencia sobre la vía deben ser llevadas a cabo lo más pronto posible.

Al planificar el mantenimiento y la restauración programados para varios años, los ingenieros de pavimentos se enfrentan a la decisión de determinar qué secciones de la carretera deben repararse, cuándo deben repararse y qué tipos de reparaciones o tratamientos deben usarse. Esto es un gran problema porque al amplio escenario de posibles combinaciones de opciones entre el gran número de tramos homogéneos actualmente en la carretera y las diversas medidas correctoras posibles.

La infraestructura vial a nivel del distrito de Junín, que actualmente se encuentra en regular estado, puede registrar un buen desarrollo de la infraestructura vial en las zonas urbanas, a diferencia de las zonas rurales recién iniciadas con la ejecución de obras para construir, renovar, restaurar y reponer las vías automovilísticas que constituyen la mayor parte de la infraestructura vial del distrito, se observa claramente la falta de infraestructura que en las zonas rurales, donde la mayoría de las calles son de tránsito vehicular. y uno que notó claramente la falta de mantenimiento y construcción de las canaletas.

Dentro de los daños existentes a las carreteras no pavimentadas existen las siguientes categorías:

Erosión: Las marcas de asentamiento pueden estar causadas por la deformación del suelo de cimentación debido al tráfico rodado, provocando asentamientos locales y pérdida de la capacidad de soporte del suelo de cimentación (1).

Deformación: La deformación se refiere a surcos erosivos causados por el agua de escorrentía, cuya severidad depende de la magnitud de que se trate y del tipo de suelo (1).

Huecos: Estas causas se deben al agua estancada en la superficie de la carretera, el tráfico es uno de los factores que contribuyen. Para ello, se toman las siguientes medidas: Mantenimiento rutinario y recapeo o reconstrucción (1).

Tabla 1

Infraestructura Vial Existente del SINAC, según departamento (Clasificador de rutas D.S. 011-2016-MTC al 31 de Julio de 2021)

| Departamento | Longitud total | Nacional | | | Departamental | | | Vecinal | | |
|--------------|----------------|-----------|-----------|--------------|---------------|-----------|--------------|-----------|-----------|--------------|
| | | Sub total | Pavimento | No pavimento | Sub total | Pavimento | No pavimento | Sub total | Pavimento | No pavimento |
| Junín | | | | | | | | | | |
| 2021 | 11995,4 | 1783,5 | 1061,6 | 721,9 | 1125,2 | 76,7 | 1048,5 | 9086,8 | 239,6 | 8847,2 |
| 2020 | 12012,8 | 1780,4 | 1054,5 | 725,9 | 1125,2 | 76,5 | 1048,5 | 9107,2 | 212,7 | 8894,5 |
| 2019 | 12018,7 | 1776,3 | 1031,9 | 744,5 | 1126,9 | 67,7 | 1059,2 | 9115,5 | 212,9 | 8902,6 |
| 2018 | 11983,8 | 1741,5 | 984,4 | 757,1 | 1126,9 | 67,7 | 1059,2 | 9115,5 | 212,9 | 8902,6 |

Como se puede observar en la tabla 1, gran parte de la infraestructura vial existente aún no cuenta con la pavimentación, del mismo modo, gran parte de la infraestructura vial se descuida de modo que requiere un constante mantenimiento y atención de parte de las autoridades. De esta manera, el software presentado en la presente investigación servirá para llevar a cabo un constante monitoreo de la infraestructura vial existente, para de esta forma atender sus necesidades en un tiempo adecuado.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el impacto de la implementación de un software de estado de infraestructura vial sobre el mantenimiento de las vías de transporte en el distrito de Huancayo?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el impacto de la implementación de un software de estado de infraestructura vial sobre el estado del servicio de las vías en junin ?
- b) ¿Cuál es el costo de conservación por actividad a través del uso de un software de estado de infraestructura vial de las vías de transporte en junin ?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Determinar si la implementación de un software de estado de infraestructura vial tiene un impacto positivo sobre el mantenimiento de las vías de transporte en junin .

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar el impacto de la implementación de un software de estado de infraestructura vial sobre el estado del servicio de las vías de transporte en junin .
- b. Determinar el costo de conservación por actividad a través del uso de un software de estado de infraestructura vial de las vías de transporte en junin .

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Justificación teórica

La justificación teórica se logra cuando el objeto de la investigación es generar reflexión y debate académico sobre el conocimiento, confrontar una teoría y hacer una epistemología del conocimiento existente o propuesta solución para un modelo.

De esta forma, esta investigación fue realizada con el propósito de aportar conocimiento al existente sobre la utilización de un determinado software para la determinación del estado de infraestructura vial, y el impacto de este sobre el mantenimiento de las vías de transporte en Junín.

Justificación práctica

La justificación práctica debe llevarse a cabo cuando el desarrollo de la investigación logre la resolución de un determinado problema o por lo menos dentro de su realización propone estrategias que en caso de ser aplicadas ayuden a resolver el problema.

Esta investigación se llevó a cabo por la necesidad de mejorar el nivel de desempeño al momento de mejorar el mantenimiento de vías de transporte en el distrito de Huancayo.

Justificación metodológica

En la investigación científica, la justificación metodológica de la investigación se da cuando el proyecto emprendido propone una nueva metodología o una nueva estrategia para generar conocimiento válido y confiable.

La elaboración e implementación de un software de estado de infraestructura vial indaga a través de métodos científicos diversas situaciones que pueden abordarse desde la ciencia, y una vez que se haya demostrado su validez y confiabilidad se podrá utilizar este sistema para ser utilizado en el mantenimiento de las vías de transporte.

Justificación social

Esta investigación es de trascendencia social y nos permite tener un conocimiento más amplio, real y profundo del estado actual de la infraestructura vial en la provincia de Junín, lo que nos permitirá tener una base más concreta de datos reales. Desarrollar y ejecutar proyectos de preinversión y documentos técnicos futuros para gobiernos, así como organizaciones privadas que deseen invertir en la mejora de las rutas de transporte terrestre.

1.5. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Delimitación Espacial

El proyecto fue desarrollado sobre el distrito de Huancayo, el cual se encuentra ubicado dentro de la provincia de Huancayo y del departamento de Junín.

1.5.2. Delimitación Temporal

Los datos han sido revisados para realizar el trabajo de investigación propuesto a enmarcar para el periodo 2020, considerando únicamente la temática respecto a la implementación de un software de estado de infraestructura vial y el impacto del mismo sobre el mantenimiento de vías de transporte en el distrito de Huancayo.

1.5.3. Delimitación Conceptual o Temática

La temática considerada dentro de la investigación será con respecto a la implementación de un software de estado de infraestructura vial y el impacto del mismo sobre el mantenimiento de las vías de transporte en el distrito de Huancayo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1. Antecedentes internacionales

Cassana en su tesis “Análisis y Evaluación del Mantenimiento para la conservación vial de la capa de rodadura de la vía interdistrital Ascope – Casa Grande, aplicando el modelo HDM-4”, tuvo como objetivo el análisis de la evaluación y del mantenimiento vial que permitan la conservación de la capa de rodadura de la vía interdistrital Ascope – Casa Grande, aplicando el modelo HDM-4, [...] llegó a la conclusión de que se pudo cumplir satisfactoriamente utilizando el modelo HDM-4, la cual consta de todas las características y requerimientos propios para poder implantar este modelo en sitios similares de características, no solo a nivel interdistrital, sino a nivel del resto de las vías de la provincia de Ascope, por las similitudes en los principales protocolos que se requieren (2).

Escobar en su tesis “Propuesta de un modelo de gestión para el mantenimiento de carreteras en el estado de Lara-Venezuela”, Tuvo como objetivo hacer una revisión de la situación de los diferentes modelos de gestión para el mantenimiento de carreteras a nivel mundial, en Venezuela y en el estado de Lara para luego construir un modelo que sirva de propuesta y así asistir al progreso de la calidad en la presentación del servicio de mantenimiento de carreteras; la cual llegó a la conclusión de que existe un problema en la organización responsable de la gestión del mantenimiento de carreteras en el estado de Lara, pues alrededor del 22% de sus carreteras están asfaltadas lo que genera ocupar el segundo lugar de siniestralidad en todo el país con respecto a acciones de tránsito y un elevado índice de muertes en carreteras relacionados con la falta de mantenimiento y vías inseguras (3).

Cutura, Mladenovic, Mazic y Lovric en su investigación “Aplicación del modelo HDM-4 a la red de carreteras locales, caso del cantón de Herzegovina – Neretva en Bosnia y Herzegovina”, tuvieron como objetivo definir el programa de obras viales y las prioridades de inversión analizando los impactos de los diferentes presupuestos sobre el estado futuro de la red. La red estudiada viaria de 396 km de longitud de la HNC consta de 13 carreteras, ya sea pavimentadas o con grava; esta red de carreteras se encuentra en un estado relativamente deficiente debido a su antigüedad (la edad media es de más de 30 años) y al limitado gasto en mantenimiento en el pasado. El principal desafío en el estudio fue obtener datos de entrada HDM-4 con recursos limitados, tales el estado de la red vial, el volumen de tráfico, los datos de tráfico, etc. Los datos de geometría viaria se obtuvieron a partir de estudios previos y de la documentación del proyecto. Debido a la baja carga de tráfico y a las inversiones relativamente grandes necesarias para la mejora, en la mayoría de los tramos se obtuvo un VAN negativo y una TIR negativa para alternativas de mantenimiento distintas del de rutina; como resultado obtuvieron que la implementación de programas de trabajo viales desarrollados resultaría en una mejora sustancial de las condiciones

generales de la red. El IRI de la red de carreteras pavimentadas pasaría de un valor actual de 4,5 m/km a 4,0 m/km y 3,7 m/km (4).

Yogesh, Jain y Devesh en su investigación “Adaptación de la herramienta HDM-4 para el análisis estratégico de la red de carreteras urbanas”, describió la adaptación del modelo de desarrollo y gestión de carreteras HDM-4 del Banco Mundial a nivel estratégico, en la que analizó la red vial urbana de 21 tramos, que consta de un total de 60 km de longitud de la ciudad de Noida, cerca de Nueva Delhi, capital de la India. El análisis se llevó a cabo para maximizar el valor actual neto (VAN) y minimizar los costos para lograr un índice de rugosidad internacional (IRI) deseable. Los resultados del análisis mostraron la necesidad de un capital óptimo y mantenimiento recurrente necesario para mantener la red vial urbana en condiciones de servicio. Las vías urbanas pueden ser gestionadas y mantenidas con eficacia utilizando la estrategia de aplicación del HDM-4 (5).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Carrasco en su tesis “Infraestructura vial nacional asociada a la competitividad”, tuvo como objetivo analizar y evaluar la condición de la infraestructura vial nacional, con la finalidad de dar criterios de aporte para mejorar los términos de competitividad del Perú respecto a diferentes naciones de Latinoamérica y el mundo, llegando a la conclusión que la infraestructura vial sufre un déficit en nuestro país que puede ser aprovechado para la inversión privada, contando con estabilidad y reglas claras, además determina que al evaluar los puntos establecidos en su proyecto, también indica que los medios de comunicación, el transporte vial, es el responsable de generar movimientos económicos, lo cual genera el crecimiento del país, tanto combatiendo la pobreza, como reduciendo tiempos empleados en el transporte para el trabajo, educación, atenciones médicas y en mejoras comerciales, así también aportando en la minoración de la economía del mercado, que se pueden comercializar a bajos precios para la comunidad (6).

Hernández en su tesis “Evaluación estructural y propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial de la Av. Fitzcarrald, tramo carretera Pomalca – Av. Victor Raúl Haya de la Torre”, tuvieron como objetivo analizar estructuralmente la infraestructura vial de la av. Fitzcarrald y a partir de ello proponer su rehabilitación, la que llegó a la conclusión de que los resultados obtenidos den campo son incompatibles con el expediente técnico de ejecución de obra, realizado por el área de estudios y proyectos de la MPCH (7).

Ruiz llevó a cabo la investigación que lleva por título “Diagnóstico de la infraestructura vial en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca, Piura, Perú, 2019”, el cual tuvo como objetivo principal determinar el diagnóstico de la infraestructura vial vecinal en el distrito de Paimas, con el fin de que dicho diagnóstico puede ser útil para las entidades nacionales, regionales y locales y pueden tener la veracidad del estado situacional en la que se encuentran la infraestructura vial vecinal en el distrito de Paimas y de esta manera se puedan plantear soluciones de mantenimiento, rehabilitación, y reconstrucción a los diferentes estados en las que se encuentran las vías a través de la ejecución de proyectos. Para la realización del estudio aplicó un enfoque de carácter cualitativo de investigación. Y mediante este logró un diagnóstico actual y veraz del estado situacional de las vías vecinales en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca, departamento de Piura, el mismo que servirá como base principal para las entidades nacionales o privadas a identificar las vías vecinales que son de prioridad a la elaboración de proyectos de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción y de esta manera se tenga claro en cuales vías vecinales se debe invertir y de esta forma obtener una mejora sobre el tránsito vehicular, peatonal, el ornato del distrito, las condiciones de vida de la población beneficiada, y sobre todo al mejorar las vías de comunicación socioeconómica y cultural con los países fronterizos, regiones aledañas e interdistrital (8).

Alejos & Cribillero en su investigación “Aplicación del software HDM-4 en la gestión de estrategias para el mantenimiento de la carretera Santa-Tambo Real”, aplicaron el Software HDM-4 en la gestión de estrategias para

el mantenimiento de carreteras; con la finalidad de obtener una adecuada planificación y programación de las actividades relacionadas con la conservación de los pavimentos, el mantenimiento de carreteras y así lograr una adecuada gestión de pavimentos, para lo cual consideraron 03 tramos de la carretera Santa – Tambo Real, de los cuales el Tramo I y II tenían un Tratamiento Bicapa en un estado regular, por lo cual, requieren un mantenimiento correctivo; mientras que el Tramo III conformada por una carpeta Asfáltica en Frio la cual requiere una reconstrucción total de su estructura; como conclusión, demostraron que la herramienta HDM-4 es valiosa para la gestión al momento de seleccionar la alternativa óptima (9).

Ruiz en su investigación control de gestión y preservación vial, caso: corredor vial “Santa-Yuracmarca-Sihuas-Huacrachuco-San Pedro de ChontaUchiza-emp. PE 5N y puente Huarochiri-Huallanca-Molinopampa”, tramo: puente Huarochiri – Sihuas, determinó el adecuado procedimiento de la gestión vial y tratamiento superficial, además realizó una proyección de los costos de ejecución y mantenimiento rutinario después de la conservación periódica; para lo cual la información recopilada se realizaron de fuentes reconocidas nacionalmente, como: PROVIAS NACIONAL, y PROVIAS RURAL, las cuales posteriormente fueron analizadas con el software HDM-4, para establecer la mejor alternativa para su gestión; como resultado obtuvo que de la proyección de los costos con el software HDM-4 del Tramo Puente Huarochiri – Sihuas, se obtiene que al quinto año se va a necesitar hacer un refuerzo TSB (Tratamiento superficial bituminosa) con un costo de S/. 11 990 000 (10).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FACTORES DE PELIGRO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

En esta parte del estudio se revelan los probables factores de peligrosidad para las vías en junin de origen natural y artificial.

