



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

Identificación de las fallas del asfalto y propuesta de alternativa para acondicionar la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa - Agua Blanca

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Pedro Nuñez Acosta

<https://orcid.org/0000-0001-5596-3136>

José Arian Padilla Chávez

<https://orcid.org/0000-0001-8493-6532>

Asesor:

Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar

<https://orcid.org/0000-0002-9256-6807>

Tarapoto, Perú

2022



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

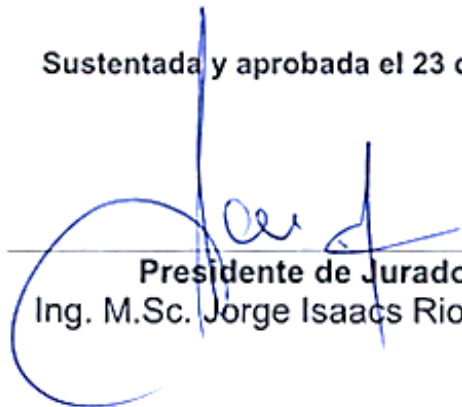
Identificación de las fallas del asfalto y propuesta de alternativa para acondicionar la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa - Agua Blanca

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

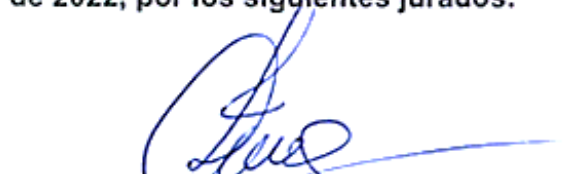
Presentado por

Pedro Nuñez Acosta
José Arian Padilla Chávez


Sustentada y aprobada el 23 de noviembre de 2022, por los siguientes jurados:




Presidente de Jurado
Ing. M.Sc. Jorge Isaacs Rioja Diaz



Secretario de Jurado
Ing. M.Sc. Juvenal Vicente Díaz
Agip



Vocal del Jurado
Ing. M.Sc. Rubén Del Águila
Panduro



Asesor
Ing. Néstor Raúl Sandoval
Salazar

Tarapoto, Perú

2022



Acta de sustentación de trabajo de investigación
Para título N.º 741

Jurado reconocido con Resolución N° 130-2022-UNSM/FICA-D-NLU
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.
Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

A las 11:00 horas del día miércoles fecha 23 de noviembre de 2022, inició el acto público de sustentación del trabajo de investigación "IDENTIFICACIÓN DE LAS FALLAS DEL ASFALTO Y PROPUESTA DE ALTERNATIVA PARA ACONDICIONAR LA TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAN JOSE DE SISA – AGUA BLANCA", para optar el título de Ingeniero Civil, presentado por los Bachilleres: Pedro Nuñez Acosta y José Arian Padilla Chávez, con la asesoría del Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar.

Instalada la Mesa Directiva conformada por Ing. M.Sc. Jorge Isaacs Rioja Díaz (presidente del jurado), Ing. M.Sc. Juvenal Vicente Díaz Agip (secretario), Ing. M.Sc. Rubén Del Águila Panduro (vocal), y acompañados por el Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar (asesor); el presidente del jurado dirigió brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la Circular N° 034-2022-UNSM/FICA.

Seguidamente el autor expuso el trabajo de investigación y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por los sustentantes y eventualmente, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG – CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue QUINCE (15);

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° 741 de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del trabajo de investigación en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 12:15 horas del mismo día de sustentación, miércoles 23 de noviembre de 2022.



[Signature]
Secretario del Jurado



[Signature]
Presidente del Jurado



[Signature]
Vocal del Jurado



[Signature]
Asesor

Declaratoria de autenticidad



Pedro Nuñez Acosta, identificado con DNI N° 73934852 y **José Arian Padilla Chávez**, identificado con DNI N° 71701099, bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, autores de la tesis titulada: **Identificación de las fallas del asfalto y propuesta de alternativa para acondicionar la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa - Agua Blanca**.


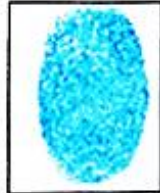
Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como parte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 23 de noviembre de 2022.



Bach. Pedro Nuñez Acosta
DNI N° 73934852





Bach. José Arian Padilla Chávez
DNI N° 71701099


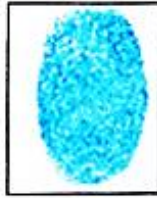
Declaración Jurada

Pedro Nuñez Acosta, identificado con DNI N° 73934852, domicilio legal Jr. San Martín N° 490 - Soritor y **José Arian Padilla Chávez**, identificado con DNI N° 71701099, domicilio legal Pje. Los Ruisseños N° 150 – Morales, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Marín, **Declaro Bajo Juramento** que, toda la documentación y todos los datos e informaciones de la presente tesis, que acompaño es verás y auténtica.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 23 de noviembre de 2022.



Bach. Pedro Nuñez Acosta
DNI N° 73934852



Bach. José Arian Padilla Chávez
DNI N° 71701099

Ficha de identificación

<p>Título del proyecto Identificación de las fallas del asfalto y propuesta de alternativa para acondicionar la transitabilidad en el camino vecinal San José de Sisa - Agua Blanca.</p>	<p>Área de investigación: Estrategia de tecnología de información y comunicación (TIC) Transportes. Línea de investigación: Transportes y vías de comunicación. Sublínea de investigación: Transportes Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
---	---

<p>Autor: Bach. Pedro Nuñez Acosta Bach. José Arian Padilla Chávez</p>	<p>Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil https://orcid.org/0000-0001-5596-3136 https://orcid.org/0000-0001-8493-6532</p>
---	--

<p>Asesor: Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil Unidad o Laboratorio Ingeniería Civil https://orcid.org/0000-0002-9256-6807</p>
--	---

Dedicatoria

Este proyecto de investigación está dedicado en primer lugar al SEÑOR TODO PODEROSO, por regalarnos la vida, salud, fortaleza y conocimiento para alcanzar con nuestros más grandes sueños, metas, objetivos y proyectos planeados, donde este es uno de ellos, logrando así el primer paso como profesionales.

A mi mamá Magnolia Acosta Vargas y mi hermano Francisco Nuñez Acosta por darme el apoyo principal para lograr de esta manera un gran paso en mi vida como profesional, a los demás miembros de mi familia y amigos por el apoyo decoroso que me brindaron a lo largo de mi formación profesional.

Pedro Nuñez Acosta

Dedico esta tesis con todo mi corazón a mis padres, Lidia Pety Chávez Catpo y José Padilla Tenazoa, a mi querida hermana Jade Padilla Chávez, por el apoyo incondicional, gracias a ellos logré este gran objetivo en mi camino como profesional; y a mis demás familiares y amigos por siempre brindarme su apoyo durante mi carrera profesional.

José Arian Padilla Chávez

Agradecimientos

En primer lugar, a la prestigiosa Universidad Nacional de San Martín por brindarnos la oportunidad de ser nuestra su alma mater, haber cotejado nuestros estudios tanto en lo práctico, teórico y laboral a lo largo de nuestra formación profesional.

Así mismo a los docentes que conforman el Departamento Académico, ya que fueron partícipes de nuestra enseñanza en la carrera profesional de Ingeniería Civil, a nuestro Asesor Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar por habernos brindado ese gran apoyo necesario e importante en la culminación de nuestro proyecto de investigación.

A todos nuestros familiares que nos brindaron su apoyo incondicional y siempre estuvieron dándonos ánimos para continuar a pesar de las dificultades que se dieron durante nuestra formación universitaria.

A mis compañeros de la facultad de ingeniería civil, por su amistad desinteresada y duradera dentro y fuera de nuestra prestigiosa residencia de estudios superior.

Índice general

Ficha de identificación	6
Dedicatoria	7
Agradecimientos	8
Índice general	9
Índice de tablas	12
Índice de figuras	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	16
1.1. Marco general del problema	17
1.2. Formulación del problema	18
1.3. Hipótesis de la investigación.....	19
1.4. Objetivos	19
1.4.1. Objetivo general	19
1.4.2. Objetivos específicos	19
1.5. Justificación de la investigación.....	19
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes de la investigación.....	21
2.2. Fundamentos teóricos	24
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	37
3.1.1 Contexto de la investigación.....	37
3.1.2 Periodo de ejecución.....	39
3.1.3 Autorizaciones y permisos.....	39
3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad	39
3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales	40
3.2. Sistema de variables	40

	10
3.2.1	Variable independiente..... 40
3.2.2	Variable dependiente 40
3.2.3	Operacionalización de variables..... 41
3.3	Procedimientos de la investigación..... 42
3.3.1	Tipo y nivel de investigación..... 42
3.3.2	Diseño de la investigación..... 42
3.3.3	Población y muestra..... 42
3.3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos 43
3.3.5	Técnicas de procesamiento y análisis de datos..... 43
3.4	Materiales y métodos..... 44
3.4.1	Materiales..... 44
3.4.2	Métodos 44
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN 47	
4.1	Resultados 47
4.1.1.	Progresiva: km 0 + 000 47
4.1.2.	Progresiva: km 1 + 200 49
4.1.3.	Progresiva: km 1 + 400 51
4.1.4.	Progresiva: km 3 + 015 53
4.1.5.	Progresiva: km 3 + 040 54
4.1.6.	Progresiva: km 5 + 305 56
4.1.7.	Progresiva: km 5 + 510 57
4.1.8.	Progresiva: km 5 + 730 59
4.1.9.	Progresiva: km 5 + 805 62
4.1.10.	Progresiva: km 6 + 520 63
4.1.11.	Progresiva: km 7 + 015 65
4.1.12.	Progresiva: km 7 + 810 66
4.1.13.	Progresiva: km 7 + 835 68
4.1.14.	Progresiva: km 8 + 000 69
4.1.15.	Progresiva: km 10 + 400 70

	11
4.1.16. Progresiva: km 10 + 530	71
4.1.17. Progresiva: km 14 + 610	72
4.1.18. Progresiva: km 14 + 825	74
4.1.19. Progresiva: km 15 + 305	75
4.1.20. Progresiva: km 15 + 510	76
4.1.21. Progresiva: km 15 + 720	77
4.1.22. Progresiva: km 16 + 115	80
4.2 Discusión de resultados.....	81
4.2.1. Identificación de las fallas del asfaltado.....	81
4.2.2. Problemas de transitabilidad	85
4.2.3. Influencia de las fallas del asfaltado	85
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES.....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
ANEXOS	91
Anexo 1: PLANOS.....	91

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Fallas típicas en el Pavimento Flexible</i>	34
Tabla 2. <i>Vías de acceso al tramo en estudio San José de Sisa – Agua Blanca</i>	38
Tabla 3. <i>Población Censada Distritos San José de Sisa y Agua Blanca</i>	39
Tabla 4. <i>Operacionalización de Variables</i>	41
Tabla 5. <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	43
Tabla 6. <i>Deterioro o fallas de los pavimentos</i>	46
Tabla 7. <i>Datos generales del proyecto de investigación</i>	47
Tabla 8. <i>Identificación de las fallas en el camino vecinal San José de Sisa – Agua Blanca</i>	82

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Curva de comportamiento de los pavimentos	33
<i>Figura 2.</i> Fallas en pavimentos flexibles	36
<i>Figura 3:</i> Ubicación del Proyecto	38
<i>Figura 4.</i> Bache – km 0+000	48
<i>Figura 5.</i> Bache – km 0+000	49
<i>Figura 6.</i> Bache – km 1+200	50
<i>Figura 7.</i> Bache – km 1+400	51
<i>Figura 8.</i> Peladura y Desprendimiento – km 1+400	52
<i>Figura 9.</i> Bache – km 3+015	53
<i>Figura 10.</i> Peladura y Desprendimiento – km 3+040	55
<i>Figura 11.</i> Bache – km 5+305	56
<i>Figura 12.</i> Bache – km 5+510	57
<i>Figura 13.</i> Peladura y Desprendimiento de Agregados – km 5+510	59
<i>Figura 14.</i> Deformaciones por Deficiencia Estructural (Hundimiento) – km 5+730	60
<i>Figura 15.</i> Piel de Cocodrilo – km 5+730	61
<i>Figura 16.</i> Peladura y Desprendimiento de Agregados – km 5+805	63
<i>Figura 17.</i> Deformaciones por Deficiencia Estructural (Hundimiento) – km 6+520	64
<i>Figura 18.</i> Deformaciones por Deficiencia Estructural (Hundimiento) – km 6+520	65
<i>Figura 19.</i> Reparaciones o Parchado – km 7+015	66
<i>Figura 20.</i> Peladura y Desprendimiento de Agregados – km 7+810	67
<i>Figura 21.</i> Bache – km 7+835	68
<i>Figura 22.</i> Bache – km 8+000	69
<i>Figura 23.</i> Bache – km 10+400	70
<i>Figura 24.</i> Peladura y Desprendimiento de Agregados – km 10+530	72
<i>Figura 25.</i> Bache – km 14+610	73
<i>Figura 26.</i> Bache – km 14+825	74
<i>Figura 27.</i> Bache – km 15+305	75
<i>Figura 28.</i> Fisuras Longitudinales – km 15+510	76
<i>Figura 29.</i> Peladura y Desprendimiento de Agregados – km 15+720	78
<i>Figura 30.</i> Bache – km 15+720	79
<i>Figura 31.</i> Bache – km 16+115	80
<i>Figura 32.</i> Deterioros / Fallas identificadas del tramo en estudio	83
<i>Figura 33.</i> Clasificación de Deterioros / Fallas	84
<i>Figura 34.</i> Nivel de Severidad de Deterioros / Fallas	84

RESUMEN

Identificación de las fallas del asfalto y propuesta de alternativa para acondicionar la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa Agua Blanca

La investigación presentada se ejecutó para evaluar el deterioro superficial del pavimento asfáltico del camino vecinal San José de Sisa - Agua Blanca, utilizando los métodos y técnicas indicados en el Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial 2014 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, el cual tiene como objetivo evaluar y plantear una alternativa de solución en el pavimento que se ha desgastado por causas como la falta de mantenimiento entre otras. Con la finalidad de conseguir el objetivo del estudio se tuvo en consideración la información bibliográfica y las referencias concernientes al tema, teniendo en cuenta que nuestro proyecto de investigación es del tipo básica, con diseño no experimental y de nivel descriptivo. Conjuntamente, se tuvo en cuenta la forma de evaluación que considera la metodología utilizada, como los tipos de fallas o deterioros, los diferentes niveles de severidad y asimismo los parámetros que contempla dicho manual. Se encontró en la longitud de recorrido del camino vecinal mediante la observación los daños presentes en el asfaltado y por consecuente las propuestas de solución, mediante la metodología utilizada se lograron los resultados cumpliendo con la propuesta de la hipótesis tal como se deja en manifiesto en las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Palabras clave: Metodología MTC Perú, pavimento asfáltico, fallas, evaluación, superficial, niveles, severidad.

ABSTRACT

Identification of asphalt failures and proposal of an alternative to improve the trafficability of the San José de Sisa Agua Blanca local road.

The research was carried out in order to evaluate the surface deterioration of the asphalt pavement of the San José de Sisa - Agua Blanca local road, using the methods and techniques indicated in the Highway Maintenance or Road Conservation Manual 2014 of the Peruvian Ministry of Transport and Communications. The manual aims to evaluate and propose an alternative solution for the pavement that has worn out due to causes such as lack of maintenance, among others. In order to achieve the objective of the study, the bibliographic information and references concerning the subject were taken into consideration, since this research project is of the basic type, with a non-experimental design and descriptive level. In addition, the form of evaluation considered in the methodology used, such as the types of failures or deterioration, the different levels of severity and the parameters contemplated in the manual, were taken into account. Damage to the asphalt was observed along the length of the country road and, consequently, the proposed solutions were found. The results were achieved through the methodology used, complying with the proposed hypothesis, as shown in the conclusions and recommendations of the research.

Keywords: Methodology MTC Peru, asphalt pavement, failures, evaluation, surface, levels, severity.



CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

El proyecto de **Identificación de las fallas del asfalto y propuesta de alternativa para acondicionar la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa - Agua Blanca**, nace con el objetivo de crear las condiciones mínimas de transitabilidad de la carretera en estudio, creando medidas de corrección y combatir las fallas que presenta el asfaltado, de tal manera que permita la mejora de la vida útil de los pavimentos.

Debemos saber que los pavimentos, tanto rígidos como flexibles, no siempre tienden a fallar por un defecto constructivo, ya que en otras ocasiones lo hacen de forma periódica y gradual a lo largo del tiempo producto de la falta de mantenimiento adecuado y continuo. El tránsito y el clima son manifestaciones que producen daños o fallas significativas en la vía, lo que nos indica que el comportamiento del pavimento es insatisfactorio.

A lo largo del recorrido del camino, mediante la observación se presenciaron fallas por desgaste y por acumulación de agua durante las temporadas de lluvias producto de un drenaje que no ha sido conservado por lo que se utilizarán medidas correctivas para neutralizar este proceso de desarrollo.

Siguiendo los procesos actuales de recuperación y mantenimiento de pavimentos se aplica diferentes métodos o procesos para la evaluación de las condiciones que presentan las vías pavimentadas y propuestos en última instancia a identificar los procesos de deterioro, teniendo criterio de planificación, diseño y finalmente plasmar soluciones necesarias, estableciendo las causas, motivos o mecanismos que los originan, sin el cual es complicado poder especular que se puedan confiar en metodologías con mayor eficiencia.

Generalmente los procesos y técnicas de evaluación abarcan desde el seguimiento y control de la constante evolución del estado presente en la red vial, hasta la identificación in-situ de los espacios a rehabilitar, exteriorizando características distintas según su fin y uso de la investigación. Asimismo, todos estos procedimientos poseen una etapa en común sin excepción alguna, la cual es la identificación y determinación de los deterioros o fallas, que son evidentes y apreciables en la superficie del pavimento.

Debemos decir que este proyecto de investigación se ejecutó con la aplicación y el reconocimiento in situ, con ayuda de Manual de Carretera de Conservación o Mantenimiento Vial del Perú (2014), para neutralizar los hechos en el campo y con la práctica de los conocimientos alcanzados a lo largo de nuestra formación profesional, proporcionar alternativas de solución y optimar la transitabilidad en el camino vecinal San José de Sisa Agua Blanca.

1.1. Marco general del problema

Los primeros que iniciaron las construcciones de caminos fueron del medio oriente donde apareció la rueda, se supone que la necesidad de trasladarse de un lugar a otro les hizo construir caminos y con la invención de la rueda lograron trasladarse a través de animales de tiro, por lo que tuvieron que allanar caminos retirando desmontes y realizando rellenos.

El camino más antiguo según manifiesta la historia y la más larga fue la Carretera Real Persa que se utilizó desde aproximadamente el año 3500 al 300 a.C. siendo su inicio en Susa, cerca del golfo del Pérsico continuando por el noroeste de Arbela y allí hacia el oeste a través de Nínive a Harran, donde existía un centro de enlaces de multitudes y antiguas vías, pero más actuales que la anterior (700-600 a.C.), los cuales articulaban castillos y templos en la ciudades de Assur, Babilonia, éstas se denominaban “carreteras procesionales”.

Dichas carreteras se construyeron con ladrillo cocido y piedra que se unían con mortero bituminoso. No obstante a pesar que no servían al tráfico normal de caravanas, es probable que hayan sido antecesoras de las carreteras romanas.