2.2.1.1. ORIGEN NATURAL

Son elementos peligrosos de origen natural que pueden dañar las vías en Junín y tenemos lo siguiente:

a. LAS LLUVIAS

Las carreteras en el distrito de Huancayo sufrieron como consecuencia de las lluvias intensas, más aún durante el fenómeno El Niño, que afectó principalmente a los caminos no pavimentados, generando grietas en los caminos por la ocurrencia de los eventos del fenómeno El Niño, el efecto de la escorrentía cruzando la carretera, mojando el pavimento y debilitándolo. La fuerza abrasiva de la pista de forma que, en caso de vehículos, peatones y ganado cargado, se formen baches y marcas de neumáticos, perjudicando así el estado de la carretera.

b. DERRUMBES

Debido a las fuertes lluvias en la zona, las partes altas y laderas de las montañas se humedecen y producen desprendimientos de rocas o escombros de lodo ya que pierden su estabilidad debido a la falta de cohesión entre los materiales de la montaña, los deslizamientos en estos caminos son peligrosos cuando el suelo y peatones y vehículos cuando ocurren deslizamientos de rocas.

c. EROSION DE LADERAS

La inestabilidad de los taludes que forman los caminos conduce a la erosión de los taludes de los caminos vecinales debido a los tipos de suelos pobres, los taludes se humedecen por las fuertes lluvias o por los sistemas de drenaje o riego que atraviesan los taludes de los caminos. Así como secciones laterales debilitadas de la carretera que están dañadas y pueden causar accidentes de tránsito cuando se ven vehículos pasando por estas secciones debilitadas.

d. INUNDACION

Hay vías dentro del ámbito en junin que se encuentran aledañas al Rio Shullcas, lo cual en alguna lluvia muy intensa y duradera (Fenómeno del Niño intenso), lo cual es poco probable pero no se puede descartar esa probabilidad que en un periodo de retorno pueda ocurrir una intensa precipitación de tal magnitud, podría generar desborde del río Shullcas generando inundación en las vías más cercanas.

2.2.1.2. ORIGEN ARTIFICIAL

a. FALTA DE INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE PLUVIAL

Los sistemas de drenaje de aguas pluviales en caminos vecinales pavimentados y sin pavimentar son fundamentales para el mantenimiento de caminos porque permiten que el agua de lluvia se escurra durante la temporada de lluvias, lo que evita el deterioro del camino, la acumulación de escombros, la humectación del agua y las bases o pendientes de los caminos, donde las aguas pluviales drenan en el sistema. , instalamos principalmente badenes, alcantarillas y desagües revestidos y no revestidos en las pendientes de las carreteras, que recogen el agua hacia algunos canales de riego, desagües o áreas que no están dañadas por el agua estancada.

b. FALTA DE MANTENIMIENTO PERIODICO Y RUTINARIOS

La falta de mantenimiento periodico o rutinario en las vías en junin ha ocasionado el mal estado de las trochas carrozable, los cuales deben ser rehabilitados, existiendo el riesgo de accidentes de tránsito vehicular al circular por estas vías.

2.2.2. DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL

Conoce el estado de cada vía vecinal, buena, regular o mala, mediante el diagnóstico de la infraestructura de cada vía y las acciones constructivas que se deben realizar en base al estado encontrado, ya sea mantenimiento, reparación y reconstrucción de cada vía vecinal.

2.2.2.1. MARCO NORMATIVO Y REGULADOR

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial, fiscalizar su cumplimiento e interpretar las normas técnicas contenidas en el presente Reglamento. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (11).

Las autoridades competentes para la aplicación del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, de conformidad con los niveles de gobierno que corresponde a la organización del Estado, son las siguientes, (11).

a. PROVIAS NACIONAL (Red Vial Nacional)

Provias Nacional es un Proyecto Especial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones creado mediante Decreto Supremo N° 033-2002- MTC del 12.07.2002.

Cuenta con autonomía técnica, administrativa y financiera. Está encargado de la ejecución de proyectos de construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la Red Vial Nacional, con el fin de brindar a los usuarios un medio de transporte eficiente y seguro que contribuya a la integración económica y social del país (12).

Asumió todos los derechos y obligaciones del Programa Rehabilitación de Transportes (PRT), Proyecto Especial Rehabilitación Infraestructura de Transportes (PERT) y del Ex Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras (SINMAC). (12).

Su Misión es Proveer infraestructura vial nacional a la población en óptimos niveles de servicio a través de la preparación, gestión, administración y ejecución de actividades y proyectos para su conservación, operación y desarrollo basado en el enfoque logístico como elemento articulador. (12).

Su Objetivo Estratégico Sectorial Nacional es Contar con infraestructura de transporte que contribuya al fortalecimiento de la integración interna y externa, al desarrollo de corredores económicos, al proceso de ordenamiento territorial y mejorar el nivel de competitividad de la economía. (12).

Sus Objetivos Estratégicos Sectoriales Específicos son:

2.2.1. Ampliar la capacidad y mejorar las características de la infraestructura de la red vial nacional. (12).

2.2.2. Garantizar la conservación de la infraestructura de los distintos modos de transportes, con participación del sector privado y comunidad organizada, propiciando la sostenibilidad de su financiamiento. (12).

b. PROVIAS DESCENTRALIZADO (Red Vial Departamental o Regional)

El PROVIAS DESCENTRALIZADO es una Unidad Ejecutora del Ministerio de Transportes y Comunicaciones adscrito al Despacho Viceministerial de Transportes, encargada de las actividades de preparación, gestión, administración y de ser el caso ejecución de proyectos y programas de infraestructura de transporte departamental y rural en sus distintos modos; así como el desarrollo y fortalecimiento de capacidades institucionales para la gestión descentralizada del transporte departamental y rural. (13)

El Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Descentralizado – PROVIAS DESCENTRALIZADO fue creado por fusión de PROVÍAS DEPARTAMENTAL y PROVÍAS RURAL bajo la modalidad de fusión por absorción, mediante Decreto Supremo N°029-2006-MTC del 12 de agosto de 2006. (13).

c. INSTITUTO VIAL PROVINCIAL (Red Vial Vecinal o Rural)

El IVP es un organismo público descentralizado, que cuenta con personería jurídica de derecho público interno y con autonomía administrativa, económica, presupuestaria y financiera, creada por Ordenanza Municipal, cuenta con un Comité Directivo nombrado.

Normativamente, la creación del IVP requiere que el alcalde provincial y los alcaldes distritales desarrollen y aprueben los instrumentos legales siguientes:

- Estatuto del IVP.
- Ordenanza Municipal de creación del IVP y aprobación de su Estatuto.
- Instalación del Comité Directivos del IVP.
- Designación del Gerente General del IVP y del equipo de gestión a su cargo.

Tiene como funciones; la planificación, construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura de transportes rural, que comprende caminos vecinales, puentes, caminos rurales y cualquier otra forma de infraestructura de transporte terrestre relacionada al medio rural; en alianza con los Gobiernos Locales y la Comunidad Organizada. (Municipio al día,2016).

De acuerdo al artículo 4° y 10° del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por el Decreto Supremo N° 034-2008-MTC, los Institutos Viales Provinciales, son OPD que cumplen las funciones de generar infraestructura vial en el ámbito de la provincia, con los recursos propios de la municipalidad provincial y los recursos transferidos por el gobierno nacional desde el PROVIAS descentralizado. De acuerdo a su naturaleza, los OPD, cuentan con personería jurídica de Derecho Público Interno y con autonomía administrativa, económica, presupuestaria y financiera, tiene como objeto social la implementación de funciones y fines. En mérito a ello puede suscribir contratos y convenios en el límite de sus competencias y de sus recursos transferidos.

Además, se cuenta con el siguiente Marco Normativo:

Resolución Ministerial N°341-2018-VIVIENDA – Modificación del Reglamento Nacional de edificaciones. Aprobado el 05.10.2018 (14).

Decreto Supremo N°. 034-2008-MTC – Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial. Aprobado el 25.10.2008. Actualizado por el SPIJ al 28.05.2013 (14)

Decreto Supremo N°. 017-2007-MTC – Reglamento de Jerarquización Vial. Aprobado el 26.05.2007. Actualizado por el SPIJ al 28.05.2013 (14)

Resolución Directoral N°22-2013-MTC/14 – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013). Aprobado el 07.08.2013 (14).

Resolución Directoral N°03-2018-MTC/14 – Diseño Geométrico (DG-2018). Aprobado el 30.01.2018 (14).

Resolución Directoral N°19-2018-MTC/14 –Manual de Puentes. Aprobado el 27.12.2018 (14).

Resolución Directoral N°10-2014-MTC/14 – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos. Aprobado el 09.04.2014 (14).

Resolución Directoral N°18-2016-MTC/14 – Ensayo de Materiales. Aprobado el 03.06.2016 (14).

Resolución Directoral N°20-2011-MTC/14 – Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Aprobado el 12.09.2011 (14).

Resolución Directoral N°05-2016-MTC/14 – Aprobación e Incorporación en el Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial la Parte IV. Aprobado el 25.02.2016 (14).

Resolución Directoral N°16-2016-MTC/14 – Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. Aprobado el 31.05.2016 (14).

Resolución Directoral N°05-2017-MTC/14 – Manual de Seguridad Vial. Aprobado el 01.08.2017 (14).

Resolución Directoral N°022-2015-MTC/14 – Aprobación e Incorporación en el Manual de Inventarios Viales la Parte IV Inventarios Viales. Aprobado el 28.12.2015 (14).

Resolución Directoral N°002-2018-MTC/14 – Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, actualizado a enero del 2018. Aprobado el 12.01.2018 (14).

Resolución Directoral N°003-2015-MTC/14 – Documento Técnico Soluciones Básicas en Carreteras No Pavimentadas. Aprobado el 06.02.2015 (14).

Resolución Directoral N°17-2014-MTC/14 – Aprobación e Incorporación de modificaciones en el Numeral 2, del ítem A del Anexo 1 Requisitos para Autorización de Uso del Derecho de Vía de las carreteras de la Red Vial Nacional de competencia del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Aprobado el 21.07.2014 (14).

Resolución Directoral N°002-2013-MTC/14 – Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales. Aprobado el 22.02.2013 (14).

Resolución Directoral N°17-2012-MTC/14 – Glosario de partidas aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes. Aprobado el 20.09.2012 (14).

Resolución Directoral N°023-2011-MTC/14 – Reductores de velocidad tipo resalto para el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). Aprobado el 13.10.2011 (14).

Resolución Ministerial N°404-2011-MTC/02 – Disposiciones para la demarcación y señalización del derecho de vía de las carreteras del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC. Aprobado el 07.06.2011 (14).

Resolución Directoral N°025-2009-MTC/14 – Seguridad e Higiene Industrial y Gestión Ambiental de la DGCF. Aprobado el 24.11.2009 (14).

Resolución Directoral N°014-2009-MTC/14 – Mantenimiento y Operación de Equipo Mecánico de Propiedad del MTC. Aprobado el 30.03.2009 (14).

Resolución Directoral N°013-2009-MTC/14 – Mantenimiento de Equipo Mecánico Paralizado. Aprobado el 30.03.2009 (14).

Resolución Ministerial N°824-2008-MTC/02 – Sistema de Contención de Vehículos Tipo Barreras de Seguridad. Aprobado el 10.11.2008 (14).

Resolución Directoral N°024-2008-MTC/14 – Desarrollo de Temas de Investigación en la Dirección de Estudios Especiales de la DGCF. Aprobado el 22.04.2008 (14).

Resolución Directoral N°023-2008-MTC/14 – Funciones de la Supervisión en Obras de Infraestructura Vial. Aprobado el 10.04.2008 (14).

2.2.2.2. DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL VECINAL.

A través del Diagnóstico de Infraestructura de cada camino vecinal, el estado de cada camino vecinal se revela en el área de Servicio, Infraestructura, Medio Ambiente y los resultados del diagnóstico en sí son el resultado del análisis de cada camino vecinal.

a. DEL SERVICIO

Es un diagnóstico del servicio que brinda cada vía vecinal, donde se analizan los núcleos de población por donde pasa la vía y a donde llega, determinando así la cantidad de población que se beneficiaría de la existencia de la vía vecinal.

Tabla 2

Diagnóstico del Servicio de las vías vecinales en el distrito de Huancayo

| DISTRITO | TRAMO | | LONG. | PUNTAJE TOTAL | OREDEN DE MERITO | NIVEL INTERVANCION | DE |
|--------------|---------------------------------------|-----------------|-------|---------------|------------------|-----------------------------|----|
| QUILCAS | QUILCAS-PARAJE (RANGRA) | CHUCUPAMPA | 12.24 | 69 | 1 | MANTENIMIENTO RUTINARIO | |
| PUCARA | TROCHA CARROZABLE DOS DE MAYO | MARCAVALLE- | 7.714 | 65 | 4 | MANTENIMIENTO RUTINARIO | |
| *SICAYA | SICAYA-HUAYAO | | 5 | 64 | 4 | MEJORAMIENTO REHABILITACION | Y |
| *SICAYA | SICAYA-PILCOMAYO-YANAMA | | 3 | 64 | 4 | MEJORAMIENTO REHABILITACION | Y |
| *QUICHUAY | CARRETERA LASTAY ANDES | PISCIGRANJA LOS | 2.5 | 61 | 7 | REHABILITACION | |
| *CULLHUAS | TROCHA CARROZABLE AZA CRUZ | CASABAMBA- | 3.556 | 60 | 8 | REHABILITACION | |
| *EL TAMBO | TRUJILLO-INCHO-BAJA-CULLPA ALTA | CANTUTACULLPA | 6.04 | 59 | 9 | M. EXTRAORDINARIO | |
| CHONGOS ALTO | CARRETERA ANTAPONGO-CRUCES | DEPARTAMENTAL | 4.4 | 56 | 12 | MANTENIMIENTO RUTINARIO | |
| *SICAYA | SICAYA-CHUPACA | | 3 | 56 | 12 | MEJORAMIENTO REHABILITACION | Y |
| *SICAYA | SICAYA-COLPAS | | 3 | 56 | 12 | MEJORAMIENTO REHABILITACION | Y |
| CHACAPAMPA | CHACAPAMPA-ALTO | ANDABAMBA | 4.2 | 53 | 15 | REHABILITACION | |
| CHONGOS | CARRETERA VECINAL ALTO-PUENTE CHICCHE | CHONGOS | 1.85 | 53 | 15 | MANTENIMIENTO RUTINARIO | |
| CHICCHE | VISTA ALEGRE - CHICCHE | | 7.3 | 52 | 16 | MANTENIMIENTO RUTINARIO | |

| | | | | | |
|-----------------------|---|-------|----|----|-------------------|
| *QUICHUAY | CARRETERA QUICHUAY - LASTAY | 3.5 | 52 | 16 | M. EXTRAORDINARIO |
| CHONGOS ALTO 52 16 | CARRETERA VECINAL CHONGOS ALTO- PUENTE LA VIRGEN | 3.318 | 52 | 16 | REHABILITACION |
| CHONGOS ALTO | CARRETERA DEPARTAMENTAL PUENTE PITITAY-ANTAPONGO | 4.25 | 51 | 17 | REHABILITACION |
| *CULLHUAS | TROCHA CARROZABLE SAN PEDRO DE PIHUAS-CASABAMBA | 1.588 | 51 | 17 | REHABILITACION |
| QUILCAS | COLPAR-LLACTA | 1.43 | 50 | 18 | REHABILITACION |
| CHICCHE | CHICCHE - CHONGOS ALTO | 1.1 | 50 | 18 | REHABILITACION |
| *PUCARA | TAYACAJA-LAGUNA YAULICOCHA | 12.5 | 49 | 19 | M. EXTRAORDINARIO |
| CHONGOS ALTO | TROCHA CARROZABLE CRUCE-AL PUENTE LA VIRGEN | 5.618 | 45 | 22 | REHABILITACION |

2.2.2.3. DE LA INFRAESTRUCTURA

Es el diagnóstico de la infraestructura de cada vía encontrada en el distrito de Huancayo, aspectos de la infraestructura tales como el acabado de la superficie, los materiales predominantes, longitud, ancho y si cuenta con algún tipo de mantenimiento la vía vecinal.

Tabla 3

Diagnóstico de la infraestructura de las vías en el distrito de Huancayo

| Distrito | Zona supervisada | Pistas | | |
|---------------------|---|-------------|------------------|---|
| | | Buen estado | Baches y grietas | Deterioro total o ausencia de pavimento |
| Cercado de Huancayo | Av. Ferrocarril cd.6, cruce con Jr. Cusco | | X | |
| | Av. Ferrocarril, cruce con Av. Real | X | | |
| | Av. Ferrocarril, cruce con Jr. Cajamarca | X | | |
| | Av. Ferrocarril, cruce con Jr. Giráldez | X | | |
| | Av. Huancavelica cd.1, cruce con Jr. Cusco cd.9 | X | | |
| | Av. Huancavelica cd.2, entre Jr. Puno y Av. Daniel A. Carrión | | X | |
| | Av. Huancavelica cd.4, cruce con Jr. Lima cd.8 | | X | |
| | Av. José Olaya, cruce con Av. Giráldez cd.10 | X | | |
| | Calle Real cd.3, cruce con Jr. Cusco cd.4 | | X | |

2.2.2.4. DEL ENTORNO

Es el diagnóstico del entorno de las vías investigadas en el presente trabajo, donde se determina si se cuenta con dificultad o no para la ubicación de las vías, así como si se encuentran en peligro o no de sufrir daños por efectos o eventos naturales, teniendo en cuenta si las vías vecinales están rodeadas de cerros o ríos aledaños.

Tabla 4

Diagnóstico del entorno de las vías vecinales en el distrito de Huancayo.

| Distrito | Zona supervisada | ENTORNO | | | | |
|---------------------|---|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| | | PRESENTA PROBLEMAS DE UBICACION | ESTA EXPUESTO A DESLIZAMIENTOS | ESTA EXPUESTO A INUNDACIONES | ESTA EXPUESTO A SISMO | PRESENTA PROBLEMAS DE CONSTRUCCION |
| Cercado de Huancayo | Av. Ferrocarril cd.6, cruce con Jr. Cusco | NO | NO | NO | NO | NO |
| | Av. Ferrocarril, cruce con Av. Real | NO | NO | NO | NO | NO |
| | Av. Ferrocarril, cruce con Jr. Cajamarca | NO | NO | NO | NO | NO |
| | Av. Ferrocarril, cruce con Jr. Giráldez | NO | NO | SI | NO | NO |
| | Av. Huancavelica cd.1, cruce con Jr. Cusco cd.9 | NO | NO | NO | NO | NO |
| | Av. Huancavelica cd.2, entre Jr. Puno y Av. Daniel A. Carrión | NO | NO | NO | NO | NO |
| | Av. Huancavelica cd.4, cruce con Jr. Lima cd.8 | NO | NO | NO | NO | NO |
| | Av. José Olaya, cruce con Av. Giráldez cd.10 | NO | NO | NO | NO | NO |
| | Calle Real cd.3, cruce con Jr. Cusco cd.4 | NO | NO | NO | NO | NO |

2.2.2.5. DEL DIAGNÓSTICO

Es el diagnóstico del estado en que se encuentran las vías encontradas en el distrito de Huancayo, y en donde se determinó si la vía vecinal necesita Mantenimiento, Rehabilitación o Reconstrucción en donde se debe justificar cada

tratamiento que se le pueda dar a la vía de acuerdo a la existencia o no de fallas y el estado en la que se encontraron las vías vecinales ya sea bueno, regular o en mal estado.

Tabla 5

Diagnóstico del estado de las vías en el distrito de Huancayo.

| Distrito | Zona supervisada | DIAGNOSTICO (RECONSTRUCCION/ REHABILITACION/ MANTENIMIENTO) | ESTADO | JUSTIFICACION DEL DIAGNOSTICO | OBSERVACIONES (OBRA EN EJECUCION/EXP. TECNICO/PERFIL/FICHA) |
|---|---|--|--|--|--|
| Cercado de Huancayo | Av. Ferrocarril cd.6, cruce con Jr. Cusco | REHABILITACION | | Vía en estado regular con algunos baches y grietas | - |
| | Av. Ferrocarril, cruce con Av. Real | MANTENIMIENTO | | Vía en estado regular | - |
| | Av. Ferrocarril, cruce con Jr. Cajamarca | MANTENIMIENTO | | Vía en buen estado | - |
| | Av. Ferrocarril, cruce con Jr. Giráldez | RECONSTRUCCION | | Vía en buen estado | - |
| | Av. Huancavelica cd.1, cruce con Jr. Cusco cd.9 | MANTENIMIENTO | | Vía en buen estado | - |
| | Av. Huancavelica cd.2, entre Jr. Puno y Av. Daniel A. Carrión | REHABILITACION | | Vía en estado regular con algunos baches y grietas | - |
| | Av. Huancavelica cd.4, cruce con Jr. Lima cd.8 | REHABILITACION | | Vía en estado regular con algunos baches y grietas | - |
| | Av. José Olaya, cruce con Av. Giráldez cd.10 | MANTENIMIENTO | | Vía en buen estado | - |
| Calle Real cd.3, cruce con Jr. Cusco cd.4 | REHABILITACION | | Vía en estado regular con algunos baches y grietas | - | |

2.2.3. Gestión de pavimentos

Es un conjunto de herramientas o métodos que ayudan a los tomadores de decisiones, ya que ayudan a evaluar las condiciones actuales y encontrar la estrategia óptima para proporcionar, evaluar y mantener el pavimento en buenas condiciones utilizables, es decir, en condiciones futuras durante un período de tiempo determinado. Su objetivo fundamental es utilizar información consistente y confiable para desarrollar criterios de decisión, brindar alternativas prácticas y contribuir a la efectividad de la toma de decisiones, para llegar a un curso de acción económicamente óptimo y en el cual se retroalimente las consecuencias de las decisiones. previstas, como medio de asegurar su eficacia (15)

2.2.4. Conservación de carreteras

Las técnicas de conservación son elementos que han ido implementándose a medida de querer recuperar la infraestructura del pavimento tomando en cuenta las restricciones presupuestarias. A su vez estas dependen de condiciones tanto funcionales como estructurales, ya que ambas afectan al usuario; a modo de ejemplo, un pavimento flexible puede estar muy agrietado, lo que significa una pérdida considerable de capacidad estructural, sin embargo, el conductor podría no sentir mayores molestias. Al contrario, un pavimento puede tener una excelente capacidad estructural, pero aspectos como una deficiente rugosidad o escalonamiento en el caso de pavimentos rígidos pueden afectar la conducción, con lo que la capacidad funcional se reduce. Dado que las políticas de conservación dependerán directamente de las condiciones ya descritas, se han definido tres grandes grupos de conservación: Restauración, Rehabilitación y Reconstrucción (15).

2.2.5. Actividades de conservación periódica

De acuerdo a lo establecido por el Manual de carreteras mantenimiento y conservación (16), se considera conservación periódica a las siguientes actividades.

- **Sellos asfálticos.** – Este trabajo consiste en la ejecución de riegos asfálticos, sobre la superficie de rodadura de la vía, los cuales consisten en riegos con emulsión, lechada asfáltica, sellos arena-asfalto y tratamiento superficial simple o monocapa.
- **Cape Seal.** – El Cape Seal es una técnica de pavimentación en base a emulsiones asfálticas, el cual está constituido por la aplicación, en primer lugar, de un tratamiento superficial simple (TSS) y posteriormente de una lechada asfáltica sobre el TSS terminado. La aplicación conjunta de estos dos tratamientos combina las principales características de ambos métodos; el TSS aporta principalmente con la impermeabilización y la resistencia al deslizamiento, mientras que la lechada aporta lisura, reduce ruidos y evita desprendimientos.
- **Tratamientos Superficiales.** – Se define un tratamiento superficial como una superficie asfáltica que resulta de una o más aplicaciones sucesivas y alternadas de ligante asfáltico y áridos sobre una base granular o sobre un pavimento existente de asfalto o de hormigón, teniendo por finalidad el mejorar o conservar las características físicas y mecánicas de las superficies así tratadas. De acuerdo al número de aplicaciones de asfalto y áridos, estos reciben el nombre de tratamiento superficial simple, doble, triple o múltiple. El objetivo es recuperar las condiciones superficiales de calzadas desgastadas o pulidas y, de esta manera contribuir a una adecuada circulación vehicular. Además, para minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento. En este sentido, las técnicas de sellado asfáltico tienen por finalidad aplicar medidas que pueden ser preventivas, correctivas o ambas.
- **Recapeo asfálticos.** – Este trabajo consiste en la colocación de una o más capas de mezcla asfáltica sobre la superficie de rodadura de un pavimento de la vía. El objetivo es recuperar las condiciones estructurales y superficiales del pavimento, para alcanzar una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y

economía. Por lo general, la colocación de recapeo asfálticos se realiza como parte de la conservación periódica del pavimento flexible, cuando este se encuentre en estado regular, el cual debe ser determinado técnicamente a través de pruebas de auscultación. El estado regular de un pavimento flexible se ha alcanzado cuando el índice de rugosidad internacional IRI, tiene un valor entre 2.8 m/km y 4.0 m/km.

- **Fresado de carpeta asfáltica.** – Este trabajo consiste en cortar total o parcialmente la capa de rodadura del pavimento de la vía. El objetivo del fresado es la recuperación de las condiciones estructurales y superficiales del pavimento, para alcanzar una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad.
- **Microfresado de carpeta asfáltica.** – Este trabajo consiste en cortar superficialmente la capa de rodadura del pavimento de la vía. El objetivo es corregir las irregularidades que presente la superficie de rodadura, con la finalidad de recuperar las condiciones estructurales y superficiales del pavimento para alcanzar una adecuada circulación vehicular con seguridad y comodidad.

2.2.6. Fallas de los pavimentos rígidos

Según el Manual de carreteras mantenimiento y conservación (16), establece las siguientes fallas tanto para la calzada y berma:

Tabla 6

Fallas o deterioros del pavimento rígido.

| Item | Deterioro / Falla | Gravedad |
|------|------------------------|--|
| 1 | Desnivel entre losas | 1 Sensible al usuario sin reducción de la velocidad. |
| | | 2 Resulta en una reducción significativa de la velocidad. |
| | | 3 Resulta en una reducción drástica de la velocidad. |
| 2 | Fisuras longitudinales | 1 Fisuras finas (ancho \leq 1 mm) |
| | | 2 Fisuras medias corresponde a fisuras abiertas y/o ramificadas, sin pérdida de material (ancho $>$ 1mm y \leq 3 mm) |
| | | 3 Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas, con pérdida de material (ancho $>$ 3 mm) |
| 3 | | 1 Fisuras finas (ancho \leq 1 mm) |

| | | |
|----|-----------------------------|---|
| | Fisuras transversales. | 2 Fisuras medias, corresponde a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm). |
| | | 3 Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas. |
| 4 | Fisuras de esquina | 1 Solamente una esquina quebrada. 2 Dos esquinas quebradas. 3 Más que dos esquinas quebradas. |
| 5 | Fisuras oblicuas | 1 Fisuras finas (ancho ≤ 1 mm) 2 Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm ≤ 3 mm). 3 Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). |
| 6 | Reparaciones o parchados | 1 Puntuales (menor al 10% de la superficie de las losas afectadas) 2 Puntuales (entre el 10% y 30% de la superficie de las losas afectadas) 3 Continuas (mayor que el 30% de la superficie de las losas afectadas) |
| 7 | Despostillamiento de juntas | 1 Fracturamiento o desintegración de bordes menor - igual que el 50% de la longitud dentro de los 5 cm de la junta. 2 Fracturamiento o desintegración de bordes mayor que el 50 % de la longitud dentro de los 5 cm de la junta. 3 Fracturamiento o desintegración hasta una distancia superior a 5 cm de la junta. |
| 8 | Desprendimiento | 1 Pérdida de material menor al 10 % de la superficie de las losas afectadas. 2 Pérdida de material entre 10 % y 30 % de la superficie de las losas afectadas. 3 Pérdida de material mayor al 30 % de la superficie de las losas afectadas. |
| 9 | Baches (Huecos) | 1 Diámetro < 0.2 m 2 Diámetro entre 0.2 y 0.5 m 3 Diámetro > 0.5 m |
| 10 | Tratamiento superficial | 1 Desprendimiento menor al 10 % de la superficie de las losas afectadas. 2 Desprendimiento entre el 10 % y 30 % de la superficie de las losas afectadas. 3 Desprendimiento mayor al 30% de la superficie de las losas afectadas. |
| 11 | Daños puntuales | 1 Deterioros puntuales 2 Deterioros en menos del 30 % del área de bermas en la longitud evaluada de 200m 3 Deterioros en más del 30 % del área de bermas en la longitud evaluada de 200m |
| 12 | Desnivel calzada berma | 1 Desnivel leve < 15 mm 2 Desnivel moderado entre 15 y 50 mm 3 Desnivel severo > 50 mm |