El comienzo de los caminos son las primigenias manifestaciones de los seres humanos para trasladarse de un determinado lugar a otro, siendo los mesopotámicos uno de los primeros constructores de carreteras hacia el año 3500 a.C. Le siguen los Chinos, que desplegaron un sistema de carreteras alrededor del siglo XI a.C, y fundaron la Ruta de la Seda (la más larde del mundo) durante 2000 años.

Nuestra realidad peruana durante la civilización antigua, los incas fundaron una red de vías a la vanguardia de la época que no se consideraban rigurosamente como camino vecinal o rural ya que al no conocer la rueda se lograban trasladar de un lugar a otro a pie.

Por ende, la red vial en aquel entonces cumplía sólo servía de uso particular para los pertenecientes al gobierno central y no para aquellos de las etnias particulares. Es por ello que en contraste al sistema andino de las vías de comunicación modernas existieron dos vías troncales, una de ellas se desarrollaba a lo largo de la sierra de sur a norte y la segunda conectaba entre si los valles costeros. Cabe resaltar que no existía un único esquema para las rutas incaicas, éstas se acomodaban a la geografía que existía en el lugar. En los valles costeros se apreciaba unos tapias que bordeaban los caminos y acequias cantarinas que ofrecían agua a los caminantes; además, los árboles boscosos proporcionaban sombra. En los desiertos, las piedras y los troncos son los que señalaban la ruta para impedir que los viajeros se perdiesen. En la zona de la sierra, existían vías que

estaban rodeados por piedras, mientras que también había escaleras que ascendían las agrestes quebradas.

Dentro del patrimonio del Estado la infraestructura vial es de suma importancia para la vinculación directa con el progreso social y económico, pues permiten que la comunicación e interrelación entre los diferentes puntos de una nación accedan al intercambio de bienes y servicios.

En tal sentido, las diferentes estructuras que componen un pavimento como parte de la red vial juega un rol muy importante teniendo como objetivo brindar a los usuarios una transitabilidad cómoda, segura y económica. En general el pavimento es una de las pocas obras civiles que posee un tiempo de diseño y por consecuente su deterioro está predicho al término de este tiempo; lo cual indica que durante su periodo de vida útil se iniciará un proceso de degradación, de tal forma que manifestará múltiples fallas al término de su vida proyectada el cual reducirán la calidad de rodaje y producirán un mayor costo a los usuarios y un mayor costo de mantenimiento por parte de la entidad responsable.

En la región San Martín, existe la necesidad por plantear una mejora vial basándonos en la eficiencia y calidad de servicios. El deterioro del camino vecinal que solo tiene una capa asfáltica incrementa los deterioros de los vehículos y un aumento significativo en el consumo de combustible. La gran variedad geográfica existente en la selva y las frecuentes precipitaciones muchas veces con gran intensidad y periodos prolongados, hacen que el deterioro de las vías sea más frecuente.

Es importante mencionar que el proceso de deterioro del pavimento y en particular del pavimento flexible, son ocasionadas por las solicitaciones de cargas producto del tránsito, estas representa una de las principales causas que inducen la fatiga de la estructura del pavimento el cual se ve reflejada en las diferentes fallas que afectan en gran magnitud y severidad la carretera, siendo la misma uno de los indicadores para la evaluación del camino vecinal San José de Sisa Agua Blanca de la provincia de El Dorado. Además, el río San José de Sisa en cada aumento de su caudal deterioran las laderas de la carretera generando así fallas de mayor magnitud perjudiciales en la buena transitabilidad.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la identificación de las fallas del asfalto en la propuesta para acondicionar la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa - Agua Blanca de la provincia de El Dorado?

1.3. Hipótesis de la investigación

Identificando las fallas de la carpeta asfáltica y la propuesta de mejoramiento influirá en el acondicionamiento de la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa - Agua Blanca.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Encontrar el grado de influencia de las fallas del asfalto en la transitabilidad del camino vecinal tramo San José de Sisa - Agua Blanca.

1.4.2. Objetivos específicos

- 1) Identificar mediante la observación las fallas del asfaltado en el tramo San José de Sisa - Agua Blanca.
- 2) Encontrar las diferentes fallas que impiden la buena transitabilidad en el camino vecinal San José de Sisa - Agua Blanca.
- 3) Determinar qué tipo de influencia de las fallas del asfaltado causan un problema de la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa - Agua Blanca.

1.5. Justificación de la investigación

En la búsqueda de información primigenia sobre esta posible ocurrencia, no se ha encontrado indicio de investigaciones parecidas sobre el camino vecinal San José de Sisa Agua Blanca, hecho que apertura a una nueva condición de investigar y conocer el comportamiento del asfalto frente a las fallas presentes durante su vida útil y la influencia que tiene sobre la transitabilidad, por consiguiente, la presente investigación se justifica por las razones siguientes:

Justificación teórica:

La presente investigación se fundará en identificar las fallas en el asfaltado, popularmente conocida como capa impermeable, situando de acuerdo con sus características el nivel de severidad que muestra la misma, para luego manifestar la afectación en la transitabilidad del camino en tesis, resaltando que dicha vía tiene presente un tránsito vehicular significativo.

Justificación metodológica:

La metodología que se manejará en el trabajo de indagación se orienta al método descriptivo, análisis de documentos, búsqueda y exploraciones bibliográficas para la

compilación de información y obtención de resultado. La investigación realizada se aprovechará como referencias para otras posibles investigaciones vinculados con este tema.

Justificación práctica:

La presente investigación se trazó para establecer: Cómo influye las fallas del asfaltado en la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa - Agua Blanca, resultados bien marcados que permitirá identificar las carencias que se concurren en el proceso.

Justificación académica:

La razón por la cual se llevará a cabo la investigación es por la importancia que tiene en la formación como profesional, permitiendo desplegar las capacidades y conocimientos alcanzados en las aulas de nuestra alma mater y además porques es política de la Universidad Nacional de San Martín, que como alumno y futuro profesional anhele a optar el título de Ingeniero Civil, logrando así mediante el desarrollo de un proyecto de tesis de investigación materializar su formación ético profesional.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Nivel Internacional

Rico, Téllez y Garnica (1998), desarrollaron una tesis denominada: "*Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias*", presentada a la Universidad Nacional Autónoma de México. Es un trabajo de investigación donde se considerada como la principal problemática que:

El comportamiento de los pavimentos flexibles, con estructura usual dentro de la práctica mexicana. En primer lugar, se tiene como tema de discusión el papel primordial que tienen las características de la conducta mecánica de los materiales térreos usados dentro del comportamiento general, considerando también el efecto del tránsito, así como los que provienen del intemperismo y del efecto del agua.

Pérez (2007), en su investigación, "*Estudio y diseño para la pavimentación y drenajes de las calles de sabana larga, de la aldea Amberes; y estudio y diseño para la pavimentación de la entrada a la colonia La Unión, que conduce hacia el instituto, ambos proyectos en jurisdicción de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa*", presentada ante la Universidad de San Carlos de Guatemala, concluyó que:

El análisis socioeconómico indica que la ejecución de un proyecto de pavimentación no genera ganancias, es decir que la inversión realizada no se recuperará; sin embargo su ejecución se justifica, en que este no es un proyecto con el que se busque lucrarse, sino que es de tipo social, puesto que su beneficio se verá en la mejora de la calidad de vida de los habitantes del lugar .

Achury y Ramírez (2015), en su tesis de pre grado, "*Proceso constructivo pavimento en piedra pegada municipio de Sutatausa, Cundinamarca*", presentada ante la Universidad Católica de Colombia, marcan como una alternativa de pavimento e indican que:

La piedra pegada interesante y atrae a la gente a pueblos pequeños, coloniales y turístico, sin embargo, su duración tiene dependencia según el proceso constructivo que se ejecute. Dicho proceso es de suma importancia para el éxito de los proyectos, empezando por los estudios, diseños y la construcción, si uno de ellos falla difícilmente se puede garantizar la duración de las obras.

Masihy (2020), en su proyecto de tesis, *“Estudio de correlaciones entre los ensayos de CBR en terreno y CPT”*, presentada ante la Universidad de Chile, señala que:

Los ensayos de terreno que obtienen la capacidad portante de la subrasante, son de suma importancia en los proyectos pavimentación. Es de estos ensayos que se logran obtener las variables de entrada necesarias para el diseño de pavimentos. Puesto que actualmente existen métodos que tienen mayor eficiencia para la obtención de parámetros del suelo, surge la posibilidad de aplicar estas tecnologías en el área mencionada anteriormente.

La manera de usar estos métodos más recientes es correlacionar los resultados de estas con variables entregadas por ensayos más antiguos y conocidos. Es así como se obtiene una relación empírica con la que se puede calcular valores de diseño importantes, a partir de instrumentos nuevos, de mayor calidad y de forma más rápida.

Nivel Nacional

Vásquez y Bendezú (2008), en su investigación titulada, *“Ensayos sobre el rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú”*. Explica que:

La infraestructura vial constituye uno de los activos más importantes para estimular el desarrollo de las actividades privadas, promover la inversión y generar fuentes para el crecimiento económico en el Perú. No obstante, debe destacarse que una inadecuada y desigual dotación de los activos públicos como la infraestructura vial en el espacio regional puede ocasionar que las disparidades en el crecimiento de los departamentos se acentúen.

Olarte (2015), en su tesis de posgrado, *“Proceso innovador para determinar el espesor de subrasante mejorada en suelos limo-arcillosos aplicado en la carretera puente Raither – puente Paucartambo”*, presentado a la Universidad Nacional de Ingeniería. Llegó a las siguientes conclusiones:

Durante la construcción de carreteras es frecuente encontrar sectores donde la capacidad de soporte de la subrasante es deficiente ($CBR < 7\%$). Los eventos geológicos que caracterizan estas zonas han condicionado la presencia de una gran variedad de suelos finos, los mismos que deberán ser sometidos a una evaluación geotécnica para determinar si formarán parte de la plataforma o por el contrario deberán ser eliminados para ser reemplazados por suelos de mejor calidad.

Vergara (2015), realizó la siguiente investigación: *“Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay - Ingenio del km 0+000 al km 1+000 2014”*, en donde se establece que:

La influencia está determinada por la intrusión del pavimento, la evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI, de esta manera saber cuál será el tipo de mantenimiento y rehabilitación que será el más eficiente para solucionar las fallas existentes en este tramo estudiado.

Zevallos (2018), hizo una investigación llamada: *“Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca – 2017”*, donde nos indica lo siguiente:

- 1) Tuvo como objetivo identificar y evaluar el estado situacional y su consecuente falla superficial y/o deterioro mediante el método del Índice de Condiciones de Pavimento Flexible (PCI) para algunas vías de la ciudad de Barranca.
- 2) Concluyó que aplicando el método de Pavement Condition Index (PCI) se puede clasificar el estado de preservación en el que se están los pavimentos flexibles, de la misma forma con el tipo de fallas que presentan, con la finalidad de ejecutar el tratamiento para una conservación periódica y permanente de las vías en la ciudad de Barranca.
- 3) Sabiendo cómo se encuentra el estado de los caminos de la ciudad de Barranca se puede precisar las decisiones acertadas según sea el caso y se podrá desarrollar un cronograma de rehabilitación e inclusive una táctica de inversión.

Nivel Local

Pinchi (2017), tesis, *“Diseño de pavimento flexible con carpeta asfáltica en caliente tramo Banda de Shilcayo – Las Palmas”*, presentada a la Universidad Nacional de San Martín, se realizó un estudio que se aprovechará como base de investigación que será tomada en cuenta para efectos de diseño de pavimentos flexibles o asfálticos, tanto a nivel académico como para la ejecución de proyectos en la región, rescatando básicamente la metodología de diseño, logrando así que sea comparada con cada realidad.

Milian (2017), *“Estudio definitivo del camino vecinal Habana - Santo Domingo - San Juan de Tangumi, distritos de Habana y Calzada, provincia Moyobamba - San Martín”*, en su tesis señala lo siguiente:

1) Tubo el objetivo general de ejecutar el estudio definitivo del Camino Vecinal Habana – Santo Domingo – San Juan de Tangumi, distritos de Habana y Calzada, provincia de Moyobamba.

2) Concluyó que a través de la ejecución de propuesta de diseño se podrá alcanzar los niveles de seguridad, comodidad y de estética, justos para que el diseño geométrico del camino vecinal alcance los niveles de serviciabilidad, apropiados para los volúmenes de tránsito actuales, legitimando su funcionabilidad mientras cumple su vida útil.

Grandez (2018), *“Estudio definitivo del camino vecinal sector Ponguito Morillo, distrito de Shanao - Lamas - San Martín”*, presentado a la Universidad Nacional de San Martín, la cual podrá dar una solución a mediano y/o largo plazo, por ende, este proyecto de investigación propiciará el progreso integral del comercio entre este distrito y sus localidades aledañas.

Rodríguez (2020), *“Determinación de las fallas del asfaltado y mejorar la transitabilidad en el tramo San Pedro a San Roque de Cumbaza, Lamas 2020”*, presentado a la Universidad Nacional de San Martín, en el que su objetivo fue encontrar los deterioros en este tramo vial y proponer alguna alternativa de solución para mejorar la transitabilidad.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Topografía

Según Gámez (2015), se entiende por topografía que:

Es la ciencia que estudia la superficie terrestre, es decir que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre el área de la tierra, a través de medidas según los elementos del espacio. Estos tres elementos pueden ser, dos distancias y una elevación, o una distancia y una dirección o bien una combinación de los tres elementos. El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se conoce como levantamiento, estos pueden ser topográficos y geodésicos.

2.2.2. Levantamientos

Levantamientos Topográficos

Martínez (2018), refiere que los levantamientos topográficos:

Son estudios técnicos y descriptivos que se realizan de un terreno, donde se tiene en consideración la tipología del terreno, pueden ser físicas, geográficas y geológicas, las que cuando abarcan áreas con poca amplitud se pueden hacer despreciando la curvatura de la Tierra, sin que exista error estimable.

Un levantamiento topográfico está comprendido de dos partes o etapas:

- 1) **Etapas de Campo:** etapa en la que se miden diferentes datos, tales como ángulos, distancias, etc.
- 2) **Etapas de Gabinete:** etapa que concierne al procesamiento de datos y dibujo de los datos extraídos en el campo.

Los levantamientos topográficos se clasifican en:

- a) **Levantamiento de terreno general:** es el que lleva por objeto marcar linderos o ubicarlos, medir y dividir las superficies, localizar los terrenos en planos generales ligando con levantamientos anteriores o proyectar obras y construcciones.
- b) **Topografía de vías de comunicación:** es la que se utiliza para estudiar y construir ferrocarriles, líneas de transmisión, acueductos, carreteras, puentes, etc.
- c) **Topografía de minas:** tiene por objeto establecer la configuración del terreno, fijar y controlar la ubicación de trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras en la superficie.
- d) **Levantamientos catastrales:** son los que se realizan en ciudades, zonas urbanas y municipios, para fijar linderos o estudiar las obras urbanas.

Levantamientos Geodésicos

La Norma Técnica Geodésica (2016) indica que los levantamientos topográficos *“Son el conjunto de métodos que tienen como objetivos las altitudes de los diferentes puntos de un terreno; generalmente se ejecutan en grandes áreas en donde es necesario considerar la curvatura de la tierra para obtener mediciones con mayor precisión”*.

2.2.3. Suelos.

Según Menéndez (2016), los suelos son:

Aquella capa que soporta la estructura del pavimento, la cual a menudo simboliza uno de las problemáticas con mayor grado de complejidad para modelar y adivinar

su comportamiento, pues este se ve afectado por muchos elementos. El efecto que produce el suelo sobre la estructura del pavimento tiene influencia en la definición del trazo y las dimensiones de esta, así como también en las labores de mantenimiento que se hacen necesarios en el periodo de vida útil del pavimento.

La capa del suelo de fundación es aquella que brinda parte considerable de la capacidad general del paquete estructural que conforma el pavimento, principalmente cuando hablamos de pavimentos flexibles. Los esfuerzos que se producen por las cargas de tráfico tienden a ser mayores en las capas superiores, y se reducen a medida que aumenta la profundidad. Por tal motivo, los materiales que son de mejor calidad y generalmente que son de costos más elevados, son los que se utilizan en las capas superficiales del pavimento, y así los de calidad más baja y por consiguiente de menor costo se utilizan para las capas inferiores de la estructura.

Este perfeccionamiento en la utilización de los materiales e insumos producen una reducción considerable en los costos del proceso constructivo, asimismo acrecienta la capacidad de uso de materiales que se tienen en la localidad de trabajo. No obstante, el aplicar esta metodología de optimización también demanda un mayor y mejor cuidado en las capas de que son de menor calidad en el diseño del paquete estructural, como puede ser el suelo de fundación, esto con la finalidad de que los costos sean menores que del ciclo de vida del pavimento, puesto que las capas más superficiales son las únicas que deberían de requerir de un mantenimiento o reemplazo a lo largo de la vida útil del pavimento.

Mecánica de suelos.

Terzaghi (1943) menciona que:

La mecánica de suelos es aplicar las leyes de la mecánica y la hidráulica a los dificultades de ingeniería, que tratan con sedimentos y otras acaparamientos no consolidados de partículas sólidas, originadas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, libremente de que tengan o no materia orgánica. Esta determina la resistencia de un terreno, la capacidad de carga, su composición estratigráfica, entre otros

La mecánica de suelos incluye:

- a. Teorías sobre la conducta de los suelos sujeto a cargas, fundado en aclaraciones necesarias dado el estado actual de la teoría.

- b. Investigación de las propiedades físicas de los suelos.
- c. Aplicación del conocimiento teórico y empírico de los problemas prácticos.

Métodos de Exploración de suelos.

Martínez (2018), explica que los principales tipos de exploración de suelos que son usados en Mecánicas de Suelos con la finalidad de muestreo son:

a) Métodos de exploración preliminares:

Pozos a techo abierto: Radica en realizar excavar un pozo de suficiente área para que un técnico logre entrar, bajar y pueda inspeccionar los diferentes estratos de suelo en su estado originario, de esta manera observar las condiciones justas concernientes al agua que contiene el suelo. (pág. 33)

- b) Perforaciones con posteadora o barrenadas helicoidales:** Comúnmente estas exploraciones son un medio más económico en suelos de tipo favorables, donde deben tener la cohesión suficiente para que los muros de la excavación permanezcan sin soporte, ya que la presencia de materiales granulares (gravas, piedras) u otra obstrucción impedirá la rotación de la barrena. La muestra que se consigue en este tipo de sondeos está completamente alterada, sin embargo, en lo referente al contenido de agua, este suele ser representativa. (pág. 34)

Perforación de lavado: El suelo se afloja y se retira del pozo con una corriente de agua o perforando el lodo en el borde inferior de la tubería de lavado, que se mueve hacia arriba y hacia abajo o se gira manualmente o durante la excavación. Es una forma económica y rápida de aprender sobre formaciones subterráneas y, a veces, también se usa como una ayuda rápida para otros métodos. (pág. 35)

- c) Método de penetración estándar:** Es necesario contar con adecuado equipo para realizar el procedimiento, el cual consta de un muestreador especial (penetrómetro estándar); cabe mencionar que este método es el que brinda mejores resultados en la práctica, por tal brinda información de mayor utilidad en torno al subsuelo.