2.2.7. Fallas de los pavimentos flexibles

Según el Manual de carreteras mantenimiento y conservación (16), establece las siguientes fallas tanto para la calzada y berma:

Tabla 7

Fallas o deterioros del pavimento flexible.

| Clasificación | Item | Deterioro / Falla | Gravedad |
|-----------------------------------|------|--|---|
| Deterioros o fallas estructurales | 1 | Piel de cocodrilo | 1 Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto. |
| | | | 2 Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto. |
| | | | 3 Malla pequeña (<0.3 m) sin o con material suelto. |
| Deterioros o fallas estructurales | 2 | Fisuras longitudinales | 1 Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm) |
| | | | 2 Fisuras medias corresponde a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1mm y ≤ 3 mm) |
| | | | 3 Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas. |
| | 3 | Deformación por deficiencia estructural. | 1 Profundidad sensible al usuario < 2 cm. |
| | | | 2 Profundidad entre 2 cm y 4 cm. |
| Deterioros o fallas superficiales | 4 | Ahuellamiento. | 3 Profundidad > 4 cm. |
| | | | 1 Profundidad sensible al usuario ≤ 6 mm. |
| | | | 2 Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm. |
| Deterioros o fallas superficiales | 5 | Reparaciones o parchados. | 3 Profundidad > 12 mm. |
| | | | 1 Reparación o parchado para deterioros superficiales. |
| | | | 2 Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado. |
| Deterioros o fallas superficiales | 6 | Peladura y desprendimiento. | 3 Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado. |
| | | | 1 Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial). |
| | | | 2 Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular. |
| Deterioros o fallas superficiales | 7 | Baches (huecos). | 3 Continuo con aparición de la base granular. |
| | | | 1 Diámetro < 0.2 m |
| | | | 2 Diámetro entre 0.2 y 0.5 m |
| Deterioros o fallas superficiales | 8 | | 3 Diámetro > 0.5 m |
| | | | 1 Fisuras finas (ancho ≤ 1 mm) |

| | | | | |
|------------------------------------|----|------------------------|---|---|
| | | Fisuras transversales. | 2 | Fisuras medias, corresponde a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm). También se denominan grietas. |
| | | | 3 | Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas. |
| | 9 | Exudación | 1 | Puntual. |
| | | | 2 | Continua. |
| | | | 3 | Continua con superficie viscosa. |
| Berma pavimentada y no pavimentada | 10 | Daños puntuales | 1 | Daños puntuales baches o huecos, erosión |
| | | | 2 | Daños en menos del 30 % del área de bermas en la longitud evaluada de 200 m |
| | | | 3 | Deterioros en más del 30 % del área de bermas en la longitud evaluada de 200 m |
| | 11 | Desnivel calzada berma | 1 | Desnivel leve < 15 mm |
| | | | 2 | Desnivel moderado entre 15 y 50 mm |
| | | | 3 | Desnivel severo > 50 mm |

2.2.8. Actividades de conservación rutinaria

De acuerdo a lo establecido por el Manual de carreteras de conservación vial (16), se considera conservación rutinaria a las siguientes actividades:

- **Sellado de fisuras y grietas en calzada.** – El sellado de fisuras (aberturas iguales y menores 3mm) y de grietas (aberturas mayores a 3mm) consiste en la colocación de materiales especiales dentro de las grietas o en realizar relleno con materiales especiales dentro de las grietas del pavimento de la vía. El objetivo del sellado de fisuras y de grietas es impedir la entrada de agua y la de materiales incompresibles como piedras o materiales duros dentro de ellas y, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos como los de piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches.
- **Parchado superficial en calzada.** – Este trabajo consiste en la reparación de baches en la capa de rodadura del pavimento de la vía. El parchado superficial comprende la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentran deterioradas, siempre que afecten exclusivamente a la superficie de rodadura, encontrándose en buenas condiciones la base granular y demás capas

del suelo. El objetivo del parchado superficial es recuperar las condiciones para una adecuada circulación vehicular. Además, para minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento.

- **Parchado profundo de calzada.** – El parchado profundo consiste en la reparación, bacheo o reemplazo de una parte severamente deteriorada de la estructura del pavimento flexible, cuando el daño afecte tanto a la o las capas asfálticas, como parte de la base y/o subbase de la vía.
- **Bache de bermas con material granular.** – La actividad se refiere a la reparación de bermas granulares no pavimentadas, que se encuentren desniveladas respecto al borde del pavimento, que estén deformadas o cuya geometría no se ajusta a un plano liso con una pendiente uniforme y adecuada.
- **Nivelación de bermas con material granular.** – Esta actividad consiste en la nivelación de bermas granulares no pavimentadas, que se encuentren desniveladas respecto al borde del pavimento, que estén deformadas o cuya geometría no se ajusta a un plano liso con una pendiente uniforme y adecuada, con o sin aporte de material.
- **Parchado superficial de bermas con tratamiento asfáltico.** – Este trabajo consiste en la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentra deteriorados, siempre que afecten exclusivamente a la capa de rodadura asfáltica, encontrándose en buenas condiciones la base granular y las demás capas del suelo.
- **Parchado profundo de bermas con tratamiento asfáltico.** – Este trabajo consiste en la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentra deteriorados o cuando el daño afecte tanto a la capa asfáltica como a la base y sub base granular.

2.2.9. Índice internacional de rugosidad (IRI)

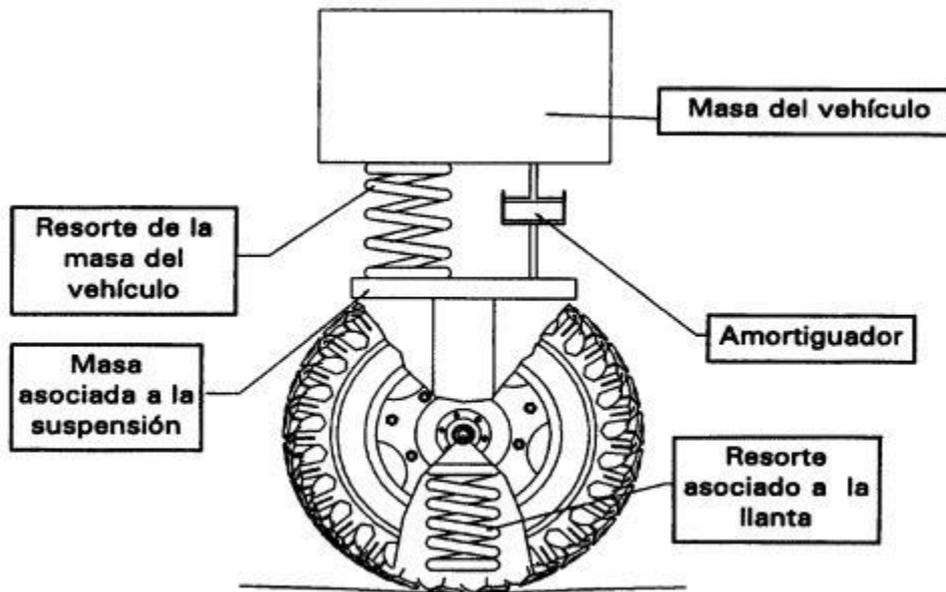
El Índice Internacional de Rugosidad, mejor conocido como IRI (International Roughness Index), fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino. El Índice Internacional de Rugosidad tiene sus orígenes en un programa norteamericano llamado Nacional Cooperative Highway Research Program (NCHRP) y está basado en un modelo llamado "Golden Car" descrito en el reporte 228 del NCHRP (17).

El cálculo matemático del Índice Internacional de Rugosidad está basado en la acumulación de desplazamientos en valor absoluto, de la masa superior con respecto a la masa inferior (en milímetros, metros o pulgadas) de un modelo de vehículo (cuarto de carro), dividido entre la distancia recorrida sobre un camino (en m, km. o millas) que se produce por los movimientos al vehículo, cuando éste viaja a una velocidad de 80 km/hr. El IRI se expresa en unidades de mm/m, m/km, in/mi, etc. (17)

- **Modelo cuarto de carro**

Para Arriaga, Garnica y Rico (17) el modelo de Cuarto de Carro utilizado en el algoritmo del IRI debe su nombre a que implica la cuarta parte de un vehículo. El modelo se muestra en la siguiente figura; que incluye una rueda representada por un resorte vertical, la masa del eje soportada por la llanta, un resorte de la suspensión, un amortiguador, y la masa del vehículo soportada por la suspensión de dicha rueda.

Figura 1
Representación gráfica del modelo "Cuarto de carro".



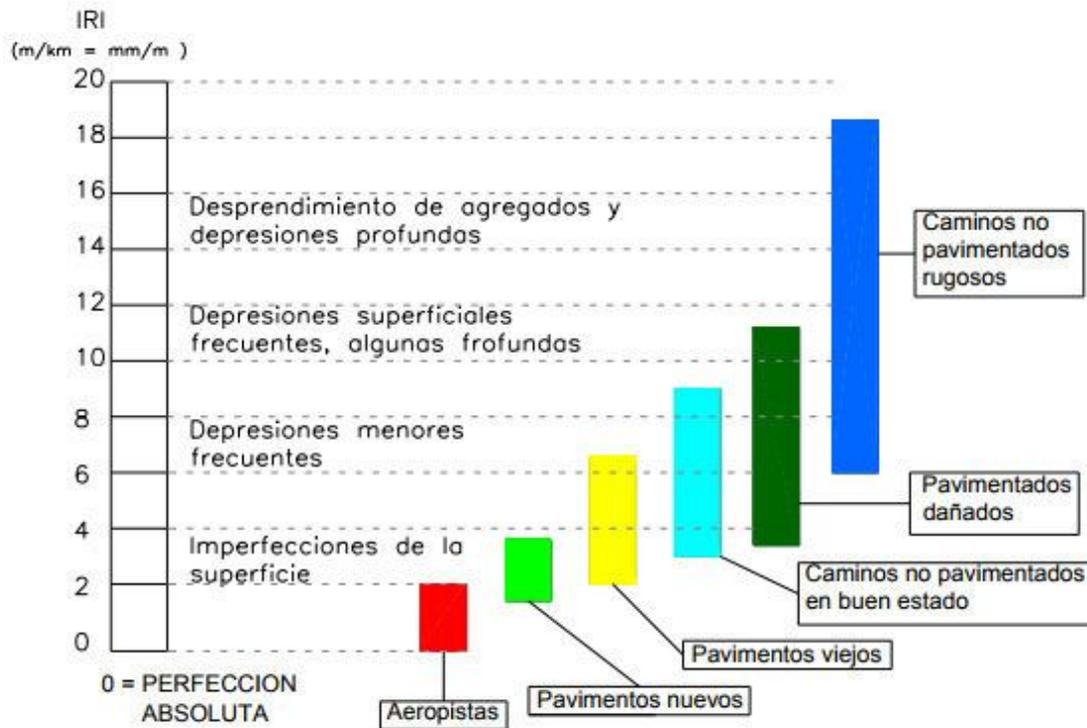
- **Escala y características del IRI**

La escala y características involucradas en el IRI son las siguientes:

- Las unidades están en mm/m, m/km o in/mi
- El rango de la escala del IRI para un camino pavimentado es de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable. En la que se muestra a continuación se presentan las características de los pavimentos dependiendo del valor del IRI, según las experiencias recogidas por el Banco Mundial en diversos países.
- Para una superficie con pendiente constante sin deformaciones (plano inclinado perfecto), el IRI es igual a cero. Por lo que la pendiente, como tal, no influye en el valor del IRI, no así los cambios de pendiente.

Figura 2

Escala de valores del Índice de Rugosidad Internacional.



2.2.3. Software de estado de infraestructura vial modelo HDM 4

Tienen su origen a finales de la década de los sesenta y fueron desarrollados inicialmente por el Banco Mundial en conjunto con el Transport and Road Research Laboratory (TRRL), el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) y posteriormente contó con la participación del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Los modelos desarrollados fueron complementados tras un estudio de campo realizado por el Banco Mundial en conjunto con el Transport and Road Research Laboratory (TRRL) en Kenia, India, Brasil y países del Caribe, lo que representó para el Banco Mundial el desarrollo del programa HDM-III, que posteriormente fue actualizándose hasta la versión HDM-4 utilizada actualmente (18).

Los modelos de deterioro del HDM evalúan la condición funcional y estructural, teniendo en cuenta los parámetros de vía como el índice de condición de vía, su geometría, climatología, índice medio diario, velocidad de diseño, etc., y las características de los vehículos que hace uso de una

carretera. La condición funcional evalúa las características operacionales y el estado de la superficie del pavimento en base a modelos de desgaste, baches, rugosidad y fricción. La condición estructural evalúa el nivel de la integridad física en que se encuentra la sección de un pavimento, a partir de los modelos de agrietamiento y ahuellamiento (18).

Desde el punto de vista estructural, el ahuellamiento y el agrietamiento son las principales formas en que falla una estructura de pavimento, causadas por la fatiga y el envejecimiento del material. El deterioro por agrietamiento se manifiesta en la capa de rodado, en donde una mayor severidad hará menos segura y confortable la circulación vehicular, se elevarán los costos de operación vehicular, los tiempos de viaje, el consumo de combustible y el deterioro del vehículo (19).

Para Rodríguez, Thenoux y González (2013) las ecuaciones que describen el modelo de deterioro se componen de variables de entrada, factores de calibración, coeficientes y parámetros, todos ellos presentes en las Ecuaciones 1 a 4. Las Ecuaciones 1 y 2 corresponden al modelo de iniciación de todas las grietas estructurales (ICA) y al modelo de iniciación de grietas anchas estructurales (ICW) respectivamente. Las Ecuaciones 3 y 4 corresponden al modelo de progresión de todas las grietas estructurales (ACA) y al modelo de progresión de grietas estructurales anchas (ACW) (19).

$$ICA = k_{cia} * \left\{ CDS^2 * a_0 * e^{[a_1 * NE * \frac{YE4}{NE^2}] + CRT} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

$$ICA = k_{ciw} * MAX\{(a_0 + a_1 * ICA), a_2 * ICA\} \dots \dots \dots (2)$$

$$\Delta ACA = k_{cpa} * \left(\frac{CRP}{CDS} \right) * Z_A * \left\{ (Z_W * a_0 * a_1 * \delta t_w + SCW^{a_1})^{\frac{1}{a_1}} - SCA \right\} \dots \dots \dots (3)$$

$$\Delta ACW = k_{cpw} * \left(\frac{CRP}{CDS} \right) * Z_w * \left\{ (Z_W * a_0 * a_1 * \delta t_w + SCW^{a_1})^{\frac{1}{a_1}} - SCW \right\} \dots \dots \dots (3)$$

Dónde:

NE (Número estructural) – YE4 (Tránsito): Variables de entrada, provienen de información de terreno y generalmente son informados de manera determinística. k: Factores de calibración que permiten adaptar los modelos a condiciones locales. a: Coeficientes definidos para cada modelo de deterioro. CDS: Indicador de defectos de construcción para superficies en asfalto (Parámetro).