- d) Prueba del lavado:** Es un método simple que sirve para determinar la profundidad de una interfaz entre suelo blando o suelto y una capa firme o compacta. Funciona hacia arriba y hacia abajo con tuberías de lavado que llevan agua a presión en un pozo sin revestimiento. (pág. 35)

e) Métodos geofísicos:

Sísmico: Este método se funda en la variabilidad de las velocidades de propagación de las ondas vibratorias de tipo sísmico a través de diferentes materiales. (pág. 36)

Magnético y gravimétrico: Se usa un magnetómetro que mide la componente vertical del campo magnético terrestre en la zona considerada en varias estaciones próximas entre sí. (pág. 38)

De resistencia eléctrica: Este proceso se basa en el hecho de que los suelos, dependiendo de su naturaleza, pueden presentar una mayor o menor resistividad eléctrica cuando una corriente es inducida a través de este. (pág. 38)

Propiedades físico mecánica de los suelos.

Ministerio de Transportes Comunicaciones (2014), menciona que:

“Para el diseño del pavimento se requiere, en primer término, conocer las propiedades de los suelos que servirán como suelo de fundación y subrasante pudiendo ser naturales o transportados como es el caso de los rellenos.”

2.2.4. Pavimento

Montejo (2012), define el pavimento como:

Un paquete estructural que se construye por encima de la subrasante, diseñado con varias capas superpuestas de forma horizontal, cada una de ellas con una adecuada compactación y materiales apropiados, con la finalidad de resistir y transmitir las cargas que se producen un efecto destructivo, motivo de la acción de tránsito de los diferentes vehículos, que van desde vehículos menores de carga liviana hasta vehículos de tránsito pesado durante un período de tiempo determinado, logrando así que se mejoren las condiciones de seguridad y serviciabilidad en el tránsito diario de una vía; que además se ven afectados por la intemperie, el agua, abrasiones, punzonamientos (esfuerzos cortantes), entre otros.

Existen otros escenarios necesarios que logren garantizar el adecuado trabajo de un pavimento que son: el ancho de la vía; el trazo vertical y horizontal el cual se encuentra determinado por el diseño geométrico; y la adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento, sin importar que esté en condiciones húmedas.

Categorización de los Pavimentos

Se puede identificar 3 tipos los cuales se distinguen principalmente por su diseño en el paquete estructural:

Pavimento flexible

Serment (2012), indica que el pavimento flexible es:

El tipo de pavimento que está hecho de un paquete estructural más completo, pues está hecho principalmente de tres capas, donde dos de estas son de materiales granulares y una está compuesta por material asfáltico, que cumple la función de transmitir los esfuerzos de las cargas del tránsito a las terracerías (calles de tierra). Debido a que cuenta con una superficie bastante uniforme, este tipo de pavimento logra resistir la acción del tráfico con un cierto nivel de deformación elástica sin llegar a la etapa de rotura.

Pavimentos Rígidos

Los pavimentos rígidos según el MTC (2013), es:

Una estructura que está compuesta por dos capas, la más superficial es una capa de rodadura hecha de concreto y la inferior es una de subbase granular que se coloca por encima de la subrasante, la cual brinda características tanto funcionales como estructurales al pavimento. Debido a su enorme rigidez, la losa es aquella que absorbe casi por completo los esfuerzos generados por las cargas de tránsito sobre el pavimento, proyectando menor intensidad de esfuerzos en las capas inferiores y la subrasante.

Existen tres tipos de pavimentos rígidos:

1) Pavimentos de concreto simple con juntas; 2) Pavimentos de concreto reforzado con juntas y 3) Pavimentos de concreto continuamente reforzados

Pavimentos Articulados

Según Montejo (2012), los pavimentos articulados son:

El tipo de pavimento que tiene la capa de rodadura estructurada mediante bloques de concreto prefabricado, a los que comúnmente se les conoce como adoquines. Estos son iguales entre sí y tienen un grosor uniforme; y que se colocan sobre una capa delgada de arena, la cual se ubica encima de una capa granular o la subrasante.

Carpeta Asfáltica

Rodríguez (2009), define la carpeta asfáltica de la siguiente manera:

Es la capa que va en la parte superficial, es la capa visible del paquete estructural, esta se encuentra por encima de la base. Su función es la de impermeabilizar la zona superficial del pavimento, logrando así que no se infiltre el agua y se dañen las capas inferiores, evitando así la desintegración de las mismas, además de soportar las cargas y distribuir adecuadamente los esfuerzos a las capas inferiores (cuando se construye con espesores mayores a 2.5 cm.).

La carpeta se elabora con material pétreo seleccionado y su respectivo aglomerante que viene a ser el asfalto, que puede ser en frío o en caliente. Se debe tener un extremo cuidado al realizar la mezcla, ya que el exceso de asfalto en esta puede provocar la pérdida de estabilidad e incluso provocar que su superficie sea resbalosa. Esta capa es la más expuesta, por lo que requiere de mantenimientos periódicos para garantizar su óptimo rendimiento. (pág. 63)

Base

Rodríguez (2009), define la base como:

La capa de pavimento que se ubica sobre la sub-base y por debajo de la superficie de rodadura, la cual tiene como principal función soportar, distribuir y transmitir las cargas a la capa inferior o sub-base. La base está fundada especialmente por material granular, estos pueden ser piedra triturada y una mezcla natural de agregado y suelo; sin embargo, puede estar hecha también con cemento Portland, cal u otros materiales bituminosos, siendo llamada, así como base estabilizada. El material utilizado para esta capa debe de cumplir con la resistencia suficiente para soportar y transmitir las cargas hacia las capas inferiores del paquete estructural. (pág. 71)

Subbase

Es la capa ubicada encima de la subrasante o suelo de fundación y por debajo de la base. Está destinada a resistir, transferir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas en la carpeta de rodadura.

Según Tacza y Rodríguez (2018), tenemos qué:

La conformación de la sub base es principalmente por consideraciones económicas debido a que se busca conseguir un mayor espesor en el pavimento mediante el

uso de material más barato. Así pues, se compone de materiales granulares, lo que permiten que esta capa pueda actuar como una capa de dren y controlar de ascensión de agua por su propiedad de capilaridad, evitando de esta manera que se originen las fallas por el hinchamiento del agua o causadas por el congelamiento, cuando se tienen bajas temperaturas. (pág. 21)

Subrasante

Rodríguez (2009), define a la subrasante como:

La capa inferior a todo el paquete estructural y la que lo soporta. Se desarrolla hasta una profundidad en la cual las cargas de tránsito dejan de tener influencia. Esta capa puede ser rellenada o cortada según sean las características encontradas del suelo.

En gran medida el diseño del pavimento depende de la calidad de esta zona o capa, por lo que es importante que cumpla con los requisitos de estabilidad, incompresibilidad y resistencia a la expansión y contracción por efectos del clima y la humedad. (pág. 92)

Serviciabilidad de los pavimentos

Según Rabanal (2014) la serviciabilidad de los pavimentos es:

Un indicador que califica el nivel percepción de comodidad y seguridad que tiene el usuario del pavimento por el que transita. Por eso la opinión de los usuarios es la que debe medir para calificar la serviciabilidad.

Para lograr medir esta serviciabilidad de los pavimentos, se debe considerar como una evaluación de la superficie, sin embargo, hay que tener presente que esta no es una evaluación completa.

Esta ha sido representada mediante un índice, el cual es derivado de los resultados de la prueba AASHTO, donde se desarrolla una evaluación mediante una escala que va desde 0 hasta 5, en la que se da el valor de 5 a pavimentos con una superficie perfecta y un valor de 0 a un pavimento con una superficie en condiciones inadecuadas. (pág. 34)

Evaluación de Pavimentos

Rodríguez (2020), respecto a la evaluación de pavimentos menciona que:

Se realiza un informe en el cual se muestra el estado que presenta la superficie del pavimento, de esta manera se puede adoptar las medidas necesarias para la reparación y mantenimiento con las que se pretende lograr llegar a la vida útil del pavimento, ya que estas son estructuras que deben brindar comodidad y sobre todo seguridad al usuario que transite por la misma, buscando siempre optimizar los costos.

Importancia de Evaluar los Pavimentos

Rodríguez (2020), precisa que *“Evaluar los pavimentos tiene una importancia que radica en que permitirá determinar el tiempo de los deterioros que se encuentran en la superficie, logrando así realizar las correcciones, haciendo que con esto se pueda brindar al usuario una mejor serviciabilidad”*.

En tal sentido, permitirá pronosticar el nivel de una red o proyecto, adicional a esto se podrá mejorar los costos de rehabilitación, pues al reparar un deterioro de forma temprana se alarga la vida de servicio economizando así gastos mayores.

Objetividad en la Evaluación de Pavimentos

Según Rabanal (2014), menciona que:

La objetividad en la evaluación de pavimentos juega un papel importante, ya que es necesario contar con personal que se esté correctamente capacitado para realizar las evaluaciones pertinentes ya que, de no ser así, estas pruebas pierden credibilidad con el tiempo y no podrán ser comparadas, además, es fundamental que se cuente con un modelo de evaluación estandarizado, pues es así como se podrá saber que se ha realizado una evaluación verdaderamente objetiva. (pág. 44)

Curva de Comportamiento de los Pavimentos

Es la representación de la calidad del pavimento a lo largo del tiempo, esto en función a las repeticiones de carga que a ha recibido.

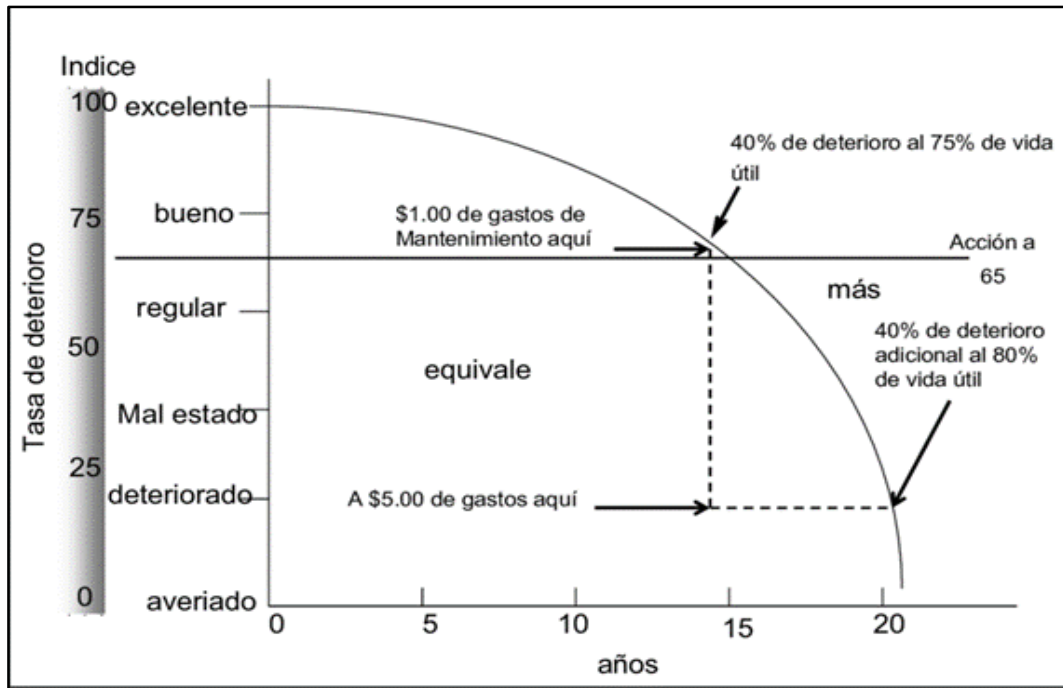


Figura 1. Curva de comportamiento de los pavimentos
Fuente: Delmar Salomón 2006.

2.2.5. Fallas en Pavimentos Asfaltados

Las fallas en los pavimentos asfaltados son el resultado de las diferentes condiciones presentes en la vía en el transcurrir del tiempo, los diferentes procesos que sufre desde su ejecución hasta la culminación de su vida útil son complejas y progresivas y la no intervención agravan la situación y éstas requieren de un adecuado mantenimiento.

Existen dos tipos de fallas o deterioros: estructurales y superficiales. La primera hace referencia a un deterioro del paquete estructural o simplemente a la capa de rodamiento y la segunda son de tema funcional afectando la transitabilidad, es decir, la calidad mínima aceptable de la carpeta de rodadura apreciables a simple vista sin necesidad de un estudio más profundo.

En la siguiente tabla se describen las fallas típicas de los pavimentos asfaltados.

Tabla 1

Fallas típicas en el Pavimento Flexible

FALLAS TÍPICAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE		
MODALIDAD	TIPO	DESCRIPCIÓN
Deformaciones Permanentes	Ahuellamiento	Surcos o huellas que se originan en la capa superior de un pavimento o una carretera no pavimentada, que son el resultado del movimiento lateral de los materiales por efectos de las cargas de tránsito.
	Hundimiento	Depresión o caída de carpeta de rodadura original del pavimento en una superficie localizada del mismo.
	Corrugación	Movimiento plástico que se caracteriza por la ondulación de capa superficial del pavimento, formando crestas y valles.
	Corrimiento	Desplazamiento o deslizamiento de la mezcla asfáltica, que en ocasiones viene dado también por el levantamiento del material.
	Hinchamiento	Abultamiento o acenso vertical de la capa superficial del paquete estructural, esto puede darse en forma de onda abrupta y pronunciada sobre una superficie reducida o por el contrario en forma de una onda gradual.
Fisuraciones o Agrietamientos	Fisura Longitudinal	Rotura que se desarrolla a través de la capa asfáltica paralela al eje de la calzada.
	Fisura Transversal	Fracturamiento rectilíneo que se extiende a través de la superficie del pavimento perpendicularmente al eje de la calzada.
	Fisura en Bloques	Fisuras y grietas conectadas unas con otras que dividen la superficie del pavimento en polígonos aproximadamente rectangulares.
	Fisura tipo Piel de Cocodrilo	Conjunto de agrietamientos interconectados entre sí, creando en la superficie del pavimento polígonos irregulares reducidos con ángulos agudos y una dimensión que normalmente es inferior de 0.30 m.
	Fisura Reflejadas	Se encuentran solamente en pavimentos mixtos que se conforman por una capa asfáltica sobre losas de hormigón.
	Fisura en Arco	Fisuras en forma de media luna que generalmente apuntan hacia afuera del tráfico en sus dos extremos.

FALLAS TÍPICAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE		
MODALIDAD	TIPO	DESCRIPCIÓN
Desintegraciones	Desprendimiento	Desgaste progresivo de la superficie de rodadura como consecuencia de la separación y desprendimiento del material fino que la conforma.
	Peladuras	Desprendimiento de pequeñas fracciones del material que conforma la carpeta de rodadura, creando pequeñas hendiduras en el pavimento, no relacionados con agrietamientos ni otros efectos estructurales.
	Estrías Longitudinales	Sucesión de peladuras y/o de desprendimientos pétreos de la superficie pavimento las cuales tienen una distribución lineal, en forma de uno o más surcos longitudinales, lo que se encuentran paralelos al eje de la vía.
	Baches	Desintegración total de la capa superficial del paquete estructural y la eliminación en una cierta extensión, comúnmente menor de 0.9m de diámetro, formando un hueco o cavidad redondeada.
	Rotura de Bordes	Destrucción gradual de los límites de la calzada por descomposición total y pérdida del aglomerado asfáltico que conforma la capa superficial del pavimento.
	Pulimiento de la Superficie	Excesivo pulido de los agregados en la superficie de rodadura, lo cual da lugar a una textura muy lisa y suave al tacto, lo que afecta considerablemente la adherencia con los neumáticos de los vehículos.
Otros Modos de Falla	Exudación de Asfalto	Materiales bituminosos que brota de la mezcla a la capa superficial del pavimento, formando una película o film continuo de ligante o mastic (ligantes + finos).
	Bombeo	Ascenso de agua por la capacidad de capilaridad de la misma hacia la superficie del pavimento por medio de los puntos más débiles y fisuras de la capa asfáltica.
	Bacheos/Reparaciones	Superficie del pavimento original donde se ha removido y sustituido parcial o en algunos casos totalmente con materiales equivalentes a los originales o eventualmente diferentes, con la finalidad de remediar el pavimento existente.

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones – República Dominicana (2016)

En tal sentido, las fallas en las vías asfaltadas pueden ser agrupados en 4 categorías con características similares y de este modo facilitar el análisis y corrección de las fallas.

Sus grupos o categorías vienen a ser:

- 1) Fisuras y grietas
- 2) Deformaciones superficiales
- 3) Desintegración del pavimento o desprendimientos
- 4) Afloramiento y otras fallas

Los grupos mencionados se pueden apreciar y comprender con la siguiente figura:

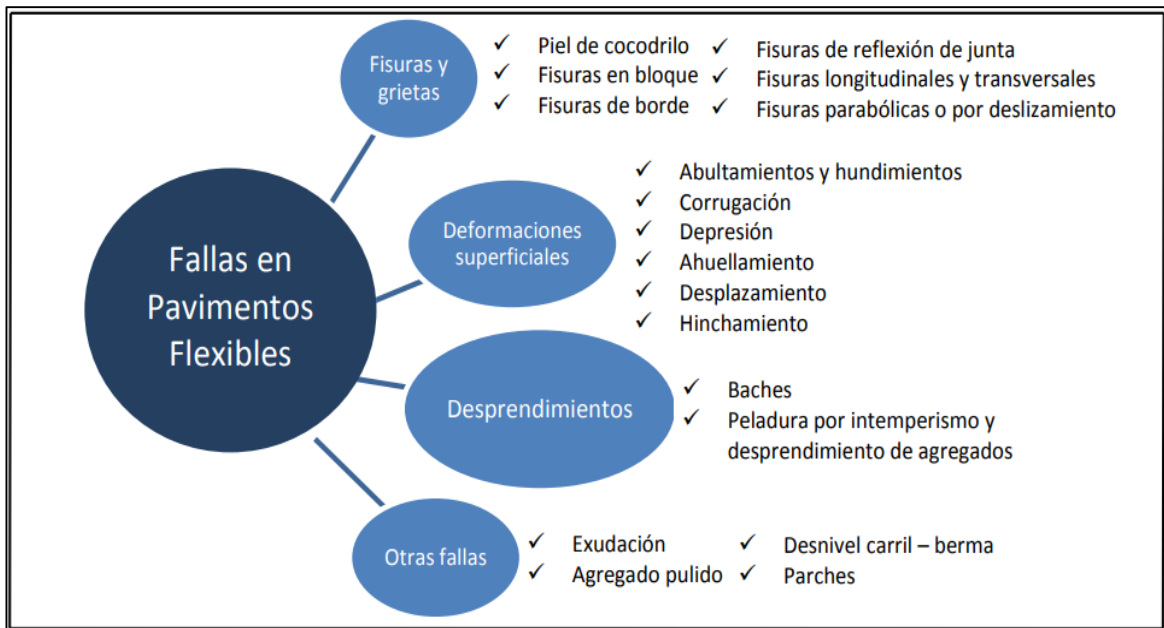


Figura 2. Fallas en pavimentos flexibles

Fuente: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1 Contexto de la investigación

Nombre del Proyecto

“Identificación de las fallas del asfalto y propuesta de alternativa para acondicionar la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa - Agua Blanca”.

Ubicación del Proyecto

El proyecto tiene un área política de influencia ubicada en:

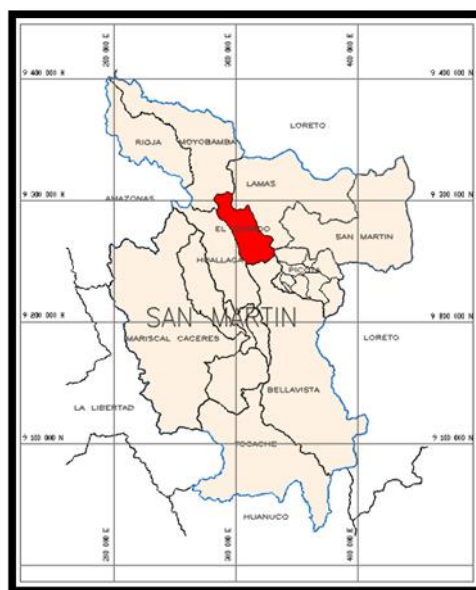
Región	:	San Martín
Provincia	:	El Dorado
Distritos	:	San José de Sisa y Agua Blanca
Localidad	:	San José de Sisa y Agua Blanca

El punto de partida del proyecto de investigación se ubica en la localidad de San José de Sisa, específicamente inicia en la progresiva Km 0 + 000 teniendo como referencia el puente San José de Sisa y se extiende hasta la progresiva Km 18 + 000 del ingreso a la localidad de Agua Blanca, el cual conciernen a la carretera departamental SM-102.

Mapa político del Perú



Mapa Político de San Martín



Mapa político de El Dorado

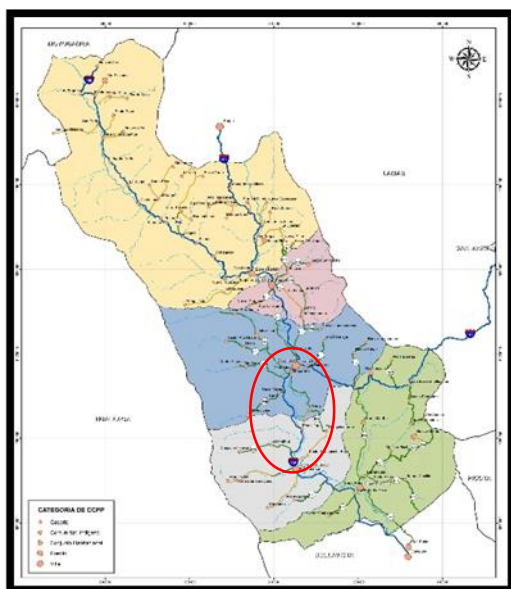
Carretera San Jose de Sisa
– Agua Blanca (18km)

Figura 3: Ubicación del Proyecto
Fuente: Elaboración Propia

Vías de Acceso

El tramo comienza en la localidad de San José de Sisa y continúa hacia el Sur uniéndose con la localidad de Agua Blanca cuyo acceso al proyecto es a través de la Carretera Fernando Belaunde Terry – norte, carretera en asfalto que une Juanjuí, Tarapoto, Moyobamba, Bagua y Chiclayo, específicamente en el desvío a Cuñumbuque en el km 945+010; a unos 15.98 km antes de llegar a la ciudad de Tarapoto se ingresa 44.50 km de vía asfaltada hasta llegar a la localidad de San José de Sisa que es punto de partida del tramo en estudio del presente proyecto de investigación.

Tabla 2

Vías de acceso al tramo en estudio San José de Sisa – Agua Blanca

Vías de Acceso					
De	A	Tiempo	Kilometraje	Tipo de Transporte	Vía Tipo
Tarapoto	San José de Sisa	1h y 45 min.	60.48 km	Auto	Asfaltado
San José de Sisa	Agua Blanca	30 min.	18 km	Auto	Asfaltado

Fuente: Elaboración Propia

Topografía

Presenta una topografía llana – ondulada con pendientes máximas de 8% y colinas bajas, no presenta zonas planas amplias.

Población

La población estimada según el censo 2017, el distrito de San José de Sisa presenta una población total de 14 639 habitantes y en el distrito de Agua Blanca un total de 2330 habitantes. Asimismo, para el año 2022 la población beneficiaria del tramo en estudio asciende a más de 8 060 habitantes, producto de la migración y tasa de crecimiento distrital.

Tabla 3

Población Censada Distritos San José de Sisa y Agua Blanca

DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN									
CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
				Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
2203	PROVINCIA EL DORADO			36 752	19 039	17 713	10 684	10 406	278
220301	DISTRITO SAN JOSÉ DE SISA			14 639	7 489	7 150	3 828	3 787	41
0001	SAN JOSE DE SISA	Omagua	342	8 244	4 154	4 090	2 027	2 021	6
220302	DISTRITO AGUA BLANCA			2 330	1 229	1 101	986	957	29
0001	AGUA BLANCA	Omagua	318	1 400	716	684	531	526	5

Fuente: Censo 2017

Clima y temperatura

El clima predominante durante casi todo el año en la zona cálido – húmedo con variaciones notorias en el mes de junio “los fríos de San Juan” que coinciden con el solsticio de invierno.

Las temperaturas varían entre los 20°C a 37°C, teniendo una temperatura media anual de 28°C el cual se ve modificado por el régimen de lluvias presentes en la zona. La precipitación promedio anual es de 1 157 mm siendo los meses de enero a mayo los de mayor presencia de lluvias el cual presenta una humedad relativa de 78.5%.

3.1.2 Periodo de ejecución

El periodo de ejecución del informe del proyecto de tesis se está considerando de seis (06) meses, desde mayo hasta noviembre de 2022.

3.1.3 Autorizaciones y permisos

No aplica.

3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad

Cuando hablamos de control ambiental en el mundo de la construcción vial, nos referimos específicamente a las condiciones en el interior de una instalación al que están expuestos

los trabajadores, es decir, la calidad ambiental propiamente dicha. Las diversas normativas varían en función de la actividad que se desempeñe en la obra. Es por eso por lo que debemos efectuar el control ambiental en obra el cual se refiere a la destreza que tenemos para desempeñarnos en un entorno difícil, teniendo la capacidad de adaptarnos a las diferentes circunstancias no adecuadas que van naciendo en el trabajo.

Para la implementación del programa de bioseguridad, la organización institucional necesariamente debe vigilar el cumplimiento de la normatividad establecida, por lo que cada institución conforme un Comité Institucional de Bioseguridad (CIB), el cual esté facultado para desarrollar políticas y prácticas internas de bioseguridad. Al examinar los protocolos de investigación, la evaluación de riesgos, la supervisión y solución de disputas, se recomienda que cada agencia desarrolle al menos un manual basado en las normas internacionales y los procedimientos institucionales desarrollados por cada gobierno.

3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales

El sector de la construcción representa un factor determinante del crecimiento de un país en sus diversos indicadores tales como el económico y social, por lo que los gobiernos locales y nacionales promueven la actividad e incorporación de acciones concretas en los diferentes planes de desarrollo, estableciendo metas en la construcción y alianzas para crear incentivos para consolidar el crecimiento o reactivar la economía, en la oferta y demanda de productos inmobiliarios.

La ética es importante para todos. Se puede decir que es una tradición inculcada en la mayoría de las familias, sin embargo, actualmente se ha demostrado que está perdiendo su gran valor, ya que muchos prefieren violar sus principios por dinero, beneficio personal o de cualquier otro tipo. En la ingeniería civil se puede observar cómo algunos profesionales prefieren realizar sus actividades laborales de manera incorrecta, independientemente de las consecuencias que esto pueda traer tanto para la sociedad como para ellos mismos.

3.2. Sistema de variables

3.2.1 Variable independiente

Fallas del pavimento flexible

3.2.2 Variable dependiente

Transitabilidad

3.2.3 Operacionalización de variables

Tabla 4

Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Variable Independiente Fallas del pavimento flexible.	Se entenderá por pavimento flexible aquel que está compuesto por una capa o carpeta asfáltica apoyada sobre dos capas inferiores no rígidas, la base y subbase; es decir el pavimento flexible utiliza una mezcla de agregado grueso o fino (piedra machacada, grava y arena) con material bituminoso obtenido del asfalto o petróleo, y de los productos de la hulla. Esta mezcla es compacta, pero lo bastante plástica para absorber grandes golpes y soportar un elevado volumen de tránsito pesado.	Usaremos la escala ordinal	Flexibilidad Carga concentrada Espesor Resistencia Bases y subrasante	Fallas del pavimento. Reducción de la resistencia. Fallas constructivas. Vida útil del pavimento. Capas con compactación de acuerdo con la norma.	Ordinal
Variable Dependiente Transitabilidad	Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo. (MTC, 2018). MTC (2018), Define una situación de “ <i>disponibilidad de uso</i> ” el cual manifiesta que una vía específica está disponible para su uso, es decir, que no ha sido interrumpido totalmente el tránsito público por causas de “emergencias viales” que la hubieran cesado en algún o en algunos lugares del recorrido.	Se utilizará la escala ordinal.	Deterioros Deslizamientos Huaicos Erosiones	Flujo de agua en vía. Cierre de vía por crecimiento del río. Desprendimiento de lodo, dificulta tránsito normal. Desplazamiento y degradación de la capa superior del suelo.	Ordinal

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Procedimientos de la investigación

3.3.1 Tipo y nivel de investigación

Tipo de Investigación

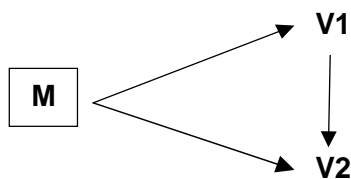
La investigación es de tipo **aplicada** porque tiene la finalidad esencial de resolución de problemas prácticos de manera inmediata en orden a transformar las condiciones que se presente. *“Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías”*. (Tamayo y Tamayo, 2006)

Nivel de la investigación

Es de nivel **descriptivo – exploratorio** porque se pretende profundizar en la investigación de tal manera que se haga las mediciones lo más precisas posibles el cual se asocia a un diagnóstico, exponiendo el evento estudiado, guiados de la observación y revisión documental. (Bernal, 2006)

3.3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es **no experimental**, porque las variables no se someten al dominio ni intervención del investigador, sino a su diagnóstico y evaluación. *“Estudia la correlación entre variables y donde la información se recolecta de la realidad en campo tal y como se den naturalmente para luego ser analizados”*. (Hernández, Fernández y Baptista, 2006)



Donde:

M: Muestra

V1: Variable 1 : Fallas del pavimento flexible

V2: Variable 2 : Transitabilidad

3.3.3 Población y muestra

Población: La población está conformada por todas las rutas que componen las carreteras departamentales de la región San Martín.

Hernández (2014), “*Se puede especificar qué población es la globalización de objetos o medidas, las cuales presentan características comunes visibles en un lugar y tiempo en específico*”.

Muestra: La muestra asignada, está plasmada por la Ruta SM-102, Tramo San José de Sisa – Agua Blanca, camino vecinal de 18 km.

Hernández (2014), “*Podemos decir que la muestra es una fracción o subconjunto fielmente representativo y/o característico de la población*”.

3.3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se especifica las técnicas a ser usadas y los instrumentos necesarios a aplicarse en el estudio de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 5.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumento	Aplicación
Observación continua	Cédulas de investigación y/o cuaderno de campo.	Tramo en estudio
Estudio y análisis de las fallas en el pavimento	Cuaderno de campo	A especialistas del tema en estudio
Corrección de las fallas en el pavimento	Cuaderno de campo	A especialistas del tema en estudio

Fuente: Elaboración Propia

3.3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Técnicas de procesamiento de datos:

Los datos resultantes de la aplicación de las técnicas e instrumentos se procesarán mediante los diversos programas computarizados como son Word, Excel, Autocad, las cuales se analizarán y constarán con la hipótesis planteada. El respectivo análisis se desarrollará conforme el marco teórico y conceptual precisando un análisis objetivo y explicativo de la realidad encontrada.

Procedimientos para la recolección de datos:

1. Recopilación de información referente al tema de estudio.
2. Levantamiento de información en el campo referente a las fallas presentes en el pavimento flexible del tramo en estudio.
3. Procesamiento de información adquirida en campo.
4. Identificación de las fallas en el pavimento.

5. Clasificación y ordenamiento de la información obtenida en gabinete.
6. Formulación y obtención del documento final de investigación.

Análisis e interpretación de datos y resultados:

Se realizó el análisis e interpretación de la información obtenida en campo y en oficina por cada objetivo específico planteado, y del mismo modo con la interpretación de los resultados para tratar de identificar las fallas presentes en el pavimento flexible y dar una alternativa para acondicionar la transitabilidad del tramo San José de Sisa – Agua Blanca de la provincia de El Dorado de la región San Martín.

3.4 Materiales y métodos

3.4.1 Materiales

Para el presente trabajo se utilizaron los siguientes materiales y/o equipos para la recolección y procesamiento de datos:

- Ficha de control de fallas del pavimento flexible para el tramo en estudio.
- Motocicleta Wave 110 marca Honda.
- Wincha de 30 metros marca Stanley.
- Regla de 30 cm.
- Cuaderno de campo.
- Lapiceros.
- Calculadora Casio fx-991LA Plus
- Laptop Asus Rog Strix
- Celular marca Xiaomi (para fotografiar las fallas identificadas en el pavimento).

3.4.2 Métodos

Metodología del MTC Perú

Este método está plasmado en el Manual de Mantenimiento o Conservación Vial, el cual es un documento técnico de carácter normativo y vigente a nivel nacional sobre manuales de carreteras establecidos por el reglamento nacional sobre gestión de infraestructura vial. Este Manual corresponde a la versión aprobada por D.S N° 034-2008-MTC de versión 2014 y cuya finalidad es brindar la ayuda y criterios adecuados para aplicar en la gestión de mantenimiento rutinario o periódico de las vías para que estas se conserven en niveles de servicio adecuados durante su vida útil.

La sección de Mantenimiento o Conservación Vial (2014) del Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, nos indica que:

“Los niveles de servicio son indicadores que califican y cuantifican el estado del servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo con los factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de la satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.” (p.39).

Objetivo de la metodología MTC Perú.

El objetivo primordial del uso de esta metodología es realizar un inventario detallado de la vía y así establecer su condición del estado actual, de esta manera tomar las medidas respectivas correctivas para la conservación de la vía.

Dicho de otro modo, esta metodología nos permite realizar el estudio y análisis de las fallas presentes en el pavimento flexible empleando fichas de recolección de datos de campo el cual nos permite registrar la fecha, ubicación, componente, sección, tamaño de la muestra, tipo de falla, entre otros datos de suma importancia para el estudio y solución de las fallas encontradas.

Clasificación de las fallas del pavimento flexible o asfáltico.

De acuerdo con el Manual de Mantenimiento o Conservación Vial, las fallas o deterioros de los pavimentos flexibles se clasifican en dos grupos generales los cuales son:

- **Falla Estructural.**

Son característicos de un estado estructural del pavimento que involucran al conjunto de capas que la componen o únicamente la carpeta de rodadura el cual se refleja por deformaciones verticales y horizontales en la calzada.

- **Falla Superficial.**

Son característicos de diversos orígenes como puede ser por defecto constructivo, por la calidad de producto o materiales y además por condiciones en específico de la zona en que se ubica la vía, en particular son condiciones generadas por acción del tráfico. Asimismo, son efecto de la evolución de las fallas estructurales.

El manual además de presentar y clasificar las fallas nos brinda información importante para el análisis de las fallas encontradas las cuales son el nivel de severidad por cada tipo de deterioro encontrado, agrupados en 3 niveles de medición (alto, medio y bajo) el cual

nos permitirá dar un resultado detallado y óptimo para tomar las medidas correctivas adecuadas manteniendo la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa – Agua Blanca.

Las fallas o deterioros de acuerdo con la metodología empleada y conforme al Manual de Mantenimiento y Conservación Vial se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 6

Deterioro o fallas de los pavimentos

Clasificación de los deterioros/fallas	Código de deterioro/falla	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
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho \leq 1 mm) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y \leq 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 3: Profundidad > 4 cm
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero \leq 6 mm 2: Profundidad > 6 mm y \leq 12 mm 3: Profundidad > 12 mm
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales. 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado. 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.
Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y Desprendimiento	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. 3: Continuo con aparición de la base granular.
	7	Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m 3: Diámetro > 0.5 m
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras Finas (ancho \leq 1 mm) 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y \leq 3 mm) 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

Fuente: Manual de Carreteras – Mantenimiento y Conservación Vial (2014).

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

En el presente capítulo se lleva a cabo la presentación de los resultados obtenidos a partir de la aplicación del método MTC – Perú en el cual se muestra la identificación de las fallas con sus respectivos datos tomados en campo como son: progresiva, especificación de la falla, posibles causas que ocasionaron la falla, posibles soluciones frente al grado de severidad del deterioro del pavimento los cuales influirá en la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa – Agua Blanca teniendo como objetivo primordial la rehabilitación de la circulación sobre la vía y seguridad de la transitabilidad del tramo en estudio.

Los resultados obtenidos corresponden a una secuencia ordenada planteado en los objetivos, en primer lugar, se realizó la identificación de las fallas existentes para seguidamente ser analizados y dar solución óptima de acuerdo con la severidad e incidencia sobre la transitabilidad. En el siguiente cuadro se presenta los datos generales del tramo en estudio y luego se presentan los resultados detallados por cada progresiva.

Tabla 7

Datos generales del proyecto de investigación

DATOS GENERALES	
Tamo de Estudio	San José de Sisa – Agua Blanca
Longitud de Estudio	18 km.
Ruta	SM – 102
Clasificación	Red Vial Departamental
Categoría	Tercera Clase
Distrito	San José de Sisa y Agua Blanca
Provincia	El Dorado
Departamento	San Martín
Nivel actual de la vía	TSB

Fuente: Elaboración propia

4.1.1. Progresiva: km 0 + 000

La progresiva km 0+000 corresponde al inicio de la identificación de las fallas del asfaltado y la propuesta de alternativa para mejorar la transitabilidad del tramo en estudio correspondiente a San José de Sisa – Agua Blanca.

Deterioro / falla 7: Desintegración por Baches (Huecos)



Figura 4. Bache – km 0+000

Fuente: Elaboración Propia

- **Descripción:**

El pavimento presenta un mal estado de la superficie con una separación en un área de 25.30 m x 4.10 m el cual forman una depresión de 15 cm. La forma del hoyo es redondeada con bordes agudos y lados verticales cerca de la zona superior de la falla los cuales constituyen a un daño superficial que interrumpe la continuidad del pavimento.

- **Causas probables del deterioro:**

- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.
- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
- Estancamiento de agua por inadecuado drenaje, etc.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar una variación del diámetro del bache, superior a 0.50 m el cual de acuerdo con la metodología podemos afirmar que presenta un nivel de severidad alta. Ver Figura 4 y 5.

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por bache (huecos) comúnmente se cuenta el número de baches de acuerdo con el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.