CRT: Tiempo de demora en la aparición de grietas debido al mantenimiento (En años - Parámetro). CRP: Retraso en la progresión de grietas debido al tratamiento preventivo (Parámetro). δt_A : Fracción del año de análisis en que la progresión de todas las grietas estructurales se aplica. δt_{AW} : Fracción del año de análisis en que la progresión de grietas estructurales anchas se aplica. Es un programa computacional con una documentación asociada, que servirá como la principal herramienta para el análisis, la planificación, gestión y evaluación del mantenimiento, mejora y la toma de decisiones relacionadas con la inversión de carreteras.

El principal requerimiento para la utilización de los modelos de deterioro es que deben ser calibrados a condiciones locales, además, la calidad de los datos de entrada define la veracidad de la información que entrega el modelo y requieren cumplir con condiciones básicas de calidad, que garanticen valores de salidas aproximados a los valores reales del deterioro (20).

En 1998, a la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC) le fueron confiados por los actores del Proyecto ISOHDM (Estudio Internacional Desarrollo y Gestión de Carreteras) los derechos de propiedad intelectual del programa computacional conocido como HDM-4. En consecuencia, cofinanció el trabajo de desarrollo que culminó con el HDM-4 Versión 2.

El Consejo de la Asociación Mundial de la Carretera, por recomendación de la Secretaría General de PIARC, decidió en 2004 establecer una concesión de servicios para la gestión, desarrollo, marketing, ventas y soporte de HDM-4 Versión 2. Tras una convocatoria de propuestas

competitivas y después de una evaluación cuidadosa, fue adjudicado el contrato a HDMGlobal, a un consorcio internacional centrado en la Universidad de Birmingham (21).

Los compromisos de la concesionaria están definidos en este contrato e incluyen:

- Organización de la difusión de la tecnología de HDM-4
- Difusión y actualización de la documentación técnica
- Ventas y distribución del software HDM- 4 Versión 2 y la documentación técnica
- Asistencia y servicios a los usuarios
- Dedicación a un Sitio Web Internet
- Organización de un Club de HDM4 usuarios
- Organización de cursos de formación y talleres
- Correcciones, actualizaciones y evolución del software

2.2.3.1. Parámetros de vías

Según Alejos y Cribillero se ingresan todos los datos que constituyen el inventario de secciones de la red. La sección es la unidad de análisis en el HDM-4, y está definida por múltiples parámetros. El sistema de ingreso de datos está organizado mediante ficheros o tarjeteros accesibles desde la pantalla, que permiten ir ingresando en forma ordenada la información dentro de cada ficha o tarjeta (15)

Entre los datos a ingresar deben especificarse, entre otras, las siguientes características:

- Denominación, longitud y clasificación funcional de la sección.

- Clima: selección de zona climática definida en el módulo de Configuración.
- Datos de tránsito: TMDA de vehículos motorizados y no motorizados, patrones de flujo de tránsito y de distribución de velocidades. El resto de los datos de tránsito se ingresa en la evaluación a nivel de proyecto, programa o estrategia.
- Datos de diseño geométrico: ancho de calzada y banquetas, número de trochas, curvatura horizontal, subidas más bajadas, altitud promedio, etc.
- Datos de diseño geométrico: ancho de calzada y banquetas, número de trochas, curvatura horizontal, subidas más bajadas, altitud promedio, etc.

2.2.3.2. Características de vehículos

Este módulo puede integrar las características clave de los vehículos para formar flotas de vehículos que circularán por diferentes tramos de carretera, cuya información se utilizará luego para calcular los costes para los usuarios de la carretera. Los datos son importados de medios estándar, tienen su propia configuración por defecto, ya partir de ahí se pueden modificar según las realidades de cada país o región (15).

En HDM4, es posible ingresar vehículos de motor, incluidas motocicletas y vehículos no motorizados (bicicletas, carros de animales, incluso peatones). La siguiente figura muestra la ventana de entrada para las características básicas del vehículo para el cual se especifican los datos, en particular, la equivalencia de vehículos livianos (para análisis de potencia), número de ejes y llantas, uso anual, vida estimada, número de pasajeros, carga equivalente (ESAL/vehículo), etc. (15).

2.2.3.3. Planificación estratégica/Análisis de la estrategia

Se utiliza para preparar estimaciones de planificación a mediano y largo plazo de las necesidades de financiamiento para el desarrollo y

mantenimiento de la red vial. Se pueden obtener estimaciones de los requisitos presupuestarios a mediano y largo plazo para toda la red vial junto con pronósticos del desempeño del pavimento y los efectos del usuario vial. El impacto de diferentes escenarios presupuestarios se puede estimar junto con el valor de los activos de la red (21).

2.2.3.4. Programación de Obras Viales/Análisis de Programas

Se utiliza para preparar programas de trabajo continuos en los que se identifican tramos de carretera candidatos y se les asignan opciones de mantenimiento o mejora. HDM-4 calcula los beneficios económicos y los requisitos de gasto de cada opción. Se identifica un cronograma de proyectos óptimos de mantenimiento de pavimentos y/o mejoramiento de carreteras que se pueden llevar a cabo dentro de las limitaciones presupuestarias especificadas (21).

2.2.3.5. Análisis de Proyectos

El análisis de proyectos se puede utilizar para estimar la viabilidad económica o de ingeniería de los proyectos de inversión en carreteras mediante la realización de un análisis del ciclo de vida del rendimiento del pavimento, los efectos de mantenimiento y/o mejora junto con las estimaciones de los costos para los usuarios de carreteras (21).

Los principales productos incluyen:

- Predicciones anuales del desempeño del pavimento.
- Efectos del mantenimiento de pavimentos y mejora de carreteras.
- Costos y beneficios del usuario de la carretera.
- Estimaciones de efectos ambientales.
- Indicadores económicos estándar como VPN y EIRR.

El análisis de sensibilidad permite al usuario investigar el impacto de las variaciones en los parámetros clave en los resultados del análisis. El

análisis multicriterio (MCA) proporciona un medio para comparar proyectos utilizando criterios a los que no se les puede asignar fácilmente un costo económico. Por ejemplo, impactos ambientales, sociales o políticos (2).

HDM-4 se puede utilizar para realizar una serie de estudios de políticas del sector vial, que incluyen:

- Políticas de financiación para necesidades competitivas, p. alimentador versus caminos principales.
- Impactos de los cambios en la política de transporte por carretera en el consumo de energía.
- Impacto de los límites de carga por eje.
- Normas de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.

2.2.3.6. Análisis de Proyectos

La aplicación del modelo HDM-4 es beneficiosa en términos de facilidad para la toma de decisiones y otros aspectos que se presentan a continuación:

| Modelo HDM 4 | Modelo clásico |
|---|---|
| <p>Considera el deterioro de la carretera, es decir, determina cual será el deterioro del pavimento, en función del tráfico y del estado actual.</p> <p>Tiene en cuenta los efectos de obras y determina los costes correspondientes.</p> <p>Determina los costos de operación y mantenimiento de los vehículos, accidentes y tiempo de viaje.</p> <p>Considera los efectos de las emisiones de los vehículos y el consumo de energía.</p> <p>El modelo calcula para cada año del periodo, tramo y alternativa de evaluación, las condiciones de la carretera y los recursos utilizados.</p> <p>Facilita la toma de decisiones.</p> | <p>Considera el deterioro de la carretera, mediante un diagnóstico in situ, pero no prospectivo.</p> <p>No considera los efectos de las obras en el estado de la capa de rodadura.</p> <p>No estima los costos para los usuarios.</p> <p>No considera efectos sociales ni medioambientales.</p> <p>El monto de cálculo se basa en la estimación del PCI.</p> <p>Es la parte inicial de la toma de decisión.</p> |

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. Hipótesis general

La implementación de un software de estado de infraestructura vial tuvo un impacto positivo sobre el mantenimiento de las vías de transporte en el distrito de Huancayo.

2.3.2. Hipótesis específicas

- a) La implementación de un software de infraestructura vial tuvo un impacto positivo sobre el estado del servicio de las vías en junin .
- b) Se determina el costo de conservación por actividad mediante el uso de un software de infraestructura vial de las vías de transporte en junin .

2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

2.4.1. Operacionalización de las variables de estudio

IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y SU IMPACTO EN EL MANTENIMIENTO DE VIAS DE TRANSPORTE EN EL DISTRITO DE HUANCAYO.

Tabla 8 Operacionalización de variables

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensión |
|-------------------------------------|---|---|-----------------------------|
| Mantenimiento de vías de transporte | Menéndez (23) considera que el mantenimiento vial consiste en “El mantener los caminos en niveles que permitan la circulación vehicular durante todas las épocas del año, en buen estado en todos los niveles, desde las nacionales hasta las vecinales, lo cual permite un ahorro considerable en los costos de operación vehicular” | Se define como mantener las vías de transporte en condiciones adecuadas para el traslado de los diversos vehículos, ya sean vehículos particulares, públicos o de carga pesa. | Servicio de las vías |
| | | | Infraestructura de las vías |
| | | | Diagnóstico de las vías |
| | | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| <p>Software de estado de infraestructura vial</p> | <p>En la página de PIARC (24) un programa computacional con una documentación asociada, que servirá como la principal herramienta para el análisis, la planificación, gestión y evaluación del mantenimiento, mejora y la toma de decisiones relacionadas con la inversión de carreteras.</p> | <p>Es una aplicación la cual nos permitirá medir los diversos niveles de estado de las diversas infraestructuras viales y que tanto se tiene que intervenir para su reparación.</p> | |
|---|---|---|--|

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que corresponde es una investigación aplicada puesto que se pretende resolver problemas prácticos con el propósito de cambio y asimismo será instrumento para la toma de decisiones.

3.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El nivel de la investigación es descriptivo – explicativo, puesto que, se considera al fenómeno estudiado y sus componentes, medir y definir variables; a su vez, se determinará las causas del fenómeno y se generará un sentido de entendimiento Según la complejidad de la investigación a realizarse y los objetivos planificados.

3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Método general de investigación

Corresponde al método científico; este rechaza o elimina todo procedimiento que busque manipular la realidad en forma caprichosa, tratando de imponer prejuicios, creencias o deseos que no se ajusten a un control adecuado de la realidad y de los problemas que se investigan (Ccanto, 2010).

3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es no experimental de corte transeccional, lo que se define como la investigación que se realiza sin manipulación deliberadamente de la variable independiente, de corte transeccional pues se describirá relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado (22).

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. Población de estudio

La población para esta investigación fue la totalidad de la Av. Ferrocarril (2500 m) del distrito y provincia de Huancayo, región Junín; asimismo porque esta es una de las principales vías de la ciudad, conectando a las importantes universidades de la región y demás anexos del distrito de El Tambo y Huancayo.

3.5.2. Muestra de estudio

El tipo de muestreo fue no probabilístico intencional o dirigido correspondiendo a 10 unidades cada una de 250 m de longitud y ancho de 14.00m en la totalidad de 2 500 m de la avenida Ferrocarril; el mismo que se ha determinado según lo estipulado por el Manual de Carreteras Conservación Vial (16) para la evaluación de la condición del pavimento; asimismo cabe mencionar que se ha evaluado la totalidad de la avenida Ferrocarril tal como señala el manual.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

3.6.1. Entrevista no estructurada

Sí, se hizo contacto directo con los choferes de la avenida Ferrocarril, sin ninguna planificación específica previa, sólo con el propósito de conocer objetivamente el asunto.

3.6.2. Análisis de documentos

Con base en información bibliográfica y de Internet, para desarrollar el marco teórico y demás componentes de la encuesta.

Asimismo, lo que concierne al instrumento de recolección de datos, este será:

- Ficha para determinar la calificación de condición de pavimento.
- Ficha para determinar el IMD.
- Ficha de recolección de opinión de los usuarios de la vía en estudio.

Validez de los Instrumentos

La validez de la herramienta será realizada por revisores expertos, todas las herramientas han sido validadas por 03 expertos distribuidos de la siguiente manera:

Dos expertos en el tema de Análisis y diseño de Sistemas Organizacionales:

*Tabla 9
Relación de Expertos en la temática de análisis y diseño de sistemas informáticos*

| N° | APELLIDOS Y NOMBRES | PROFESION | GRADO ACADEMICO |
|-----------|----------------------------|------------------|------------------------|
| 01 | | | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 02 | | | |
|----|--|--|--|

Fuente: Elaboración propia 2022.

Dos docentes investigadores de la Facultad de Ingeniería Universidad Peruana Los Andes.

Tabla 10: Relación de Expertos en la temática de investigación

| N° | APELLIDOS Y NOMBRES | PROFESION | GRADO ACADEMICO |
|-----------|----------------------------|------------------|------------------------|
| 01 | | | |
| 02 | | | |

Fuente: Elaboración propia 2022.

Un docente investigador externo Universidad Nacional del Centro del Perú, en el tema de Investigación:

Tabla 11 Relación de Expertos en la temática de investigación "externo"

| N° | APELLIDOS Y NOMBRES | PROFESION | GRADO ACADEMICO |
|-----------|----------------------------|------------------|------------------------|
| 01 | | | |

Fuente: Elaboración propia 2022.

3.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

3.7.1. Técnicas de procedimiento y análisis de datos

El procesamiento de datos se realizará a través de matrices de tabulación y gráficos, con base en datos de campo como IRI, IMD y características actuales del pavimento. De igual manera, esta información será procesada a través del modelo HDM4 y Office.

a. Pre-campo

- Recopilación de información respecto a la descripción del lugar.
- Elaboración de fichas para la toma de datos en campo.

b. Campo

- Conteo vehicular.
- Toma de datos para determinar las condiciones actuales de la zona de estudio.
- Recopilación de la información de entidades estatales como el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

c. Gabinete

- Procesamiento de los datos obtenidos de conteo vehicular.
- Análisis de la información para determinar las condiciones actuales de la zona de estudio.
- Estimación de la serviciabilidad del pavimento mediante la aplicación del modelo HDM-4.
- Análisis de la mejor alternativa de gestión para la zona de estudio.

d. Observación directa

Mediante un procedimiento sistematizado y controlado, a fin de obtener los datos sobre la edad del pavimento y la gestión que se aplica actualmente.

e. Elaboración de informe

- Elaboración del marco teórico.
- Elaboración del marco metodológico.

- Redacción de los resultados, discusiones, conclusiones, recomendaciones y anexos.

3.7.2. Técnicas y análisis de datos

Las técnicas y análisis de datos para la presente investigación serán de acuerdo a lo considerado al análisis cuantitativo, para lo cual se usó la estadística descriptiva tal como la medida de tendencia central (media) y gráficas.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Tipo de conservación mediante el uso del modelo HDM 4 en el tramo II de la avenida Ferrocarril

4.1.1. Parámetros de la vía

Zonificación climática

Tabla 12
Zonificación climática

| | |
|-----------------------------|--------------------|
| Nombre | Hyo - templado |
| Clasificación por humedad | Húmeda |
| Duración estación seca | 0.30 |
| Precipitación media mensual | 71.6 mm |
| Clasificación temperatura | Moderadamente frío |
| Temperatura media | 12° C |
| Rango temperatura media | 10° C |

La tabla 6 de esta manera describe la zonificación climática, consideración relevante para la aplicación del software HDM-4.

Tabla 13
Definición del tramo II de la Avenida Ferrocarril

| Nombre del tramo | Tramo I |
|--------------------|--|
| ID del tramo | TI |
| Nombre ruta | Av. Ferrocarril – cruce con Jr Cuzco, cruce con Av. Real |
| ID de ruta | Av. F, Jr. Cz, Av RI. |
| Tipo de vel/cap | Carretera cuatro carriles |
| Modelo de tráfico | Vía interurbana |
| Zona climática | Hyo - Templado |
| Clase carretera | Terciaria o local |
| Tipo c. rodadura | Hormigón |
| Tipo firme | JPCP con pasadores |
| Longitud | 2 Km |
| Ancho de calzada | 5.6 m |
| Ancho de arcén | 2.4 m |
| Número de carriles | 4 |

En la tabla se describe la definición del tramo II de la Av. Ferrocarril, la cual muestra las características generales del tramo.

Tabla 14
Geometría del tramo II de la Av. Ferrocarril

| | |
|----------------------------|-----------|
| Rampas + pendientes | 15 m/km |
| Curvatura horizontal media | 171 ‰/km |
| Velocidad límite | 60 km/h |
| Altitud | 3276 msnm |

En la tabla 8 se muestra la geometría del tramo II de la Av. Ferrocarril lo cual considera la pendiente, la curvatura horizontal, la velocidad límite y la altitud.

Tabla 15
Características del pavimento en el tramo II de la Av. Ferrocarril

| | |
|---|-------|
| Tipo de material de la capa de Mezcla bituminosa rodadura | |
| Espesor más reciente | 25 mm |
| Espesor anterior/antiguo | 25 mm |
| Últ. Reconst. o nueva const. | 2016 |
| Última rehabilitación (capa rodadura) | 2016 |
| Último repavimentado (resellado) | 2016 |
| Último tratamiento preventivo | 2016 |

En la tabla se detalla las características del pavimento flexible del tramo II de la Avenida Ferrocarril, para lo cual se consideró el tipo de material de la capa de rodadura, el espesor más reciente, espesor más antiguo, la última reconstrucción o nueva construcción, última rehabilitación, último repavimentado y el último tratamiento preventivo.

4.1.2. Condición superficial del tramo II de la Av. Ferrocarril

La determinación de la condición superficial se considera que, la avenida cuenta con una extensión total de 2.55 km conformada por dos tramos: Tramo II con extensión de 0.68 km desde la avenida Los Andes y Ferrocarril hasta la intersección entre la Avenida Ferrocarril y la Calle Real.

| Código de daño | Deterioros/fallas | Gravedad |
|---------------------------------------|--|---|
| Deterioros o fallas estructurales | 1. Piel de cocodrilo | Malla grande (>0.5m) sin material suelto |
| | 2. Fisuras longitudinales | Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho<1mm) |
| | 3. Deformación por deficiencia estructural | Profundidad sensible al usuario < 2cm |
| | 4. Ahuellamiento | Profundidad sensible al usuario < 6cm |
| | 3. Reparaciones parchados | o Reparación o parchado para deterioros superficiales |
| Deterioros o falla superficiales | 4. Peladura y desprendimiento | Puntual sin aparición de la base granular |
| | 5. Baches (Huecos) | Diámetro entre 0.2 y 0.5 mm |
| | 6. Fisuras transversales | Fisuras finas (ancho<1mm) |
| | 7. Exudación | Puntual/continua |
| Bermas pavimentadas y no pavimentadas | 8. Daños puntuales | Daños puntuales baches o huecos erosión |
| | 9. Desnivel calzada berma | Desnivel leve < 15 mm |

La tabla explica los deterioros o fallas identificadas del pavimento flexible identificados en todo el tramo II de la Avenida Ferrocarril, diferenciándolos en base a su nivel de gravedad.

Tabla 16

Evaluación de daños en la zona de muestreo 1 del tramo II

| Código del daño | Deterioros/fallas | Gravedad (G) | Área del deterioro (m ²) Número de deterioros (Nij) | Porcentaje de extensión del deterioro/falla (E _{fij}) | Extensión promedio ponderada (E _{fp}) | Puntaje de condición resultante/falla |
|------------------------------------|--|--------------|--|---|---|---------------------------------------|
| Deterioros o fallos estructurales | 1. Piel de cocodrilo | 1 | 150.69 | 11.02% | 11.02% | 200 |
| | 2. Fisuras longitudinales | 1 | 10.42 | 1.05% | 1.05% | 16 |
| | 3. Deformación por deficiencia estructural | 2 | 120.35 | 11.02% | 11.02% | 94 |
| | 4. Ahuellamiento | 1 | 7.02 | 0.58% | 0.58% | 12 |
| | 5. Reparaciones o parchados | 1 | 11.99 | 1.15% | 1.15% | 8 |
| Deterioros o fallas estructurales | 6. Peladura y desprendimiento | 1 | 6.84 | 0.79% | 0.79% | 8 |
| | 7. Baches (huecos) | 2 | 5.50 | 0.00% | 0.00% | 93 |
| | 8. Fisuras transversales | 2 | 3.31 | 0.25% | 0.25% | 8 |
| | 9. Exudación | 2 | 11.28 | 1.01% | 1.01% | 13 |
| Berma pavimentada y no pavimentada | 10. Daños puntuales | 1 | 19.32 | 2.05% | 2.05% | 8 |
| | 11. Desnivel calzada berma | 1 | 10.14 | 3.06% | 3.06% | 13 |

En la tabla se obtiene que el puntaje de condición resultante es de 473, razón por la que la calificación resultante es de $1000 - 473 = 527$, de forma que la muestra evaluada considera una condición regular y el tipo de conservación recomendada es una conservación periódica.

Tabla 17
Evaluación de daños en la zona de muestreo 2 del tramo II

| Código del daño | Deterioros/fallas | Gravedad (G) | Área del deterioro (m ²) Número de deterioros (Nij) | Porcentaje de extensión del deterioro/falla (E _{fij}) | Extensión promedio ponderada (E _{fp}) | Puntaje de condición resultante/falla |
|------------------------------------|--|--------------|--|---|---|---------------------------------------|
| Deterioros o fallos estructurales | 1. Piel de cocodrilo | 1 | 21.32 | 2.05% | 2.05% | 34 |
| | 2. Fisuras longitudinales | 1 | 7.51 | 0.57% | 0.57% | 14 |
| | 3. Deformación por deficiencia estructural | 2 | 40.51 | 3.58% | 3.58% | 16 |
| | 4. Ahuellamiento | 1 | 375.15 | 32.90% | 32.90% | 95 |
| | 5. Reparaciones o parchados | 1 | 110.40 | 9.98% | 9.98% | 50 |
| Deterioros o fallas estructurales | 6. Peladura y desprendimiento | 1 | 9.80 | 0.85% | 0.85% | 9 |
| | 7. Baches (huecos) | 2 | 2.95 | 0.00% | 0.00% | 15 |
| | 8. Fisuras transversales | 2 | 2.98 | 0.25% | 0.25% | 9 |
| | 9. Exudación | 2 | 51.2 | 4.52% | 4.52% | 15 |
| Berma pavimentada y no pavimentada | 10. Daños puntuales | 1 | 23.58 | 2.86% | 2.86% | 5 |
| | 11. Desnivel calzada berma | 1 | 14.20 | 3.51% | 3.51% | 15 |

En la tabla se considera el puntaje de condición es de 277, de esta manera, la calificación resultante es de $1000 - 277 = 723$ de modo que la evaluación de la muestra 2 se considera como una condición regular y la clase de conservación recomendada es: conservación periódica.

Tabla 18
Evaluación de daños en la zona de muestreo 3 del tramo II

| Código del daño | Deterioros/fallas | Gravedad (G) | Área del deterioro (m ²) Número de deterioros (Nij) | Porcentaje de extensión del deterioro/falla (E _{fij}) | Extensión promedio ponderada (E _{fp}) | Puntaje de condición resultante/falla |
|------------------------------------|--|--------------|--|---|---|---------------------------------------|
| Deterioros o fallos estructurales | 1. Piel de cocodrilo | 1 | 46.29 | 4.25% | 4.25% | 34 |
| | 2. Fisuras longitudinales | 1 | 8.51 | 0.97% | 0.97% | 14 |
| | 3. Deformación por deficiencia estructural | 2 | 25.41 | 2.58% | 2.58% | 16 |
| | 4. Ahuellamiento | 1 | 7.42 | 0.87% | 0.87% | 15 |
| | 5. Reparaciones o parchados | 1 | 12.54 | 1.58% | 1.58% | 10 |
| Deterioros o fallas estructurales | 6. Peladura y desprendimiento | 1 | 5.28 | 0.55% | 0.55% | 9 |
| | 7. Baches (huecos) | 2 | 1.25 | 0.00% | 0.00% | 15 |
| | 8. Fisuras transversales | 2 | 2.98 | 0.16% | 0.16% | 9 |
| | 9. Exudación | 2 | 101.25 | 0.85% | 0.85% | 15 |
| Berma pavimentada y no pavimentada | 10. Daños puntuales | 1 | 25.25 | 10.26% | 10.26% | 5 |
| | 11. Desnivel calzada berma | 1 | 15.26 | 4.03% | 4.03% | 15 |

En la tabla se considera el puntaje de condición es de 157, de esta manera, la calificación resultante es de $1000 - 157 = 843$ de modo que la evaluación de la muestra 3 se considera como una condición buena y la clase de conservación recomendada es: conservación rutinaria.

Tabla 19
Evaluación de daños en la zona de muestreo 4 del tramo II

| Código del daño | Deterioros/fallas | Gravedad (G) | Área del deterioro (m ²) Número de deterioros (Nij) | Porcentaje de extensión del deterioro/falla (E _{fij}) | Extensión promedio ponderada (E _{fp}) | Puntaje de condición resultante/falla |
|------------------------------------|--|--------------|--|---|---|---------------------------------------|
| Deterioros o fallos estructurales | 1. Piel de cocodrilo | 1 | 32.54 | 2.91% | 2.91% | 35 |
| | 2. Fisuras longitudinales | 1 | 6.19 | 0.55% | 0.55% | 15 |
| | 3. Deformación por deficiencia estructural | 2 | 24.12 | 2.15% | 2.15% | 15 |
| | 4. Ahuellamiento | 1 | 14.72 | 1.31% | 1.31% | 15 |
| | 5. Reparaciones o parchados | 1 | 9.38 | 0.84% | 0.84% | 9 |
| Deterioros o fallas estructurales | 6. Peladura y desprendimiento | 1 | 4.84 | 0.43% | 0.43% | 9 |
| | 7. Baches (huecos) | 2 | 2.00 | 0.00% | 0.00% | 15 |
| | 8. Fisuras transversales | 2 | 1.57 | 0.14% | 0.14% | 9 |
| | 9. Exudación | 2 | 5.17 | 0.46% | 0.46% | 15 |
| Berma pavimentada y no pavimentada | 10. Daños puntuales | 1 | 21.74 | 2.26% | 2.26% | 5 |
| | 11. Desnivel calzada berma | 1 | 17.35 | 17.35% | 17.35% | 15 |

En la tabla se considera el puntaje de condición es de 157, de esta manera, la calificación resultante es de $1000 - 157 = 843$ de modo que la evaluación de la muestra 4 se considera como una condición buena y la clase de conservación recomendada es: conservación rutinaria.

Tabla 20
Evaluación de daños en la zona de muestreo 5 del tramo II

| Código del daño | Deterioros/fallas | Gravedad (G) | Área del deterioro (m ²) Número de deterioros (Nij) | Porcentaje de extensión del deterioro/falla (E _{fij}) | Extensión promedio ponderada (E _{fp}) | Puntaje de condición resultante/falla |
|------------------------------------|--|--------------|--|---|---|---------------------------------------|
| Deterioros o fallos estructurales | 1. Piel de cocodrilo | 1 | 35.20 | 3.14% | 3.14% | 35 |
| | 2. Fisuras longitudinales | 1 | 5.95 | 0.53% | 0.53% | 15 |
| | 3. Deformación por deficiencia estructural | 2 | 42.95 | 3.83% | 3.83% | 15 |
| | 4. Ahuellamiento | 1 | 9.87 | 0.88% | 0.88% | 15 |
| | 5. Reparaciones o parchados | 1 | 6.33 | 0.57% | 0.57% | 9 |
| Deterioros o fallas estructurales | 6. Peladura y desprendimiento | 1 | 5.87 | 0.52% | 0.52% | 9 |
| | 7. Baches (huecos) | 2 | 5.00 | 0.00% | 0.00% | 95 |
| | 8. Fisuras transversales | 2 | 0.43 | 0.04% | 0.04% | 9 |
| | 9. Exudación | 2 | 7.62 | 0.68% | 0.68% | 15 |
| Berma pavimentada y no pavimentada | 10. Daños puntuales | 1 | 15.30 | 1.59% | 1.59% | 5 |
| | 11. Desnivel calzada berma | 1 | 7.94 | 1.99% | 1.99% | 15 |

En la tabla se considera el puntaje de condición es de 327, de esta manera, la calificación resultante es de $1000 - 327 = 673$ de modo que la evaluación de la muestra 5 se considera como una condición buena y la clase de conservación recomendada es: conservación rutinaria.