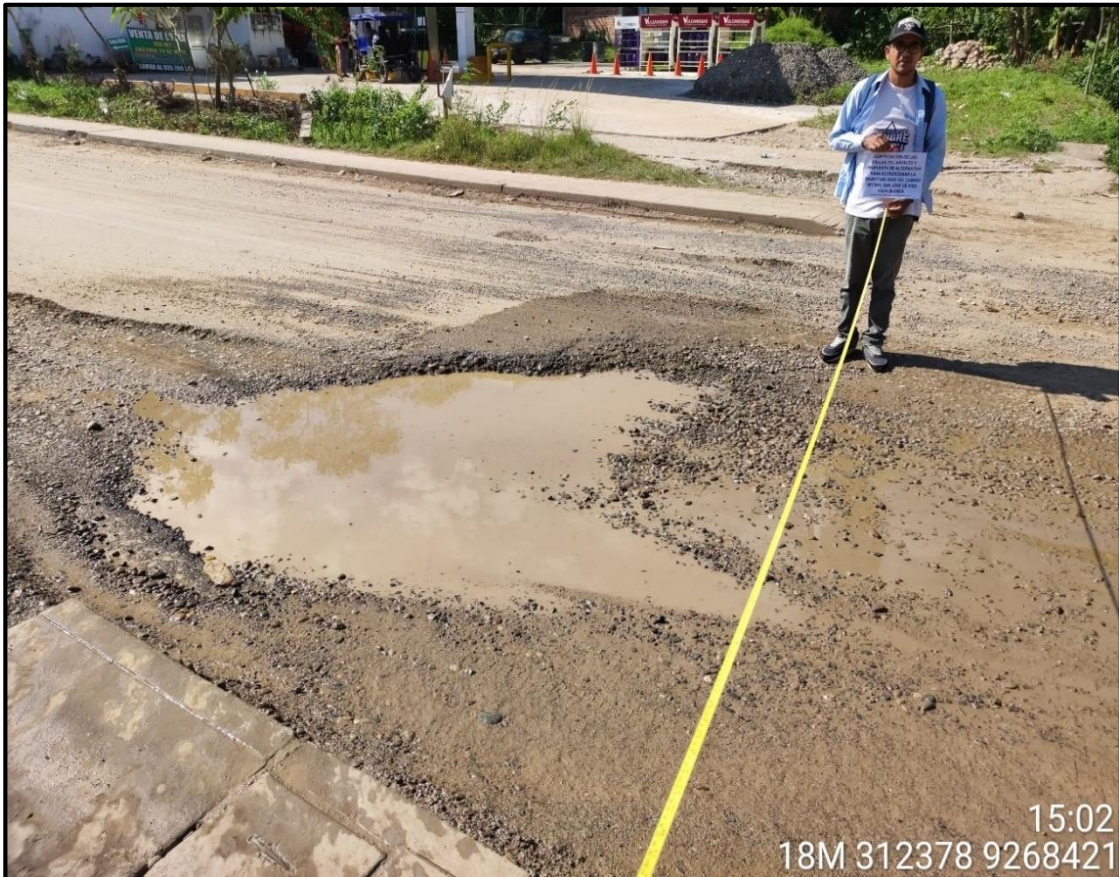


Figura 5. Bache – km 0+000

Fuente: Elaboración Propia

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda una rehabilitación o reconstrucción mediante un bacheo profundo y un recapado más mezcla asfáltica en caliente el cual presenta una vida esperada de 4 a 6 años.

4.1.2. Progresiva: km 1 + 200

Deterioro / falla 7: Desintegración por Baches (Huecos)

- **Descripción:**

El pavimento presenta un mal estado de la superficie con una separación en un área de 1.00 m x 0.80 m el cual forman una depresión de 4.50 cm. La forma del hoyo es redondeada con bordes agudos y lados verticales cerca de la zona superior de la falla los cuales constituyen a un daño superficial que interrumpe la continuidad del pavimento.

- **Causas probables del deterioro:**

- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.
- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
- Estancamiento de agua por inadecuado subdrenaje, etc.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar un diámetro del bache de aproximadamente 0.90 m superior a 0.50 m y una profundidad de 4.50 cm, el cual de acuerdo con la metodología podemos afirmar que presenta un nivel de severidad alta. Ver Figura 6.

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por bache (huecos) comúnmente se cuenta el número de baches de acuerdo con el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.



Figura 6. Bache – km 1+200

Fuente: Elaboración Propia

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda una rehabilitación o reconstrucción mediante un bacheo profundo y un recapado más mezcla asfáltica en caliente el cual presenta una vida esperada de 4 a 6 años.

4.1.3. Progresiva: km 1 + 400

a) Deterioro / falla 7: Desintegración por Baches (Huecos)

• Descripción:

El pavimento presenta un mal estado de la superficie con una separación en un área de 3.80 m x 2.40 m el cual forman una depresión de 8.50 cm. La forma del hoyo es redondeada con bordes agudos y lados verticales cerca de la zona superior de la falla los cuales constituyen a un daño superficial que interrumpe la continuidad del pavimento.

• Causas probables del deterioro:

- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.
- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
- Estancamiento de agua por inadecuado subdrenaje, etc.

• Niveles de gravedad del deterioro:

Se puede apreciar un diámetro del bache de aproximadamente 3.10 m superior a 0.50 m y una profundidad de 8.50 cm, el cual de acuerdo con la metodología podemos afirmar que presenta un nivel de severidad alta. Ver Figura 7.

• Medición de las fallas:

Las fallas por bache (huecos) comúnmente se cuenta el número de baches de acuerdo con el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.



Figura 7. Bache – km 1+400

Fuente: Elaboración Propia

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda una rehabilitación o reconstrucción mediante un bacheo profundo y un recapado más mezcla asfáltica en caliente el cual presenta una vida esperada de 4 a 6 años.

b) Deterioro / falla 6: Peladura y Desprendimiento de Agregados

- **Descripción:**

El pavimento presenta una desintegración de la carpeta asfáltica provocada por la pérdida de las propiedades ligantes del material bituminoso con los agregados. Asimismo, presenta pérdida parcial de la capa de rodadura con presencia de agregados sueltos dejando de esta manera a la superficie expuesta a la acción abrasiva del tránsito y del clima. La falla constituye a un daño superficial del pavimento.

- **Causas probables del deterioro:**

- Mezcla asfáltica defectuosa o endurecida y pérdida de sus propiedades ligantes.
- Deficiente proceso constructivo y uso de agregados que tienen afinidad con el agua (hidrófilos), asimismo burbujas de aire atrapados en el revestimiento asfáltico y uso de agregados contaminados.
- Presencia de tráfico vehicular no correspondiente a vehículos de transporte común (vehículos de orugas) y ablandamiento de la superficie producto de derramamiento de agentes agresivos (aceites, solventes, agua, etc.).

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar un deterioro continuo con aparición de la base granular en un área de 3.20 m x 1.80 m, el cual presenta un nivel de severidad alta. Ver Figura 8.



Figura 8. Peladura y Desprendimiento – km 1+400

Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por peladura y desprendimiento de agregados se miden en metros cuadrados (m^2) del área afectada y según su extensión se considera el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda un bacheo superficial, reposición de la carpeta asfáltica o tratamiento superficial el cual presenta una vida esperada de 3 a 5 años.

4.1.4. Progresiva: km 3 + 015

Deterioro / falla 7: Desintegración por Baches (Huecos)

- **Descripción:**

El pavimento presenta un mal estado de la superficie con una separación en un área de 1.80 m x 1.10 m el cual forman una depresión de 9.50 cm. La forma del hoyo es redondeada con bordes agudos y lados verticales cerca a la zona superior de la falla los cuales constituyen a un daño superficial que interrumpe la continuidad del pavimento. Ver Figura 9.



Figura 9. Bache – km 3+015

Fuente: Elaboración Propia

- **Causas probables del deterioro:**

- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.
- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
- Estancamiento de agua por inadecuado subdrenaje, fisuración de fatiga, etc.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar una variación del diámetro del bache de aproximadamente 1.40 m, superior a 0.50 m el cual de acuerdo con la metodología podemos afirmar que presenta un nivel de severidad alta. Ver Figura 9.

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por bache (huecos) comúnmente se cuenta el número de baches de acuerdo con el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda una rehabilitación o reconstrucción mediante un bacheo profundo y un recapado más mezcla asfáltica en caliente el cual presenta una vida esperada de 4 a 6 años.

4.1.5. Progresiva: km 3 + 040

Deterioro / falla 6: Peladura y Desprendimiento de Agregados

- **Descripción:**

El pavimento presenta una peladura de la carpeta asfáltica provocada por la pérdida de las propiedades ligantes del material bituminoso con los agregados. Asimismo, presenta estancamiento del drenaje longitudinal de 15.00 m, el cual provoca acumulación e infiltración de agua hacia el paquete estructural debilitando sus propiedades de resistencia frente a la acción abrasiva del tránsito y del clima. La falla constituye a un daño superficial del pavimento.

- **Causas probables del deterioro:**

- Mezcla asfáltica defectuosa o endurecida y pérdida de sus propiedades ligantes.
- Estancamiento e infiltración de agua en el paquete estructural, obstaculización del drenaje longitudinal, deslizamientos de laderas y acumulación de vegetación.
- Deficiente proceso constructivo y uso de agregados que tienen afinidad con el agua (hidrófilos), asimismo burbujas de aire atrapados en el revestimiento asfáltico y uso de agregados contaminados.

- Presencia de tráfico vehicular no correspondiente a vehículos de transporte común (vehículos de orugas) y ablandamiento de la superficie producto de derramamiento de agentes agresivos (aceites, solventes, agua, etc.).

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar en el margen derecho de la vía, un deterioro continuo sin aparición de la base granular en un área de 15.00 m x 1.20 m, el cual presenta un nivel de severidad media. Ver Figura 10.



Figura 10. Peladura y Desprendimiento – km 3+040

Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por peladura y desprendimiento de agregados se miden en metros cuadrados (m^2) del área afectada y según su extensión se considera el nivel de severidad (bajo, medio o alto), además se verifica si hay presencia de agregados sueltos de las diferentes capas del pavimento flexible (paquete estructural).

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad medio se recomienda lo siguiente:

- Reparación de la carpeta asfáltica con mezcla en caliente o tratamiento superficial el cual presenta una vida esperada de 3 a 5 años.
- Mejoramiento del drenaje longitudinal, superficial y/o profundo presentando una vida espera variable según la región.

4.1.6. Progresiva: km 5 + 305

Deterioro / falla 7: Desintegración por Baches (Huecos)

- **Descripción:**

El pavimento presenta un mal estado de la superficie con una separación en un área de 0.90 m x 1.00 m el cual forman una depresión de 6.00 cm. La forma del hoyo es redondeada con bordes agudos y lados verticales cerca a la zona superior de la falla los cuales constituyen a un daño superficial que interrumpe la continuidad del **pavimento. Ver Figura 11.**



Figura 11. Bache – km 5+305

Fuente: Elaboración Propia

- **Causas probables del deterioro:**

- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.
- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
- Estancamiento de agua por inadecuado subdrenaje, fisuración de fatiga, etc.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar un diámetro del bache de aproximadamente 0.95 m, superior a 0.50 m el cual de acuerdo con la metodología podemos afirmar que presenta un nivel de severidad alta. Presenta una profundidad significativa del hoyo (9.50 cm) y estancamiento del agua el cual empeora las condiciones de la falla. Ver Figura 11.

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por bache (huecos) comúnmente se cuenta el número de baches de acuerdo con el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda una rehabilitación o reconstrucción mediante un bacheo profundo y un recapado más mezcla asfáltica en caliente el cual presenta una vida esperada de 4 a 6 años.

4.1.7. Progresiva: km 5 + 510

a) **Deterioro / falla 7:** Desintegración por Baches (Huecos)

- **Descripción:**

El pavimento presenta un mal estado de la superficie en un área afectada de 7.60 m x 25.40 m el cual forman un conjunto de baches con una depresión aproximada de 15.00 cm. La forma del hoyo es redondeada con bordes agudos y lados verticales cerca a la zona superior de la falla los cuales constituyen a un daño superficial que interrumpe la continuidad del pavimento, asimismo presenta estancamiento de agua por falta de drenaje superficial. Ver Figura 12.



Figura 12. Bache – km 5+510

Fuente: Elaboración Propia

- **Causas probables del deterioro:**

- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.
- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
- Estancamiento de agua por inadecuado drenaje, fisuración de fatiga, presencia de suelos expansivos, derramamiento de agentes agresivos como aceites y solventes, etc.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar un diámetro variable de los baches, superior a 0.50 m y en algunos casos menores de 0.50 m el cual de acuerdo con la metodología podemos afirmar que presenta un nivel de severidad alta y severidad media. Presenta una profundidad significativa del hoyo (15.00 cm) y estancamiento del agua el cual empeora las condiciones de la falla. Ver Figura 12.

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por bache (huecos) comúnmente se cuenta el número de baches de acuerdo con el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para los distintos niveles de severidad de las fallas encontradas se recomienda las siguientes soluciones:

- Para niveles de severidad alto se recomienda una rehabilitación o reconstrucción mediante un bacheo profundo y un recapado más mezcla asfáltica en caliente el cual presenta una vida esperada de 4 a 6 años.
- Para niveles de severidad media se recomienda reparaciones por carpeta asfáltica con mezcla en caliente, además de un bacheo parcial el cual presenta una vida esperada de 0.5 a 2 años.

b) Deterioro / falla 6: Peladura y Desprendimiento de Agregados

- **Descripción:**

El pavimento presenta un desprendimiento de los agregados de la carpeta asfáltica provocada por la pérdida de las propiedades ligantes del material bituminoso con los agregados. Asimismo, presenta humedad a falta de la existencia de drenaje en un tramo de 18.20 m, el cual debilita las propiedades de resistencia frente a la acción abrasiva del tránsito y del clima. La falla constituye a un daño superficial del pavimento.

- **Causas probables del deterioro:**

- Mezcla asfáltica defectuosa o endurecida y pérdida de sus propiedades ligantes.
- Estancamiento e infiltración de agua en el paquete estructural a falta de drenaje, desprendimiento de los agregados y acumulación de vegetación.
- Deficiente proceso constructivo y uso de agregados que tienen afinidad con el agua (hidrófilos), asimismo burbujas de aire atrapados en el revestimiento asfáltico y uso de agregados contaminados.
- Presencia de tráfico vehicular no correspondiente a vehículos de transporte común (vehículos de orugas) y ablandamiento de la superficie producto de derramamiento de agentes agresivos (aceites, solventes, agua, etc.).

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar en el margen derecho de la vía, un deterioro continuo con aparición de la base granular en un área de 18.20 m x 1.80 m, el cual presenta un nivel de severidad alta. Ver Figura 13.



Figura 13. Peladura y Desprendimiento de Agregados – km 5+510

Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por peladura y desprendimiento de agregados se miden en metros cuadrados (m²) del área afectada y según su extensión se considera el nivel de severidad (bajo, medio o alto), además se verifica si hay presencia de agregados sueltos de las diferentes capas del pavimento flexible (paquete estructural).

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda lo siguiente:

- Realizar un bacheo superficial, reposición de la carpeta asfáltica o tratamiento superficial el cual presenta una vida esperada de 3 a 5 años.
- Mejoramiento del drenaje longitudinal, superficial y/o profundo presentando una vida espera variable según la región.

4.1.8. Progresiva: km 5 + 730

a) **Deterioro / falla 3:** Deformaciones por Deficiencia Estructural (Hundimiento)

- **Descripción:**

El pavimento presenta hundimientos con variación de las depresiones entre pequeñas y abruptas sobre la superficie. Presenta una falla continua en el margen izquierdo de la vía en un área afectada de 9.60 m x 1.80 m ocasionada por deficiencia estructural e influenciadas por las precipitaciones y acumulación de agua. Ver Figura 14.

- **Causas probables del deterioro:**

- Asentamiento o consolidación de capas perceptibles de la fundación (de gran longitud de onda).
- Ineficientes prácticas de construcción (mala nivelación o falta de homogeneidad constructiva en las capas de base y subbase).
- Pérdida de la estabilidad por aumento de humedad en el paquete estructural del pavimento o en el suelo de fundación.
- Ausencia de confinamiento lateral de los paseos (hundimiento de borde).

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar que el hundimiento presenta una dimensión aproximada de 9.60 m x 1.80 m y una depresión de 11.50 cm, mayor a 5 cm, de esta manera podemos afirmar que presenta un nivel de severidad alta. Esto perjudica considerablemente la comodidad de manejo del usuario. Ver Figura 14.



Figura 14. Deformaciones por Deficiencia Estructural (Hundimiento) – km 5+730

Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de las fallas:**

El hundimiento tiene una medición en metros cuadrados (m²), se registra de manera separada según su nivel de severidad, las áreas totales afectadas en la muestra o sección del pavimento.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda lo siguiente:

- Rehabilitación o reconstrucción total del pavimento y un mejoramiento del drenaje superficial teniendo una vida esperada de 8 a 10 años.
- Escarificación parcial del pavimento existente, reconstrucción de la base con material granular y emulsión asfáltica para la capa superficial del pavimento para un tiempo de vida estimado de 8 a 10 años.

b) Deterioro / falla 1: Desintegración por Piel de Cocodrilo

• **Descripción:**

El pavimento presenta una serie de grietas o rajaduras interconectadas entre sí el cual forman polígonos irregulares con ángulos agudos con dimensiones generalmente inferiores a 30 cm. Este fenómeno se observa en el margen izquierdo de la vía y está ligado a la fatiga por repeticiones de cargas del tránsito. Ver Figura 15.



Figura 15. Piel de Cocodrilo – km 5+730

Fuente: Elaboración Propia

• **Causas probables del deterioro:**

- Pérdida de la capacidad estructural del pavimento, fatiga de las mezclas asfálticas debido a las sollicitaciones de cargas del tránsito.
- Deficiente diseño del paquete estructural y como consecuencia bajos espesores del pavimento e ineficientes procesos constructivos.
- Pavimentos altamente flexibles o deformables, uso de materiales de baja calidad o contaminados, degradación de las mezclas, etc.

• **Niveles de gravedad del deterioro:**

Es de severidad media-alta; la malla de grietas ha tenido avance de manera tal que ha constituido una red cerrada de polígonos bien definidos en un área afectada de 8.20 m x 1.80 m; parte de estos fragmentos pueden llegar a moverse por acción del tráfico, y/o pueden haber sido removidos por el mismo. Ver Figura15.

• **Medición de las fallas:**

Este tipo de grietas o fallas se miden en metros cuadrados (m²) del área perjudicada del pavimento. La dificultad en medir este tipo de deterioro se encuentra en la presencia de dos o hasta tres niveles de severidad dentro de un mismo caso, donde estas porciones generalmente se distinguen con facilidad una de la otra, en tal caso cuando los niveles de severidad son distintos y no logran ser clasificados, lo que se hace es tomar el total del área y se califica con la mayor severidad que se observó.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad determinados se recomienda las siguientes soluciones:

- Para una severidad media se recomienda una escarificación parcial del pavimento más refuerzo del paquete estructural con mezcla asfáltica en caliente teniendo un estimado de vida de 3 a 5 años.
- Para niveles de severidad alta se recomienda un bacheo profundo más reposición de la base granular y carpeta con mezcla asfáltica en caliente, asimismo un mejoramiento del drenaje superficial y/o profundo estimado un tiempo de vida de 4 a 6 años.

4.1.9. Progresiva: km 5 + 805

Deterioro / falla 6: Peladura y Desprendimiento de Agregados

- **Descripción:**

El pavimento presenta un desgaste periódico de la superficie de rodadura provocada por la pérdida de las propiedades ligantes del material bituminoso con los agregados y desprendimiento del material fino. La pérdida de dichas propiedades deja expuesta la superficie a la acción abrasiva del tránsito y del clima que en futuros cercanos se harán más frecuentes la presencia de una textura abierta y rugosa. La falla corresponde a un daño superficial del asfaltado.

- **Causas probables del deterioro:**

- Mezcla asfáltica defectuosa o endurecida y pérdida de sus propiedades ligantes.
- Estancamiento e infiltración de agua en el paquete estructural, obstaculización del drenaje longitudinal, deslizamientos de laderas y acumulación de vegetación.
- Deficiente proceso constructivo y uso de agregados que tienen afinidad con el agua (hidrófilos), asimismo burbujas de aire atrapados en el revestimiento asfáltico y uso de agregados contaminados.
- Presencia de tráfico vehicular no correspondiente a vehículos de transporte común (vehículos de orugas) y ablandamiento de la superficie producto de derramamiento de agentes agresivos (aceites, solventes, agua, etc.).

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar en el margen izquierdo de la vía, un deterioro continuo sin aparición de la base granular en un área de 25.00 m x 3.60 m, el cual presenta un nivel de severidad media. Ver Figura 16.



Figura 16. Peladura y Desprendimiento de Agregados – km 5+805

Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por peladura y desprendimiento de agregados se miden en metros cuadrados (m^2) del área afectada y según su extensión se considera el nivel de severidad (bajo, medio o alto), además se verifica si hay presencia de agregados sueltos de las diferentes capas del pavimento flexible (paquete estructural).

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad medio se recomienda lo siguiente:

- Reparación de la carpeta asfáltica con mezcla en caliente o tratamiento superficial el cual presenta una vida esperada de 3 a 5 años.
- Mejoramiento del drenaje longitudinal, superficial y/o profundo presentando una vida espera variable según la región.

4.1.10. Progresiva: km 6 + 520

Deterioro / falla 3: Deformaciones por Deficiencia Estructural (Hundimiento)

- **Descripción:**

El pavimento presenta hundimientos con variación de las depresiones abruptas sobre la superficie. Presenta una falla continua en todo el ancho de la vía formando una concavidad en un área afectada de 7.20 m x 17.90 m ocasionada por deficiencia estructural del paquete estructural. Ver Figura 17 y 18.

- **Causas probables del deterioro:**

- Asentamiento o consolidación de capas perceptibles de la fundación (de gran longitud de onda).
- Ineficientes prácticas de construcción (mala nivelación o falta de homogeneidad constructiva en las capas de base y subbase).

- Pérdida de la estabilidad por aumento de humedad en el paquete estructural del pavimento o en el suelo de fundación.
- Ausencia de confinamiento lateral de los paseos (hundimiento de borde).
- **Niveles de gravedad del deterioro:**
Se puede apreciar que el hundimiento presenta una dimensión aproximada de 7.20 m x 17.90 m y una depresión de 9.50 cm, mayor a 5 cm, de esta manera podemos afirmar que presenta un nivel de severidad alta. Esto perjudica considerablemente la comodidad de manejo del usuario. Ver Figura17 y 18.



Figura 17. Deformaciones por Deficiencia Estructural (Hundimiento) – km 6+520

Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de las fallas:**

El hundimiento tiene una medición en metros cuadrados (m^2), se registra de manera separada según su nivel de severidad, las áreas totales afectadas en la muestra o sección del pavimento.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda lo siguiente:

- Rehabilitación o reconstrucción total del pavimento y un mejoramiento del drenaje superficial teniendo una vida esperada de 8 a 10 años.
- Bacheo profundo, reconstrucción de la base con material granular y emulsión asfáltica para la capa superficial del pavimento para un tiempo de vida estimado de 8 a 10 años.



Figura 18. Deformaciones por Deficiencia Estructural (Hundimiento) – km 6+520

Fuente: Elaboración Propia

4.1.11. Progresiva: km 7 + 015

Deterioro / falla 5: Reparaciones o Parchado

- **Descripción:**

Se puede apreciar un remplazo parcial del pavimento original con la finalidad de restaurar el pavimento existente. La reparación presenta una deficiencia de sus propiedades ligantes el cual se refleja en la fisuración tipo piel de cocodrilo y el hundimiento y desprendimiento del material granular producto de la pérdida de sus propiedades estructurales. Ver Figura 19.

- **Causas probables del deterioro:**

- Uso del material inadecuado para la reparación de fallas (piel de cocodrilo o fisuras longitudinales)
- Ineficientes prácticas de construcción (mala nivelación o falta de homogeneidad constructiva en las capas de base).
- Pérdida de la estabilidad por aumento de humedad en el paquete estructural del pavimento o en el suelo de fundación.
- Fatiga de la mezcla asfáltica de reparación y deterioro por acción del tránsito.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar el parche que ha fallado y se ha fisurado tipo piel de cocodrilo y que hay presencia de hundimiento con material granular suelto en un área parchada de 3.20 m x 11.40 m y una depresión de 8.50 cm indicativo de una severidad alta. Ver Figura 19.



Figura 19. Reparaciones o Parchado – km 7+015

Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de las fallas:**

Los parches se miden en metros cuadrados (m²) de la superficie afectada, se registra de manera separada según su nivel de severidad (alto, medio, bajo).

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda lo siguiente:

- Rehabilitación o reconstrucción total del pavimento y un mejoramiento del drenaje superficial teniendo una vida esperada de 8 a 10 años.
- Bacheo profundo, reconstrucción de la base con material granular y emulsión asfáltica para la capa superficial del pavimento para un tiempo de vida estimado de 8 a 10 años.

4.1.12. Progresiva: km 7 + 810

Deterioro / falla 6: Peladura y Desprendimiento de Agregados

- **Descripción:**

El pavimento presenta en el margen izquierdo un desgaste periódico de la superficie de rodadura provocada por la pérdida de las propiedades ligantes del material bituminoso con los agregados y desprendimiento del material fino. La pérdida de dichas propiedades deja expuesta la superficie a la acción abrasiva del tránsito y del clima que en futuros cercanos se harán más frecuentes la presencia de una textura abierta y rugosa. La falla corresponde a un daño superficial del asfaltado.

- **Causas probables del deterioro:**

- Mezcla asfáltica defectuosa o endurecida y pérdida de sus propiedades ligantes.

- Estancamiento e infiltración de agua en el paquete estructural, obstaculización del drenaje longitudinal, deslizamientos de laderas y acumulación de vegetación.
- Deficiente proceso constructivo y uso de agregados que tienen afinidad con el agua (hidrófilos), asimismo burbujas de aire atrapados en el revestimiento asfáltico y uso de agregados contaminados.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar en el margen izquierdo de la vía, un deterioro continuo sin aparición de la base granular en un área de 15.30 m x 1.20 m, el cual presenta un nivel de severidad media. Ver Figura 20.



Figura 20. Peladura y Desprendimiento de Agregados – km 7+810

Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por peladura y desprendimiento de agregados se miden en metros cuadrados (m^2) del área afectada y según su extensión se considera el nivel de severidad (bajo, medio o alto), además se verifica si hay presencia de agregados sueltos de las diferentes capas del pavimento flexible (paquete estructural).

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad medio se recomienda lo siguiente:

- Reparación de la carpeta asfáltica con mezcla en caliente o tratamiento superficial el cual presenta una vida esperada de 3 a 5 años.
- Mejoramiento del drenaje longitudinal, superficial y/o profundo presentando una vida espera variable según la región.

4.1.13. Progresiva: km 7 + 835

Deterioro / falla 7: Desintegración por Baches (Huecos)

- **Descripción:**

El pavimento presenta un mal estado de la superficie con una separación en un área de 0.90 m x 1.10 m el cual forman una depresión de 7.50 cm. La forma del hoyo es redondeada con bordes agudos y lados verticales cerca a la zona superior de la falla los cuales constituyen a un daño superficial que interrumpe la continuidad del pavimento. Ver Figura 21.

- **Causas probables del deterioro:**

- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.
- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
- Estancamiento de agua por inadecuado subdrenaje, etc.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar un diámetro del bache de aproximadamente 1.00 m, superior a 0.50 m el cual de acuerdo con la metodología podemos afirmar que presenta un nivel de severidad alta. Muestra una profundidad significativa del hoyo (7.50 cm) y presencia de humedad el cual empeora las condiciones de la falla. Ver Figura 21.



Figura 21. Bache – km 7+835

Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por bache (huecos) comúnmente se cuenta el número de baches de acuerdo con el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda una rehabilitación o reconstrucción mediante un bacheo profundo y un recapado más mezcla asfáltica en caliente el cual presenta una vida esperada de 4 a 6 años.

4.1.14. Progresiva: km 8 + 000

Deterioro / falla 7: Desintegración por Baches (Huecos)

- **Descripción:**

El pavimento presenta un par de baches que afectan la superficie en un área de 2.60 m x 2.45 m y depresiones de 7.50 cm y 8.20 cm por cada hueco. La forma del hoyo es redondeada con bordes agudos y lados verticales cerca a la zona superior de la falla los cuales constituyen a un daño superficial que interrumpe la continuidad del pavimento. Ver Figura 22.



Figura 22. Bache – km 8+000

Fuente: Elaboración Propia

- **Causas probables del deterioro:**

- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.
- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
- Estancamiento de agua por inadecuado drenaje superficial y/o profundo, etc.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar diámetros de bache de aproximadamente 1.20 m y 1.40 m, superior a 0.50 m el cual de acuerdo con la metodología podemos afirmar que presenta un nivel de severidad alta. Muestra una profundidad significativa del hoyo (7.50 cm y 8.20 cm) y presencia de humedad. Ver Figura 22.

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por bache (huecos) comúnmente se cuenta el número de baches de acuerdo con el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda una rehabilitación o reconstrucción mediante un bacheo profundo y un recapado más mezcla asfáltica en caliente el cual presenta una vida esperada de 4 a 6 años.

4.1.15. Progresiva: km 10 + 400

Deterioro / falla 7: Desintegración por Baches (Huecos)

- **Descripción:**

El pavimento presenta un conjunto de baches que afectan la superficie en un área de 3.50 m x 16.80 m y depresiones máximas de 2.50 cm. La forma de los baches es redondeada con bordes agudos y lados verticales cerca a la zona superior de la falla los cuales constituyen a un daño superficial que interrumpe la continuidad del pavimento y de la transitabilidad. Ver Figura 23.



Figura 23. Bache – km 10+400

Fuente: Elaboración Propia

- **Causas probables del deterioro:**

- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.
- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
- Estancamiento de agua por inadecuado drenaje superficial y/o profundo, etc.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar diámetros de bache entre los 0.20 m y un máximo de 0.40 cm, menores a 0.50 m el cual de acuerdo con la metodología podemos afirmar que presenta un nivel de severidad media. Muestra profundidades menores a 2.50 cm y obstaculización del drenaje por deslizamientos. Ver Figura 23.

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por bache (huecos) comúnmente se cuenta el número de baches de acuerdo con el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad medio se recomienda una reparación de la carpeta asfáltica con mezcla el cual presenta una vida esperada de 3 a 5 años.

4.1.16. Progresiva: km 10 + 530

Deterioro / falla 6: Peladura y Desprendimiento de Agregados

- **Descripción:**

El pavimento presenta en el margen izquierdo un desgaste periódico de la superficie de rodadura con presencia de material granular provocada por la pérdida de las propiedades ligantes del material bituminoso con los agregados. La falla corresponde a un daño superficial del asfaltado en un área de 2.40 m x 23.65 m. Ver Figura 24.

- **Causas probables del deterioro:**

- Mezcla asfáltica defectuosa o endurecida y pérdida de sus propiedades ligantes.
- Estancamiento e infiltración de agua en el paquete estructural, obstaculización del drenaje longitudinal, deslizamientos de laderas y acumulación de vegetación.
- Deficiente proceso constructivo y uso de agregados que tienen afinidad con el agua (hidrófilos), asimismo burbujas de aire atrapados en el revestimiento asfáltico y uso de agregados contaminados.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar un deterioro continuo con aparición de la base granular en un área de 2.40 m x 23.65 m, el cual presenta un nivel de severidad. Ver Figura 24.



Figura 24. Peladura y Desprendimiento de Agregados – km 10+530

Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por peladura y desprendimiento de agregados se miden en metros cuadrados (m^2) del área afectada y según su extensión se considera el nivel de severidad (bajo, medio o alto), además se verifica si hay presencia de agregados sueltos de las diferentes capas del pavimento flexible (paquete estructural).

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda lo siguiente:

- Realizar un bacheo superficial, reposición de la carpeta asfáltica o tratamiento superficial el cual presenta una vida esperada de 3 a 5 años.
- Mejoramiento del drenaje longitudinal, superficial y/o profundo presentando una vida espera variable según la región.

4.1.17. Progresiva: km 14 + 610

Deterioro / falla 7: Desintegración por Baches (Huecos)

- **Descripción:**

El pavimento presenta un mal estado de la superficie con una separación en un área de 1.00 m x 1.00 m el cual forman una depresión de 8.50 cm. La forma del hoyo es redondeada con presencia de agua, bordes agudos y lados verticales cerca de la zona

superior de la falla los cuales constituyen a un daño superficial que interrumpe la continuidad del pavimento. Ver Figura 25.

- **Causas probables del deterioro:**

- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.
- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
- Estancamiento de agua por inadecuado subdrenaje, etc.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar un diámetro del bache de 1.00 m, superior a 0.50 m el cual de acuerdo con la metodología podemos afirmar que presenta un nivel de severidad alta. Muestra una profundidad significativa del hoyo (8.50 cm) y presencia de agua el cual empeora las condiciones de la falla. Ver Figura 25.



Figura 25. Bache – km 14+610

Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por bache (huecos) comúnmente se cuenta el número de baches de acuerdo con el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda una rehabilitación o reconstrucción mediante un bacheo profundo y un recapado más mezcla asfáltica en caliente el cual presenta una vida esperada de 4 a 6 años.

4.1.18. Progresiva: km 14 + 825

Deterioro / falla 7: Desintegración por Baches (Huecos)

- **Descripción:**

El pavimento presenta un mal estado de la superficie con una separación en un área de 1.10 m x 0.85 m el cual forman una depresión de 7.50 cm. La forma del hoyo es redondeada con presencia de humedad, bordes agudos y lados verticales cerca a la zona superior de la falla los cuales constituyen a un daño superficial que interrumpe la continuidad del pavimento. Ver Figura 26.

- **Causas probables del deterioro:**

- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.
- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
- Estancamiento de agua por inadecuado subdrenaje, etc.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar un diámetro del bache de aproximadamente 1.00 m, superior a 0.50 m el cual de acuerdo con la metodología podemos afirmar que presenta un nivel de severidad alta. Muestra una profundidad significativa del hoyo (7.50 cm) y presencia de humedad el cual empeora las condiciones de la falla. Ver Figura 26.



Figura 26. Bache – km 14+825

Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por bache (huecos) comúnmente se cuenta el número de baches de acuerdo con el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda una rehabilitación o reconstrucción mediante un bacheo profundo y un recapado más mezcla asfáltica en caliente el cual presenta una vida esperada de 4 a 6 años.

4.1.19. Progresiva: km 15 + 305

Deterioro / falla 7: Desintegración por Baches (Huecos)

- **Descripción:**

El pavimento presenta un conjunto de baches que afectan la superficie en un área de 3.80 m x 35.20 m y depresiones máximas de 11.50 cm. La forma de los baches es redondeada con bordes agudos y lados verticales cerca a la zona superior de la falla los cuales constituyen a un daño superficial que interrumpe la continuidad del pavimento además de la obstaculización de la vía por deslizamientos de laderas. Ver Figura 27.

- **Causas probables del deterioro:**

- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.
- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
- Estancamiento de agua por inadecuado drenaje superficial y/o profundo, deslizamientos de laderas y presencia de abundante vegetación, etc.
- Debilitamiento de la carpeta de rodadura por presencia de humedad y lodo producto de los deslizamientos de laderas y estancamiento de agua.



Figura 27. Bache – km 15+305

Fuente: Elaboración Propia

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar diámetros de bache entre los 0.50 m y un máximo de 1.80 cm, estos son mayores a 0.50 m el cual de acuerdo con la metodología podemos afirmar que presenta un nivel de severidad alto. Muestra profundidades de aproximadamente 6.50 cm y obstaculización del drenaje por deslizamientos. Ver Figura 27.

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por bache (huecos) comúnmente se cuenta el número de baches de acuerdo con el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda una rehabilitación o reconstrucción mediante un bacheo profundo y un recapado más mezcla asfáltica en caliente el cual presenta una vida esperada de 4 a 6 años.

4.1.20. Progresiva: km 15 + 510

Deterioro / falla 2: Desintegración por Fisuras Longitudinales

- **Descripción:**

Se puede apreciar la presencia de agrietamientos paralelos al eje de la vía en una superficie de 7.60 m x 25.00 m. Las fisuras se ubican en el tramo en curva de la vía, íntegramente relacionadas a las solicitaciones de cargas y coincidentemente sobre la zona de ahuellamiento del tránsito. Ver Figura 28.



Figura 28. Fisuras Longitudinales – km 15+510

Fuente: Elaboración Propia

- **Causas probables del deterioro:**

- Fatiga de la capa asfáltica del pavimento producto de las solicitaciones de cargas, insuficiencia estructural y fallas de la zona inferior de la carpeta asfáltica.
- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.
- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
- Excesivo endurecimiento del bitumen producto de la contracción de la mezcla asfáltica.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar fisuras entre los 5 mm a 8 mm siendo mayores a 3 mm y de acuerdo con la metodología podemos afirmar que presenta un nivel de severidad alto. Ver Figura 28.

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por fisuras longitudinales se miden en metros lineales identificando el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda un sellado de la superficie con material bituminoso y agregado pétreo teniendo una vida esperada de 3 a 4 años.

Asimismo, otra alternativa es realizar un recapado con mezcla asfáltica en caliente sobre la superficie cubriendo de agregado pétreo toda el área afectada teniendo una vida esperada de 8 a 10 años.

4.1.21. Progresiva: km 15 + 720

a) **Deterioro / falla 6:** Peladura y Desprendimiento de Agregados

- **Descripción:**

El pavimento presenta en todo el ancho de la vía un desgaste periódico de la superficie de rodadura con presencia de material granular provocada por la pérdida de las propiedades ligantes del material bituminoso con los agregados. La falla corresponde a un daño superficial del asfaltado en un área de 7.60 m x 150.00 m, esta área se ve afectada por los deslizamientos de laderas y falta de vegetación sobre las colinas. Se puede apreciar la pérdida casi total de la carpeta de rodadura quedando expuesta la base. Ver Figura 29.

- **Causas probables del deterioro:**

- Mezcla asfáltica defectuosa o endurecida y pérdida de sus propiedades ligantes.