*Tabla 21
Evaluación de daños en la zona de muestreo 6 del tramo II*

| Código del daño | Deterioros/fallas | Gravedad (G) | Área del deterioro (m ²) Número de deterioros (Nij) | Porcentaje de extensión del deterioro/falla (E _{fij}) | Extensión promedio ponderada (E _{fp}) | Puntaje de condición resultante/falla |
|------------------------------------|--|--------------|--|---|---|---------------------------------------|
| Deterioros o fallos estructurales | 1. Piel de cocodrilo | 1 | 53.37 | 4.77% | 4.77% | 35 |
| | 2. Fisuras longitudinales | 1 | 5.55 | 0.50% | 0.50% | 15 |
| | 3. Deformación por deficiencia estructural | 2 | 30.68 | 2.74% | 2.74% | 15 |
| | 4. Ahuellamiento | 1 | 11.38 | 1.02% | 1.02% | 15 |
| | 5. Reparaciones o parchados | 1 | 10.30 | 0.92% | 0.92% | 9 |
| Deterioros o fallas estructurales | 6. Peladura y desprendimiento | 1 | 4.69 | 0.42% | 0.42% | 9 |
| | 7. Baches (huecos) | 2 | 1.00 | 0.00% | 0.00% | 15 |
| | 8. Fisuras transversales | 2 | 1.58 | 0.14% | 0.14% | 9 |
| | 9. Exudación | 2 | 4.71 | 0.45% | 0.45% | 15 |
| Berma pavimentada y no pavimentada | 10. Daños puntuales | 1 | 11.72 | 1.22% | 1.22% | 5 |
| | 11. Desnivel calzada berma | 1 | 7.01 | 1.75% | 1.75% | 15 |

En la tabla se considera el puntaje de condición es de 157, de esta manera, la calificación resultante es de $1000 - 157 = 843$ de modo que la evaluación de la muestra 6 se considera como una condición buena y la clase de conservación recomendada es: conservación rutinaria.

Tabla 22
Evaluación de daños en la zona de muestreo 7 del tramo II

| Código del daño | Deterioros/fallas | Gravedad (G) | Área del deterioro (m ²) Número de deterioros (Nij) | Porcentaje de extensión del deterioro/falla (E _{fij}) | Extensión promedio ponderada (E _{fp}) | Puntaje de condición resultante/falla |
|------------------------------------|--|--------------|--|---|---|---------------------------------------|
| Deterioros o fallos estructurales | 1. Piel de cocodrilo | 1 | 22.46 | 2.01% | 2.01% | 35 |
| | 2. Fisuras longitudinales | 1 | 8.05 | 0.72% | 0.72% | 15 |
| | 3. Deformación por deficiencia estructural | 2 | 41.87 | 3.74% | 3.74% | 15 |
| | 4. Ahuellamiento | 1 | 8.18 | 0.73% | 0.73% | 15 |
| | 5. Reparaciones o parchados | 1 | 12.93 | 1.15% | 1.15% | 9 |
| Deterioros o fallas estructurales | 6. Peladura y desprendimiento | 1 | 4.54 | 0.41% | 0.41% | 9 |
| | 7. Baches (huecos) | 2 | 3.00 | 0.00% | 0.00% | 15 |
| | 8. Fisuras transversales | 2 | 2.11 | 0.19% | 0.19% | 9 |
| | 9. Exudación | 2 | 7.20 | 0.64% | 0.64% | 15 |
| Berma pavimentada y no pavimentada | 10. Daños puntuales | 1 | 26.72 | 2.77% | 2.77% | 5 |
| | 11. Desnivel calzada berma | 1 | 11.12 | 2.78% | 2.78% | 15 |

En la tabla se considera el puntaje de condición es de 157, de esta manera, la calificación resultante es de $1000 - 157 = 843$ de modo que la evaluación de la muestra 7 se considera como una condición buena y la clase de conservación recomendada es: conservación rutinaria.

Tabla 23
Evaluación de daños en la zona de muestreo 8 del tramo II

| Código del daño | Deterioros/fallas | Gravedad (G) | Área del deterioro (m ²) Número de deterioros (Nij) | Porcentaje de extensión del deterioro/falla (Eij) | Extensión promedio ponderada (Efp) | Puntaje de condición resultante/falla |
|------------------------------------|--|--------------|--|---|------------------------------------|---------------------------------------|
| Deterioros o fallos estructurales | 1. Piel de cocodrilo | 1 | 37.84 | 3.11% | 3.11% | 35 |
| | 2. Fisuras longitudinales | 1 | 8.93 | 0.80% | 0.80% | 15 |
| | 3. Deformación por deficiencia estructural | 2 | 31.44 | 2.81% | 2.81% | 15 |
| | 4. Ahuellamiento | 1 | 16.07 | 1.43% | 1.43% | 15 |
| | 5. Reparaciones o parchados | 1 | 7.19 | 0.64% | 0.64% | 9 |
| Deterioros o fallas estructurales | 6. Peladura y desprendimiento | 1 | 6.14 | 0.55% | 0.55% | 9 |
| | 7. Baches (huecos) | 2 | 4.00 | 0.00% | 0.00% | 95 |
| | 8. Fisuras transversales | 2 | 3.65 | 0.33% | 0.33% | 9 |
| | 9. Exudación | 2 | 3.17 | 0.34% | 0.34% | 15 |
| Berma pavimentada y no pavimentada | 10. Daños puntuales | 1 | 27.58 | 2.87% | 2.87% | 5 |
| | 11. Desnivel calzada berma | 1 | 5.77 | 1.44% | 1.44% | 15 |

En la tabla se considera el puntaje de condición es de 237, de esta manera, la calificación resultante es de $1000 - 237 = 763$ de modo que la evaluación de la muestra 8 se considera como una condición regular y la clase de conservación recomendada es: conservación periódica.

Tabla 24
Evaluación de daños en la zona de muestreo 9 del tramo II

| Código del daño | Deterioros/fallas | Gravedad (G) | Área del deterioro (m ²) Número de deterioros (Nij) | Porcentaje de extensión del deterioro/falla (E _{fij}) | Extensión promedio ponderada (E _{fp}) | Puntaje de condición resultante/falla |
|------------------------------------|--|--------------|--|---|---|---------------------------------------|
| Deterioros o fallos estructurales | 1. Piel de cocodrilo | 1 | 37.57 | 3.35% | 3.35% | 35 |
| | 2. Fisuras longitudinales | 1 | 8.12 | 0.73% | 0.73% | 15 |
| | 3. Deformación por deficiencia estructural | 2 | 22.24 | 1.99% | 1.99% | 15 |
| | 4. Ahuellamiento | 1 | 13.77 | 1.23% | 1.23% | 15 |
| | 5. Reparaciones o parchados | 1 | 11.57 | 1.03% | 1.03% | 9 |
| Deterioros o fallas estructurales | 6. Peladura y desprendimiento | 1 | 4.90 | 0.44% | 0.44% | 9 |
| | 7. Baches (huecos) | 2 | 2.00 | 0.00% | 0.00% | 15 |
| | 8. Fisuras transversales | 2 | 3.04 | 0.27% | 0.27% | 9 |
| | 9. Exudación | 2 | 6.99 | 0.62% | 0.62% | 15 |
| Berma pavimentada y no pavimentada | 10. Daños puntuales | 1 | 26.49 | 2.76% | 2.76% | 5 |
| | 11. Desnivel calzada berma | 1 | 14.99 | 3.75% | 3.75% | 15 |

En la tabla se considera el puntaje de condición es de 157, de esta manera, la calificación resultante es de $1000 - 157 = 843$ de modo que la evaluación de la muestra 9 se considera como una condición buena y la clase de conservación recomendada es: conservación regular.

Tabla 25
Evaluación de daños en la zona de muestreo 10 del tramo II

| Código del daño | Deterioros/fallas | Gravedad (G) | Área del deterioro (m ²) Número de deterioros (Nij) | Porcentaje de extensión del deterioro/falla (Efij) | Extensión promedio ponderada (Efp) | Puntaje de condición resultante/falla |
|------------------------------------|--|--------------|--|--|------------------------------------|---------------------------------------|
| Deterioros o fallos estructurales | 1. Piel de cocodrilo | 1 | 15.92 | 1.42% | 1.42% | 35 |
| | 2. Fisuras longitudinales | 1 | 10.94 | 0.98% | 0.98% | 15 |
| | 3. Deformación por deficiencia estructural | 2 | 46.35 | 4.14% | 4.14% | 15 |
| | 4. Ahuellamiento | 1 | 12.02 | 1.07% | 1.07% | 15 |
| | 5. Reparaciones o parchados | 1 | 13.00 | 1.16% | 1.16% | 9 |
| Deterioros o fallas estructurales | 6. Peladura y desprendimiento | 1 | 11.45 | 1.02% | 1.02% | 9 |
| | 7. Baches (huecos) | 2 | 1.00 | 0.00% | 0.00% | 15 |
| | 8. Fisuras transversales | 2 | 3.46 | 0.31% | 0.31% | 9 |
| | 9. Exudación | 2 | 5.75 | 0.84% | 0.84% | 15 |
| Berma pavimentada y no pavimentada | 10. Daños puntuales | 1 | 19.28 | 2.01% | 2.01% | 5 |
| | 11. Desnivel calzada berma | 1 | 8.73 | 2.18% | 2.18% | 15 |

En la tabla se considera el puntaje de condición es de 157, de esta manera, la calificación resultante es de 1000 - 157 = 843 de modo que la evaluación de la muestra 10 se considera como una condición buena y la clase de conservación recomendada es: conservación rutinaria.

Por lo tanto, se tiene el siguiente resumen de inventario:

| Código del daño | Deterioros/fallas | Gravedad(G) | Metrado | Medida de corrección |
|-----------------------------------|---|--|-----------|---|
| Deterioros o fallas estructurales | Piel de cocodrilo | Malla grande (>0.5m) sin material suelto | 467.03 m | Reparación por sello o carpeta asfáltica en caliente |
| | Fisuras longitudinales | Fisuras finas en las huellas de tránsito (ancho < 1mm) | 1015,04 m | Reparación por sello o carpeta asfáltica en caliente |
| | Deformación por deficiencia estructural | Profundidad sensible al usuario < 2 cm | 535.93 | Reparación por sello o carpeta asfáltica en caliente |
| | Ahuellamiento | Profundidad sensible al usuario < 6 mm | 516.19 m | Reparación por sello o carpeta asfáltica en caliente |
| | Reparaciones o parchados | Reparación o parchado para deterioros superficiales | 228.16 m | Parchado |
| Deterioros o fallas superficiales | Peladura y desprendimiento | Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial) | 81.37 m | Reparaciones con mezcla asfáltica en caliente o tratamiento superficial |
| | Baches (huecos) | Diámetro entre 0.2 y 0.5 m | 34.00 | Parchado |

En la tabla de llevó a cabo una descripción a detalle de los deterioros encontrados en el tramo II de la Avenida Ferrocarril; del mismo modo, se especifica el metrado correspondiente a cada uno de ellos y la medida de corrección adecuada.

4.1.2. Estándares de conservación del pavimento en el tramo II de la avenida Ferrocarril

En concordancia con la evaluación llevada a cabo, se ha considerado pertinente considerar los siguientes estándares de conservación.

Tabla 26
Estándares de conservación del pavimento de la Av. Ferrocarril

| Pavimentos Flexibles | Und | Precio (S/.) | Precio \$ |
|---|----------------|--------------|-----------|
| Reparación por sello o carpeta asfáltica en caliente para piel de cocodrilo | m ² | 42.38 | 12.93 |
| Reparación por sello o carpeta asfáltica en caliente en fisuras longitudinales | m ² | 50.10 | 15.29 |
| Reparación por sello o carpeta asfáltica en caliente para deformación por deficiencia estructural | m ² | 42.38 | 12.93 |
| Reparación con mezcla asfáltica en caliente para ahuellamiento | m ² | 40.30 | 12.30 |
| Parchado | m ² | 62.92 | 19.20 |
| Reparaciones con mezcla asfáltica en caliente o tratamiento superficial por peladuras y desprendimiento | m ² | 51.29 | 15.65 |
| Parchado de baches | m ² | 62.92 | 19.20 |
| Reparación por sello o carpeta asfáltica en caliente en fisuras transversales | m ² | 50.10 | 15.29 |
| Carpeta asfáltica en caliente para exudación | m ² | 40.30 | 12.30 |
| Carpeta asfáltica en caliente para daños puntuales | m ² | 40.30 | 12.30 |
| Carpeta asfáltica en caliente para desnivel calzada berma | m ² | 93.20 | 28.44 |

4.1.3. Estándares de conservación del pavimento en el tramo II de la Avenida Ferrocarril

Tabla 27

Alternativa 1 para la conservación del tramo II de la Avenida Ferrocarril

| Pavimentos flexibles | Und | Código | Precio S/. | Precio \$ |
|---|----------------|--------|------------|-----------|
| Reparación por sello o carpeta asfáltica en caliente en fisuras longitudinales | m | MCF2 | 50.1 | 15.29 |
| Reparaciones con mezcla asfáltica en caliente o tratamiento superficial por peladuras y desprendimiento | m ² | MCF6 | 51.29 | 15.65 |
| Reparación por sello o carpeta asfáltica en caliente en fisuras transversales | m | MCF8 | 50.1 | 15.29 |
| Carpeta asfáltica en caliente para exudación | m ² | MCF9 | 40.3 | 12.3 |
| Carpeta asfáltica en caliente para daños puntuales | m ² | MCF10 | 40.3 | 12.3 |
| Carpeta asfáltica en caliente para desnivel calzada berma | m | MCF11 | 93.2 | 28.44 |

Tabla 28

Alternativa 2 para la conservación del tramo II de la Avenida Ferrocarril

| Pavimentos flexibles | Und | Código | Precio S/. | Precio \$ |
|---|----------------|--------|------------|-----------|
| Reparación por sello o carpeta asfáltica en caliente en fisuras longitudinales | m ² | MCF1 | 42.38 | 12.93 |
| Reparación por sello o carpeta asfáltica en caliente para deformación por deficiencia estructural | m ² | MCF3 | 42.38 | 12.93 |
| Reparación con mezcla asfáltica en caliente para ahuellamiento | m ² | MCF4 | 40.3 | 12.3 |
| Parchado | m ² | MCF5 | 62.92 | 19.2 |
| Parchado de baches | m ² | MCF7 | 62.92 | 19.2 |

4.2. Proceso de la prueba de hipótesis

4.2.2. Hipótesis general

La implementación de un software de estado de infraestructura vial tuvo un impacto positivo sobre el mantenimiento de las vías de transporte en el distrito de Huancayo.

Hipótesis nula: El uso de un software de estado de infraestructura vial no tiene un impacto positivo sobre el mantenimiento de las vías de transporte en el distrito de Huancayo.

Hipótesis alterna: El uso de un software de estado de infraestructura vial tiene un impacto positivo sobre el mantenimiento de las vías de transporte en el distrito de Huancayo.