- Estancamiento e infiltración de agua en el paquete estructural, obstaculización del drenaje longitudinal, deslizamientos de laderas y acumulación de vegetación.
- Deficiente proceso constructivo y uso de agregados que tienen afinidad con el agua (hidrófilos), asimismo burbujas de aire atrapados en el revestimiento asfáltico y uso de agregados contaminados.

- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar un deterioro continuo con aparición de la base granular en un área de 7.60 m x 150.00 m, el cual presenta un nivel de severidad alto. Ver Figura 29.



Figura 29. Peladura y Desprendimiento de Agregados – km 15+720

Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por peladura y desprendimiento de agregados se miden en metros cuadrados (m^2) del área afectada y según su extensión se considera el nivel de severidad (bajo, medio o alto), además se verifica si hay presencia de agregados sueltos de las diferentes capas del pavimento flexible (paquete estructural).

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda lo siguiente:

- Realizar un bacheo superficial, reposición de la carpeta asfáltica o tratamiento superficial el cual presenta una vida esperada de 3 a 5 años.
- Mejoramiento del drenaje longitudinal, superficial y/o profundo presentando una vida espera variable según la región.

b) Deterioro / falla 7: Desintegración por Baches (Huecos)**• Descripción:**

El pavimento presenta un conjunto de baches que afectan la superficie en un área de 7.60 m x 150.00 m y depresiones máximas hasta 15.50 cm. La forma de los baches es redondeada con bordes agudos y lados verticales cerca a la zona superior de la falla los cuales constituyen a un daño superficial que interrumpe la continuidad del pavimento además de la obstaculización de la vía por deslizamientos de laderas y la evolución de la falla por peladura y desprendimiento de agregados. Ver Figura 30.

• Causas probables del deterioro:

- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.
- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
- Estancamiento de agua por inadecuado drenaje superficial y/o profundo, deslizamientos de laderas y presencia de abundante vegetación, etc.
- Debilitamiento de la carpeta de rodadura por presencia de humedad y lodo producto de los deslizamientos de laderas y estancamiento de agua.



Figura 30. Bache – km 15+720

Fuente: Elaboración Propia

• Niveles de gravedad del deterioro:

Se puede apreciar diámetros entre 0.50 m y 1.15 m, el cual representa un nivel de severidad alto. Muestra profundidades aproximadas de 15.50 cm que obstaculizan la circulación y presenta además un drenaje deficiente. Ver Figura 30.

- **Medición de las fallas:**

Las fallas por bache (huecos) comúnmente se cuenta el número de baches de acuerdo con el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.

- **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda una rehabilitación o reconstrucción mediante un bacheo profundo y un recapado más mezcla asfáltica en caliente el cual presenta una vida esperada de 4 a 6 años.

4.1.22. Progresiva: km 16 + 115

Deterioro / falla 7: Desintegración por Baches (Huecos)

- **Descripción:**

El pavimento presenta un conjunto de baches que afectan la superficie en un área de 7.60 m x 20.00 m y depresiones máximas hasta 10.00 cm. La forma de los baches es redondeada con bordes agudos y lados verticales cerca a la zona superior de la falla los cuales constituyen a un daño superficial que interrumpe la continuidad del pavimento. Ver Figura 31.

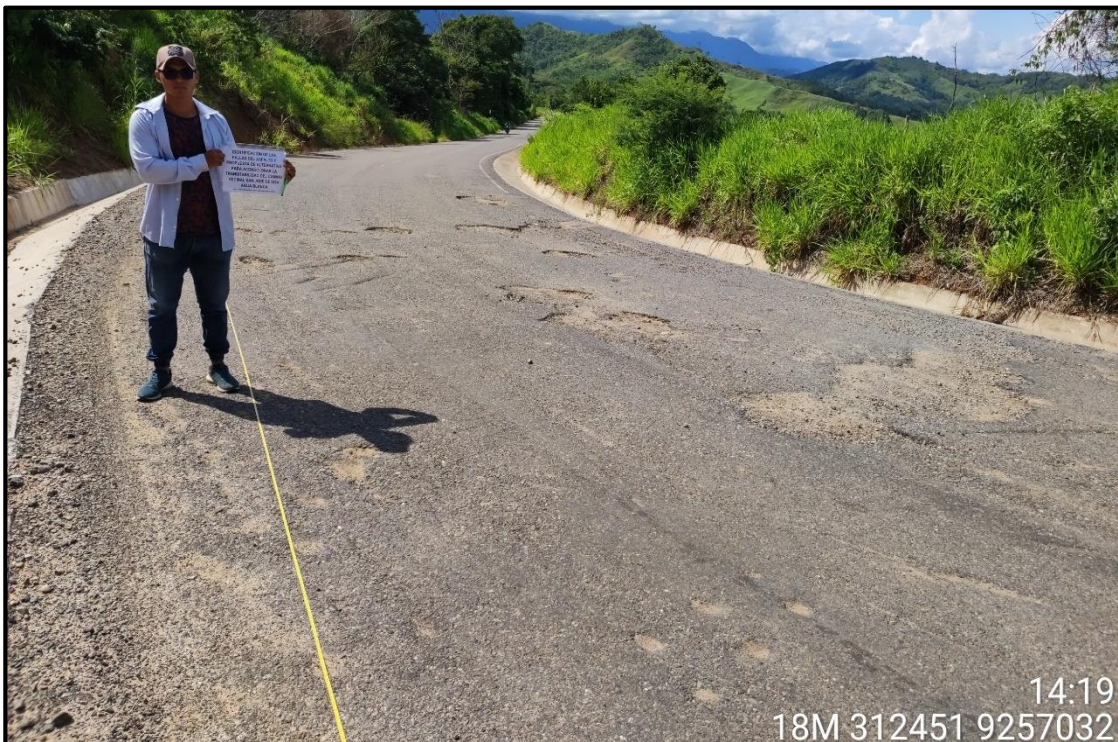


Figura 31. Bache – km 16+115

Fuente: Elaboración Propia

- **Causas probables del deterioro:**

- Mala subbase y falta de compactación de las bases granulares, así como el uso de mezcla pobre de materiales.

- Inapropiado diseño del paquete estructural y ejecución de la obra con técnicas no adecuadas.
 - Presencia de humedad por inadecuado drenaje superficial y/o profundo, etc.
 - Debilitamiento de la carpeta de rodadura por presencia de humedad u otros agentes como solvente o aceites que son perjudiciales para el asfalto.
- **Niveles de gravedad del deterioro:**

Se puede apreciar diámetros entre 0.50 m y 1.20 m, el cual representa un nivel de severidad alto. Muestra profundidades aproximadas de 10.00 cm que obstaculizan la circulación del usuario. Ver Figura 31.
 - **Medición de las fallas:**

Las fallas por bache (huecos) comúnmente se cuenta el número de baches de acuerdo con el nivel de severidad (bajo, medio o alto) que presenta la vía en el área afectada.
 - **Posibles medidas correctivas:**

Para un nivel de severidad alto se recomienda una rehabilitación o reconstrucción mediante un bacheo profundo y un recapado más mezcla asfáltica en caliente el cual presenta una vida esperada de 4 a 6 años.

4.2 Discusión de resultados

4.2.1. Identificación de las fallas del asfaltado

Una vez registrado todos los datos de campo, con su respectiva identificación, descripción, severidad y posibles soluciones de las fallas del asfaltado, se puede tener una idea del estado situacional del pavimento el cual afecta a la buena transitabilidad del tramo en estudio. Se presenta en la siguiente tabla un resumen de la identificación de las fallas:

Tabla 8*Identificación de las fallas en el camino vecinal San José de Sisa – Agua Blanca*

Progresiva	Código de Deterioro / Falla	Dimensiones del Deterioro/Falla				Severidad de la Falla
		Ancho	Largo	H (cm)	Diámetro	
Km 0+000	7	4.10 m	25.30 m	15.00	> 0.50 m	Alto
Km 1+200	7	0.80 m	1.00 m	4.50	0.90 m	Alto
Km 1+400	6	1.80 m	3.20 m	-	-	Alto
	7	3.80 m	2.40 m	8.50	3.10 m	Alto
Km 3+015	7	1.80 m	1.10 m	9.50	1.40 m	Alto
Km 3+040	6	1.20 m	15.00 m	-	-	Medio
Progresiva	Código de Deterioro / Falla	Dimensiones del Deterioro/Falla				Severidad de la Falla
		Ancho	Largo	H (cm)	Diámetro	
Km 5+305	7	0.90 m	1.00 m	6.00	0.95 m	Alto
Km 5+510	6	1.80 m	18.20 m	-	-	Alto
	7	7.60 m	25.40 m	15.00	> 0.50 m	Medio - Alto
Km 5+730	1	1.80 m	8.20 m	-	-	Medio - Alto
	3	1.80 m	9.60 m	11.50	-	Alto
Km 5+805	6	3.60 m	25.00 m	-	-	Bajo - Medio
Km 6+520	3	7.20 m	17.90 m	9.50	-	Alto
Km 7+015	5	3.20 m	11.40 m	8.50	-	Alto
Km 7+810	6	1.20 m	15.30 m	-	-	Bajo - Medio
Km 7+835	7	0.90 m	1.10 m	7.50	1.00 m	Alto
Km 8+000	7	2.60 m	2.45 m	8.20	1.40 m	Alto
Km 10+400	7	3.50 m	16.80 m	2.50	< 0.50 m	Bajo - Medio
Km 10+530	6	2.40 m	23.65 m	-	-	Alto
Km 14+610	7	1.00 m	1.00 m	8.50	1.00 m	Alto
Km 14+825	7	0.85 m	1.10 m	7.50	1.00 m	Alto
Km 15+305	7	3.80 m	35.20 m	11.50	> 0.50 m	Alto
Km 15+510	2	7.60 m	25.00 m	-	-	Alto
Km 15+720	6	7.60 m	150.00 m	-	-	Alto
	7	7.60 m	150.00 m	15.50	> 0.50 m	Alto
Km 16+115	7	7.60 m	20.00 m	10.00	> 0.50 m	Medio - Alto

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla 8 tenemos que:

- H: Altura de profundidad de la falla
- 1: Piel de cocodrilo
- 2: Fisuras longitudinales
- 3: Deformaciones por deficiencia estructural (Hundimiento)
- 4: Ahuellamiento
- 5: Reparaciones o parchados
- 6: Peladura y desprendimiento
- 7: Baches (Huecos)
- 8: Fisuras transversales
- 9: Exudación

De la tabla de resultados (Tabla 8) se logra determinar que el tramo en estudio San José de Sisa – Agua Blanca presenta una condición del asfaltado con gran variedad de fallas y diferentes grados de severidad, entre las cuales la mayoría de estas son baches (huecos) de diferentes diámetros y profundidad, luego le sigue las fallas por peladuras y desprendimiento, y con menor incidencia tenemos las fallas de deformaciones por deficiencia estructural, piel de cocodrilo, fisuras longitudinales y las reparaciones o parchados expresados en porcentajes en la siguiente imagen.

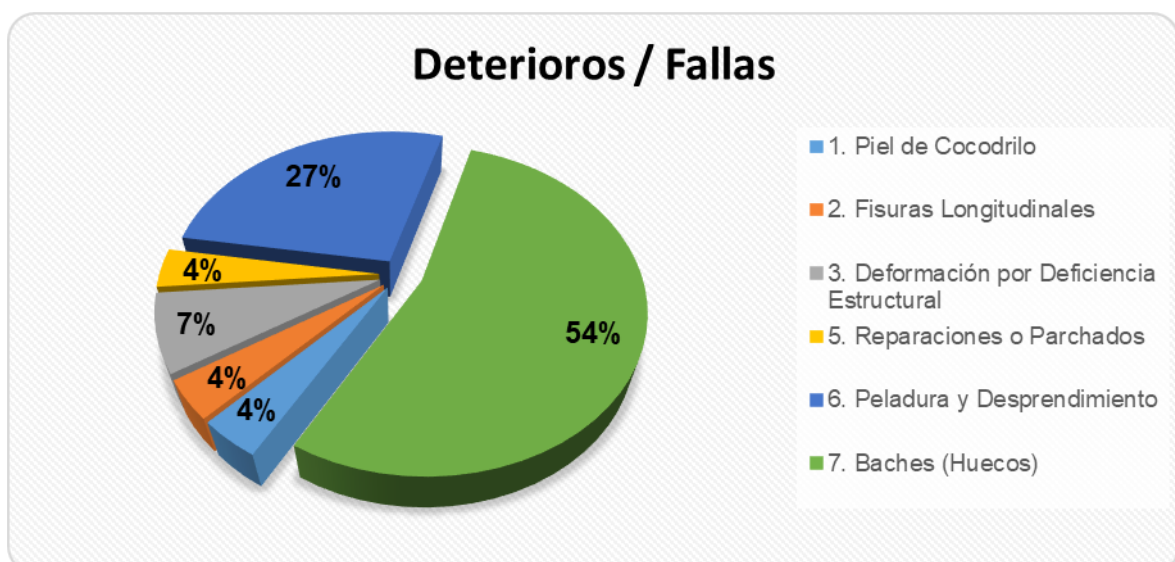


Figura 32. Deterioros / Fallas identificadas del tramo en estudio

Fuente: Elaboración Propia

Del gráfico se logra determinar que la falla con mayor incidencia viene a ser en primer lugar la falla 7 (Baches), tiene una presencia del 54% del total de las fallas en la vía, en segundo lugar tenemos la falla 6 (Peladura y Desprendimiento) con una presencia del 27% y en tercer lugar se presencia la falla 3 (Deformación por Deficiencia Estructural) con un total

del 7% del total de fallas encontrados, asimismo tenemos fallas con menos incidencia que son la falla 1 (Piel de Cocodrilo), falla 2 (Fisuras longitudinales) y falla 5 (Reparaciones o parchados) las cuales presentan cada una de ella el 4% del total de fallas encontradas en el camino vecinal San José de Sisa – Agua Blanca (18 km). Ver Figura 32.

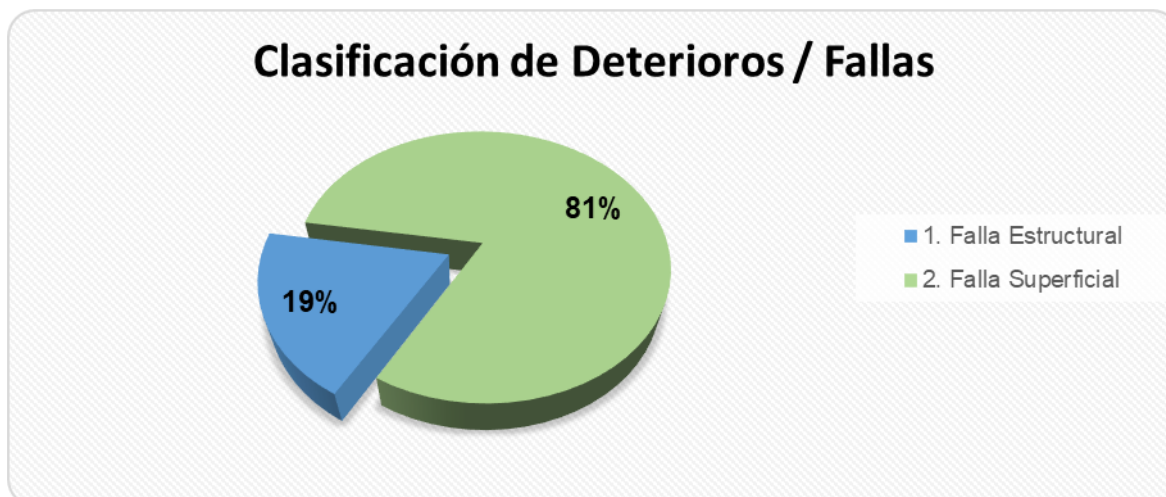


Figura 33. Clasificación de Deterioros / Fallas

Fuente: Elaboración Propia

Luego de analizar los resultados y clasificar los diferentes deterioros en dos grandes grupos conforme la metodología empleada, tenemos en primer lugar las fallas superficiales que son las más comunes y predominantes porque dentro del estudio realizado representan el 81% del total de fallas encontradas en la vía, asimismo tenemos las fallas estructurales el cual representa el 19% del total de fallas pero que tienen una gran importancia dentro de la vida útil del pavimento ya que para dar solución a este tipo de fallas se requiere de un mayor análisis y estudio de las mismas. Ver Figura 33.

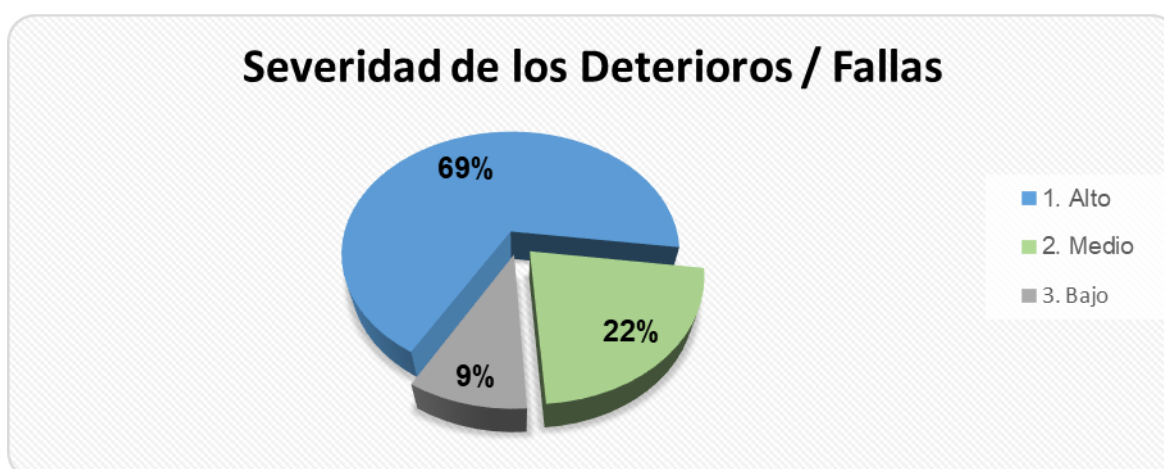


Figura 34. Nivel de Severidad de Deterioros / Fallas

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, en el siguiente gráfico se logra identificar los niveles de severidad que presentan las diferentes fallas a lo largo del recorrido del tramo en estudio, tenemos una predominancia de fallas con severidad alto con 69%, asimismo fallas de severidad media con 22% y de severidad con nivel bajo del 9%, lo que quiere decir que la vía en varios tramos requiere de reparaciones profundas para su rehabilitación y la mejora de la transitabilidad. Ver Figura 34.

4.2.2. Problemas de transitabilidad

En el tiempo de uso de las vías se ve reflejado el efecto natural de las lluvias, obstrucción de cunetas o la falta de las mismas, así como la colocación de alcantarillas en los puntos estratégicos el cual deterioran al camino vecinal en estudio.

Sin embargo, debido a la urgencia de mejorar la vida útil del pavimento se toman soluciones inmediatistas como el parchado o uso de material inadecuado de forma indiscriminada perdiendo así la urgencia de dar soluciones optimas y sobre todo de forma permanente, por lo que esa solución no es la que necesita y en lugar de mejorar la transitabilidad empeoran su deterioro.

El camino Vecinal San José de Sisa – Agua Blanca tiene la característica de mostrar situaciones de transitabilidad bajas, ocasionadas generalmente porque no presenta mantenimientos preventivos adecuados. Esta carretera se encuentra a nivel de asfalto en condiciones descuidadas. Respecto al estado de la carpeta de rodadura se percibe en su mayoría baches, peladura y desprendimiento de agregados, deformaciones por deficiencia estructural (hundimientos) y, asimismo, pero en menor medida presenta fallas por piel de cocodrilo, fisuras longitudinales y los famosos parchados, todo esto a causa de un sistema de drenaje inapropiado y de un insuficiente mantenimiento, por lo que no garantiza su duración en el tiempo y una buena transitabilidad.

4.2.3. Influencia de las fallas del asfaltado

Mejorar la condición del servicio de la vía es el fin que se pretende lograr con las soluciones que se recomendaron, permitiendo un tránsito regular durante un determinado periodo de tiempo. Una vez identificado la condición de la carpeta asfáltica mediante la aplicación del método MTC – Perú logramos determinar que la transitabilidad vehicular tiene una variación entre regular y malo por los diferentes niveles de severidad en que se encuentran las fallas que en su mayoría son de severidad alta.

Dichas fallas afectan al camino ya sea por ocurrencia de eventos naturales o deficientes procesos constructivos, estos tienen como consecuencia la interrupción total o parcial de

la transitabilidad, asimismo generan pérdidas materiales y humanas las cuales se ven obligadas a evaluar cada uno de los componentes de la vía y proponer soluciones permanentes para mitigar los daños y el impacto sobre las pérdidas económicas tanto en la rehabilitación del pavimento como de los usuarios que circulan por este tramo en estudio.

Las fallas identificadas en el tramo San José de Sisa – Agua Blanca influyen de la siguiente manera:

- Aumentan los costos de transitabilidad en la población debido a las soluciones momentáneas realizadas sobre las fallas presentes en la vía.
- Congestionamiento vehicular parcial o total sobre la vía pese al poco flujo presente, estas se ven empeorados en temporadas de lluvias y generan un mayor tiempo de recorrido haciendo que los pobladores no lleguen en el tiempo previsto a sus destinos.
- Disminución de la actividad económica por consecuencia del aumento de costos de transporte de los productos por el mal estado de la transitabilidad.
- Incremento de los accidentes de tránsito por los deterioros de severidad alta y en épocas de lluvias el deslizamiento de laderas que ponen en peligro a los usuarios y al mismo pavimento por presencia de humedad y agua estancada.

En tal sentido, teniendo la transitabilidad en dichas condiciones constituyen un grave peligro para la vida y salud de las personas asimismo como de los vehículos que circulan por la zona.

Dado que la congestión del tráfico asociado al crecimiento urbano desordenado y motorización avanzada perjudican la economía metropolitana, cabe señalar que el potencial de reducción de la pobreza es mayor cuando las comunidades están permanentemente conectadas entre sí y brindan servicios esenciales y adecuados para impulsar el desarrollo social y económico de las mismas.

CONCLUSIONES

1. El grado de influencia de las fallas encontradas en el asfalto son altas, puesto que la transitabilidad depende de la calidad en que se encuentre el pavimentado, fallas que necesitan una pronta intervención y dar solución permanente a dicho problema.
2. Se encontraron fallas en el asfalto tales como los baches que representan el 54% del total de las fallas, la falla tipo peladura y desprendimiento que representa el 27%, las deformaciones por deficiencia estructural que son hundimientos y representa el 7%, asimismo las fallas tipo piel de cocodrilo, fisuras longitudinales y las reparaciones o parchado que representan independientemente el 4% del total de fallas identificadas. Además, logramos observar un inadecuado drenaje y/o falta de mantenimiento de las mismas que producen fallas por la acumulación e infiltración de agua en el pavimento.
3. Las fallas mas significativas de los pavimentos son las fallas superficiales y estructurales, pero dentro del estudio realizado las fallas con mayor presencia son las de tipo superficial correspondiente al 81% del total de fallas encontradas en la vía, asimismo tenemos las fallas estructurales el cual representa el 19% del total de fallas pero que tienen una gran importancia dentro de la vida útil del pavimento ya que para dar solución a este tipo de fallas se requiere de un mayor análisis y estudio de las mismas.
4. Las fallas del asfaltado influyen inversamente proporcional a las magnitudes de la transitabilidad; es decir, cuanto mayor sean las fallas, menor será la transitabilidad que presentará el camino en estudio. Las fallas presentan en 69% severidad alta, 22% de severidad media y 9% de severidad baja, en tal sentido la transitabilidad frente a las fallas es regular ya que interrumpe la circulación y el confort de los usuarios.
5. Identificado las fallas del asfaltado y las distintas propuestas para solucionar la deficiente transitabilidad logramos soluciones permanentes disminuyendo de manera óptima el daño presente y poner en rehabilitación la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa – Agua Blanca.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados del análisis del comportamiento de las fallas superficiales y estructurales del camino vecinal San José de Sisa – Agua Blanca sobre la transitabilidad, utilizando la metodología del MTC – Perú, se recomienda tener un mayor énfasis en los mantenimientos viales, ya que estas vías son el pedestal de la integración social y económica con el resto de la región. Las fallas presentes no brindan seguridad y comodidad a los usuarios por lo cual se recomienda mejorar los niveles del servicio de las mismas.

Se recomienda evaluar las vías de forma más frecuente, determinando el grado de severidad de los deterioros y fallas con el fin de implementar soluciones optimas y permanentes que garanticen la vida útil de la estructura del pavimento y con ella la buena transitabilidad para los usuarios.

El diseño realizado en gabinete con ayuda de los estudios básicos debe de ser respetado al momento de ejecución de la obra, cumpliendo con las especificaciones técnicas vigentes en el país y desarrollando buenas prácticas como profesionales de ingeniería civil y como personas que aportan un grano al desarrollo de nuestra región.

Se recomienda diseñar y construir un drenaje superficial y/o profundo adecuado, así como realizar un apropiado diseño del paquete estructural para soportar las cargas solicitantes dentro de la vida útil proyectada de la vía.

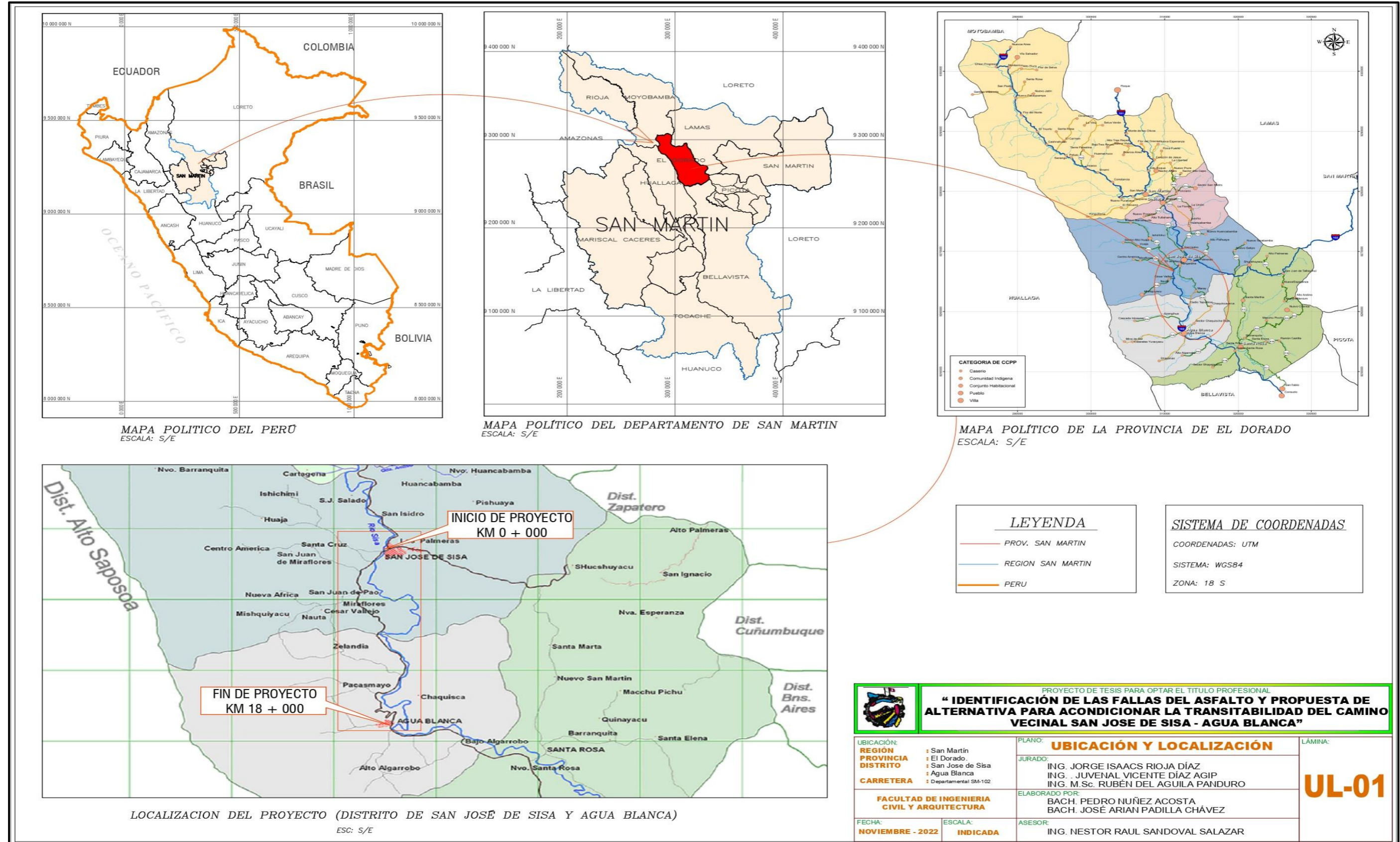
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

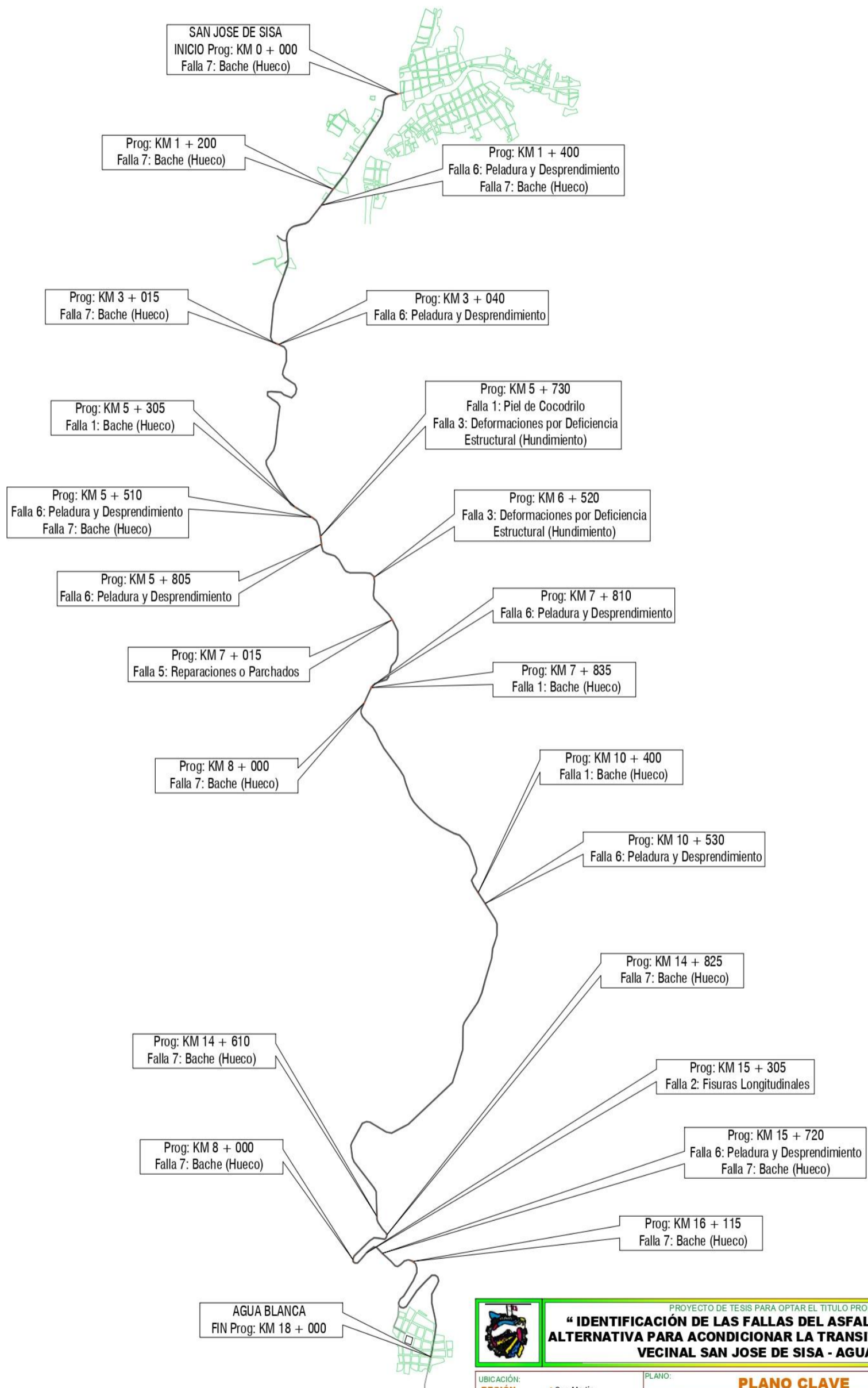
- ACHURY Figueroa**, Albeiro y Ramírez Reyes, Booris. Proceso constructivo pavimento en piedra pegada municipio de Sutatausa, Cundinamarca. Tesis de pre grado. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2015.
- BRANDIS García**, Dolores. Las imágenes del paisaje como valor cultural del patrimonio urbano. Guanajato: Editorial Universidad de Guanajato. 2010.
- CARRASCO-Osorio**, Arturo. Infraestructura vial nacional asociada a la competitividad. Tesis de maestría. Lima: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2014.
- CORONADO Iturbide**, Jorge. Manual centroamericano para el diseño de Pavimentos. Guatemala: Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2002.
- Comisión Nacional del Agua de México. El Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Coyoacan: secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- American Society for Testing and Materials (2004)**. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03). Estados Unidos. 81 pp.
- Aashto, A., (2004)**. Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys. American Society for Testing and Materials. Estados Unidos.
- Cardoso, S. y Fernández, M. (1999)**. Aplicaciones prácticas del Método PCI para el mantenimiento de pavimentos de aeropuertos. Lima, Perú.
- Gonzales S. y Ms. e Ing. Ordoñez A. (2006)**. Diseño moderno de pavimentos asfálticos. Hernández, (2011). Documentación de las Ciencias de la Información. Vol 34, 353. México.
- Hernández, Fernández, y Baptista, (2014)**. Metodología de la Investigación (Sexta; McGraw Hill, Ed.). México.
- Menéndez J. (2003)**. Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas, Lima, Perú. Organización Internacional del Trabajo (OIT).
- Obando, W. (Febrero de 2014)**. La conservación vial por niveles de servicio. Obtenido de https://www.academia.edu/6288437/LA_CONSERVACION_VIAL_POR_NI
- Rodríguez, E. (2009)**. Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla. Piura, Perú: Universidad de Piura. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil.

- Sánchez, C y Reyes, C. (2006).** Metodología y Diseño en la investigación científica. Editorial Visión Universitaria. Lima-Perú.
- U.S. Army Engineer Research and Development Center. (2001).** Manual Paver asphalt surfaced airfields Pavement Condition Index (PCI). Estados Unidos.
- Vásquez, L. (2002).** **Pavement Condition Index (PCI)** para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Primera edición. Colombia:
- Vivar, G. (1995).** Diseño y construcción de pavimentos. 2da Edición. Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Vásquez, L. (2002).** Manual INGEPAV-Ingeniería de Pavimentos”. El Índice de Condición del Pavimento (PCI).
- MTC – Perú.** Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Manual de Carreteras – Conservación Vial (2014). Volumen N° 1, N° 2 y N° 3.
- CONICIT (2019).** Manual de Normas de Bioseguridad y Riesgos Asociados Fondecyt obtenidos de: <https://www.conicyt.cl/pia/files/2019/10/MANUAL-DE-NORMAS-DE-BIOSEGURIDAD.pdf>
- Atarama Mondragón (2015).** Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo proes. Tesis de pre grado. Piura: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería.
- Dopedia (2013).** Pavimentos Flexibles – Materiales de Construcción II. Obtenidos de: <http://civilingeniero.blogspot.com/2013/10/pavimentos-flexibles.html>
- Edson Choque (2021).** Pavimentos. Vías PUCP. Obtenidos de: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/viaspucp/2021/04/07/pavimentos-rigidos-y-flexibles/>
- Quenta Juanillo (2020).** Evaluación de las fallas superficiales de la calzada, para determinar la serviciabilidad del pavimento de las vías del CPM la Natividad – Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Tacna – 2018. Tesis de pre grado. Tacna: Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería.
- Sánchez y Chire (2021).** Análisis del comportamiento estructural y funcional en el pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Litoral, tramo Av. Cristo Rey – Av. Tarapacá – Distrito de Tacna, 2020. Tesis de pre grado. Tacna: Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería.

ANEXOS

Anexo 1: PLANOS





CARRETERA SAN JOSE DE SISA – AGUA BLANCA

ESCA: 1/40 000

 <p style="text-align: center;">PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL “ IDENTIFICACIÓN DE LAS FALLAS DEL ASFALTO Y PROPUESTA DE ALTERNATIVA PARA ACONDICIONAR LA TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAN JOSE DE SISA - AGUA BLANCA”</p>		
UBICACIÓN: REGIÓN : San Martín PROVINCIA : El Dorado. DISTRITO : San Jose de Sisa AGUA BLANCA : Agua Blanca CARRETERA : Departamental SM-102	PLANO: <p style="text-align: center;">PLANO CLAVE</p> JURADO: ING. JORGE ISAACS RIOJA DÍAZ ING. JUVENAL VICENTE DÍAZ AGIP ING. M.Sc. RUBÉN DEL AGUILA PANDURO	LÁMINA: <p style="text-align: center;">PC-01</p>
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA	ELABORADO POR: BACH. PEDRO NUÑEZ ACOSTA BACH. JOSÉ ARIAN PADILLA CHÁVEZ	
FECHA: NOVIEMBRE - 2022	ESCALA: INDICADA	ASESOR: ING. NESTOR RAUL SANDOVAL SALAZAR

Identificación de las fallas del asfalto y propuesta de alternativa para acondicionar la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa - Agua Blanca

por Pedro Nuñez Acosta/ José Arian Padilla Chávez

Fecha de entrega: 14-feb-2023 09:40a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2014017115

Nombre del archivo: TESIS_PEDRO_NU_EZ_-_JOS_ARIAN_PADILLA_-_FIC.docx (23.75M)

Total de palabras: 20942

Total de caracteres: 111053

Identificación de las fallas del asfalto y propuesta de alternativa para acondicionar la transitabilidad del camino vecinal San José de Sisa - Agua Blanca

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

11%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

4

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Morgan Park High School

Trabajo del estudiante

1%

6

Submitted to Universidad Nacional de San Martín

Trabajo del estudiante

1%

7

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

8

Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú

<1%