Tabla 29
Correlación entre variables

| | | Correlaciones Tau_b de Kendall | | | | |
|------------------|---------|--|-------|--------|------|------|
| | | Gestión | Costo | Tiempo | IRI | |
| Tau_b de Kendall | Gestión | Coefficiente de correlación Sig. (Bilateral) | 1.00 | 0.82 | 1.00 | 1.00 |
| | | N | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| | | Coefficiente de correlación Sig. (Bilateral) | 0.82 | 1.00 | 0.82 | 0.82 |
| | Costo | N | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| | | Coefficiente de correlación Sig. (Bilateral) | 1.00 | 0.82 | 1.00 | 1.00 |
| | | N | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| | Tiempo | Coefficiente de correlación Sig. (Bilateral) | 0.82 | 1.00 | 0.82 | 0.82 |
| | | N | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| | | Coefficiente de correlación Sig. (Bilateral) | 1.00 | 0.82 | 1.00 | 1.00 |
| | IRI | N | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| | | Coefficiente de correlación Sig. (Bilateral) | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 |
| | | N | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |

En la tabla se muestra la correlación entre la gestión de los demás factores que involucra el software de estado de infraestructura vial HDM 4, de

esta forma, se concluye que se tiene una correlación positiva fuerte entre la gestión y el costo de 0.82, una correlación perfecta con el tiempo y la condición del pavimento igual a 1, con un nivel de significancia de 0.12: por lo tanto se acepta estadísticamente la hipótesis alterna.

4.2.3. Conclusión técnica

En concordancia con lo desarrollado se da por aceptada la hipótesis alterna, la cual indica que el software de estado de infraestructura vial HDM 4 logra optimizar la gestión del pavimento de la Avenida Ferrocarril ya que permite contar con información respecto a los parámetros de la vía (zonificación, características físicas y geométricas de la vía, características del pavimento, así como el estado del mismo), del parque automotor, de las condiciones actuales del pavimento, así como evaluar las diferentes alternativas de conservación de la vía.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En cuanto a la gestión del pavimento de la avenida Ferrocarril en base al modelo HDM-4, inicialmente se consideró como información general: la zonificación climática, datos que se obtuvieron de los informes del CATIE (2016) y SENAMHI (2013) tal como se muestra en la Tabla 5; se definió cada uno de los tramos de la avenida Ferrocarril (Tramo II) identificando el tipo de flujo vehicular, modelo de tráfico, la zona climática, la clase de carretera, el tipo de capa de rodadura, en este caso para el tramo I tipo hormigón y para el tramo II tipo bituminoso.

Tal como detalla el documento, se ha evaluado un tramo de la avenida Ferrocarril, siendo este conformado por pavimento rígido y longitud de 0.68 km ubicado de la avenida Giráldez hasta la calle Real y el tramo II conformado por pavimento flexible de longitud de 2.50 km. Para la determinación de la condición superficial se consideró lo estipulado por el Manual de Carreteras Conservación Vial (MTC, 2013); siendo así que en el tramo I se identificó los deterioros o fallas tal como se muestra en el documento, en base a este manual se concluyó que la muestra obtuvo diversas calificaciones en función del tramo, sin embargo, en la mayor parte de los casos se obtuvo una calificación de condición regular, para lo cual se sugirió un tipo de conservación periódica, del mismo modo, existieron tramos que obtuvieron la calificación de condición buena, para los cuales se sugirió una conservación más simple.

Es de destacar que estudios similares mostrados en antecedentes, como el de Alejos y Cribillero (2017), Ruiz (2015), Lluncor (2012), para la determinación del estado superficial del pavimento, consideraron el método PCI. Sin embargo, en la normativa que aplica en este caso, el Manual de Mantenimiento Vial (MTC, 2013) no menciona tal método, e incluso establece su propia metodología.

Los estándares de conservación también se definen de acuerdo con la Sección II del Manual de Conservación de Carreteras Pavimentadas (MTC, 2013), como se describe en el documento. Se propusieron dos alternativas para cada tramo.

CONCLUSIONES

- El uso de un software de estado de infraestructura vial logra optimizar la gestión del pavimento en la Avenida Ferrocarril, estableciendo dos alternativas para los tramos que conforman tal vía, y evaluando la conservación o mantenimiento.
- En concordancia con la condición actual del pavimento del tramo estudiado de la Avenida Ferrocarril presentó una condición regular con una medida de conservación periódica y según el software que hace uso del modelo HDM 4 se establece como alternativa de conservación al parchado para reparaciones, parchado para desprendimientos, parchado o reparación parcial con resellado de juntas o baches y parchado o reparación parcial con resellado de juntas de daños puntuales.
- En cuanto a los costos de conservación, del tramo de la Avenida Ferrocarril en función del uso del software que aplica el modelo HDM 4, se tiene que considerando un periodo de 5 años el monto es de 2,022,000.00 soles.
- Se concluye de esta forma, que la implementación de un software de infraestructura vial tiene un impacto directo y positivo sobre el mantenimiento de las vías de transporte en el distrito de Huancayo.

RECOMENDACIONES

Dado que se ha demostrado estadísticamente el impacto de la implementación de un software de estado de infraestructura vial sobre el mantenimiento de vías de transporte en el distrito de Huancayo se procedió a hacer las siguientes recomendaciones.

- Se recomienda implementar la gestión de pavimentos mediante un software de estado de infraestructura vial que tenga en cuenta el modelo HDM 4 de vías urbanas, lo que facilita la toma de decisiones.
- Se recomienda a los municipios a crear un inventario detallado de vehículos para que puedan participar en la gestión de los pavimentos.
- Se recomienda a los expertos pertinentes a considerar nuevas tecnologías para determinar las condiciones de las carreteras, tales como: Sistema de información geográfica e imágenes satelitales.
- Se recomienda a la municipalidad de Huancayo tomar en cuenta los hallazgos obtenidos en este estudio sobre el mantenimiento de la Avenida Ferrocarril, ya que se tienen en cuenta los aspectos técnicos y económicos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. **Ministerio de transportes y comunicaciones.** *Manual de carreteras "Diseño geométrico"*. Lima : INN, 2018. ISBN.
2. **CASSANA TORRES, VÍCTOR GONZALO.** *Análisis y evaluación del mantenimiento para la conservación vial de la capa de rodadura de la vía interdistrital Ascope - Casa Grande, aplicando el modelo HDM-4*. Trujillo : Universidad Privada Antenor Orrego, 2016. ISBN.
3. **Escobar de Camacho, Gloria.** *Propuesta de un modelo de gestión para el mantenimiento de carreteras en el estado de Lara-Venezuela*. Granada : Universidad de Granada, 2015. ISBN.
4. **Cutura, B., Mladenovic, G., Mazic, B., & Lovric, I.** *Aplicación del modelo HDM-4 a la red de carreteras locales, caso del cantón de Herzegovina – Neretva en Bosnia y Herzegovina*. Bosnia : Transportation Research Procedia, 2016. ISBN.
5. **Yogesh, U. S., Jain, S. S., & Devesh, T.** Adaptation of HDM-4 Tool for Strategic Analysis of Urban Roads Network. *Adaptation of HDM-4 Tool for Strategic Analysis of Urban Roads Network*. [En línea] Transportation Research Procedia, 17 de Diciembre de 2014. [Citado el: 04 de Abril de 2022.] <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.062>. ISBN.
6. **Carrasco, A.** *Infraestructura vial nacional asociado a la competitividad*. Lima : Universidad de Piura, 2015. ISBN.
7. **Hernández Salazar, Gino Stalin.** *Evaluación estructural y propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial de la Av. Fitzcarrald, tramo carretera Pomalca – Av. Víctor Raúl Haya de la Torre*. Pimentel : Universidad Señor de Sipan, 2016. ISBN.
8. **Ruiz Ruiz, Walter Hugo.** *Diagnóstico de la infraestructura vial en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca*. Piura : Universidad Nacional de Piura, 2019. ISBN.
9. **Alejo Sabino, Yoel.** *Aplicación del software HDM-4 en la gestión de estrategias para el mantenimiento de la carretera Santa-Tambo Real*. Nuevo Chimbote : Universidad Nacional del Santa, 2017. ISBN.
10. **Ruiz, A.** *Control de gestión y preservación via, caso: corredor vial «Santa-Yuracmarca-Sihuas-Huacracucho-San Pedro de Chonta-Uchiza-Emp.pe 5N y puente Huarochirí-Huallanca-Molinopampa», Tramo:Puente Huarochirí-Sihuas*. 2015 : Universidad Ricardo Palma, 2015. ISBN.
11. **Ministerio de Transporte y Comunicaciones.** Ministerio de Transporte y Comunicaciones. *Ministerio de Transporte y Comunicaciones*. [En línea] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 27 de Octubre de 2008. [Citado el: 04 de Abril de 2022.] https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/otras/DS%20N%C2%B0%20034-2008-MTC%20Reglamento%20Nacional%20de%20Gesti%C3%B3n%20Infraestructura%20Vial.pdf. ISSN.

12. **Provias Nacional.** Provias Nacional. *Provias Nacional*. [En línea] Provias Nacional, 23 de Enero de 2019. [Citado el: 04 de Abril de 2022.] <https://www.pvn.gob.pe/nosotros/>. ISSN.
13. **Provias descentralizado.** Provias descentralizado. *Provias descentralizado*. [En línea] Provias descentralizado, 26 de Enero de 2019. [Citado el: 04 de Abril de 2022.] <http://www.pvd.gob.pe/nosotros/marco-estrategico/>. ISSN.
14. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones.** Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Ministerio de Transportes y Comunicaciones*. [En línea] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 26 de Enero de 2019. [Citado el: 04 de Abril de 2022.] http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/Mapas%20Distritales/Piura/PI_200207%20PAIMAS.pdf. ISSN.
15. **Alejos, J., & Cribillero, E.** *Aplicación del software HDM-4 en la gestión de estrategias para el mantenimiento de la carretera Santa- Tamboreal*. Lima : Universidad Nacional del Santa, 2017. ISSN.
16. **Ministerio de Transporte y Comunicaciones.** Manual de Carreteras - Conservación vial. *Manual de Carreteras - Conservación vial*. [En línea] Manual de Carreteras - Conservación vial, 26 de Enero de 2013. [Citado el: 04 de Abril de 2022.] http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4877.pdf. ISSN.
17. **Arriaga, M., Garnica, P., & Rico, A.** *Índice internacional de rugosidad en la red carretera de México*. Mexico : Instituto Mexicano del Transporte, 1998. ISBN.
18. **Kerali.** *Higway development and management, overview of HDM-4*. Francia : World Road Association, 2000. ISBN.
19. **Rodríguez, M., Thenoux, G., & González, A.** Revista de la Construcción. *Evaluación probabilística del agrietamiento de pavimentos asfálticos en carreteras de Chile*. [En línea] Revista de la Construcción, 12 de Abril de 2013. [Citado el: 04 de Abril de 2022.] <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2013000200012>. ISSN.
20. **Jain, S., Aggarwal, S., & Partida, M.** *HDM-4 Pavement Deterioration Models for Indian National Highway Network*. s.l. : Journal of Transportation Engineering, 2013. ISBN.
21. **HDM Global.** HDM-4 Applications. *HDM*. [En línea] HDM Global, 24 de Octubre de 2020. [Citado el: 04 de Abril de 2022.] <http://www.hdmglobal.com/hdm-4-version-2/about-hdm-4/hdm-4-applications/>. ISBN.
22. **Hernández Sampieri, Roberto.** *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*. MÉXICO : MC GRAW HILL EDUCATION, 2014.
23. **Menéndez, J.** *Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas*. Lima : Oficina Internacional del Trabajo, 2015. ISBN.

24. **Piarc.** Piarc. *Piarc*. [En línea] Piarc, 08 de Marzo de 2018. [Citado el: 04 de Abril de 2022.] <https://www.piarc.org/es/PIARC-Base-Conocimiento-Carreteras-y-Transporte-Por-Carretera/Seguridad-Vial-Sostenibilidad/Gestion-Patrimonio-Vial/HDM-4-Software>. ISSN.

25. **25000, ISO/IEC.** *ISO/IEC 25010 - System and software quality models*. Inglaterra : System and Software Quality Requirements and Evaluation, 2018.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

| PROBLEMA | OBJETIVO | HIPÓTESIS | VARIABLES E INDICADORES | METODOLOGÍA | MUESTRA | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS |
|---|--|---|---|--|--|--|
| <p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el impacto de la implementación de un software de estado de infraestructura vial sobre el mantenimiento de las vías de transporte en el distrito de Huancayo?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <p>¿Cuál es el impacto de la implementación de un software de estado de infraestructura vial sobre el estado del servicio de las vías en junin ?</p> | <p>Objetivo General:</p> <p>Determinar si la implementación de un software de estado de infraestructura vial tiene un impacto positivo sobre el mantenimiento de las vías de transporte en junin .</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>Determinar el impacto de la implementación de un software de estado de infraestructura vial sobre el estado del servicio de las vías de transporte en junin .</p> <p>Determinar el costo de conservación</p> | <p>Hipótesis General:</p> <p>La implementación de un software de estado de infraestructura vial tuvo un impacto positivo sobre el mantenimiento de las vías de transporte en el distrito de Huancayo.</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <p>La implementación de un software de infraestructura vial tuvo un impacto positivo sobre el estado del servicio de las vías en junin .</p> <p>Se determina el costo de conservación por actividad mediante el uso de un</p> | <p>Variable 1:</p> <p>Mantenimiento de vías de transporte</p> <p>Variables 2:</p> <p>Software de estado de infraestructura vial</p> | <p>Tipo de Investigación:</p> <p>Aplicada</p> <p>Nivel de Investigación:</p> <p>Descriptivo explicativo</p> <p>Método General:</p> <p>Método Científico</p> <p>Diseño:</p> <p>No Experimental de Corte Transversal</p> | <p>Población:</p> <p>Totalidad de la Av. Ferrocarril (2500 m)</p> <p>Muestra:</p> <p>10 unidades de 250 m de la Av. Ferrocarril</p> <p>Muestreo:</p> <p>No probabilístico intencional</p> | <p>Técnicas:</p> <p>Análisis documental</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Ficha de análisis documental</p> |

¿Cuál es el costo de conservación por actividad a través del uso de un software de estado de infraestructura vial de las vías de transporte en junin ?

por actividad a través del uso de un software de estado de infraestructura vial de las vías de transporte en junin .

software de infraestructura vial de las vías de transporte en junin .

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensión |
|--|---|---|-----------------------------|
| Mantenimiento de vías de transporte | Menéndez (23) considera que el mantenimiento vial consiste en “El mantener los caminos en niveles que permitan la circulación vehicular durante todas las épocas del año, en buen estado en todos los niveles, desde las nacionales hasta las vecinales, lo cual permite un ahorro considerable en los costos de operación vehicular” | Se define como mantener las vías de transporte en condiciones adecuadas para el traslado de los diversos vehículos, ya sean vehículos particulares, públicos o de carga pesa. | Servicio de las vías |
| | | | Infraestructura de las vías |
| | | | Diagnóstico de las vías |
| Software de estado de infraestructura vial | En la página de PIARC (24) un programa computacional con una documentación asociada, que servirá como la principal herramienta para el análisis, la planificación, gestión y evaluación del mantenimiento, mejora y la toma de decisiones relacionadas con la inversión de carreteras. | Es una aplicación la cual nos permitirá medir los diversos niveles de estado de las diversas infraestructuras viales y que tanto se tiene que intervenir para su reparación. | |