

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas preventivas a realizar en una instalación con el fin de cumplir unos objetivos de disponibilidad, de fiabilidad y con el objetivo final de aumentar al máximo posible la vida útil de la instalación.

En Bolivia, la historia del mantenimiento y conservación de carreteras se inició con la creación del Servicio Cooperativo Boliviano Americano de Caminos, fundado en 1955.

El 3 de abril de 2000 se aprobó la Ley de Reactivación Económica, N° 2064, que estableció la nueva estructura del SNC como entidad autárquica, y estableció su competencia para que administre la Red Vial Fundamental, cumpliendo con la planificación, construcción, mejora, conservación, mantenimiento, rehabilitación y operación.

Posteriormente la Ley 3507 del 27 de octubre de 2006, confiere la responsabilidad de la planificación y gestión de la Red Vial Fundamental a la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC).

Una infraestructura vial es un aspecto fundamental para el mejoramiento de la transportación terrestre de un país. haciendo énfasis en la carretera Tramo Rancho Nortetranca Pajchani del departamento de Tarija, la mayor parte de su comercio se realiza por esta vía de tal manera es la ruta número 1 y también influye en factores importantes de la economía como lo es el turismo, ya que una carretera ayuda a facilitar la distribución de bienes y servicios para mejorar la calidad de la vida humana, es por esto que resulta importante el hecho de mantener la carretera en estado óptimo para brindar seguridad y calidad a todas aquellas personas que las utilicen .

El aporte teórico es una investigación desarrollada por un Ingeniero que propone obtener la información necesaria; la aplicación es crear un plan de mantenimiento, garantizando el buen estado de la infraestructura vial.; el beneficio se da para proporcionar la máxima seguridad a los usuarios de la vía con una buena relación costo-beneficio.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación hace referencia a una propuesta para definir la mejor opción de mantenimiento que se pueda aplicar en la vía Rancho Norte-tranca Pajchani, carretera de pavimento flexible; prolongando la vida útil de la carretera, evitando el deterioro prematuro de la capa de rodadura y, por tanto, inversiones inadecuadas para proceder con la rehabilitación o reconstrucción de la vía.

Uno de los aspectos más importantes del estudio constituye la evaluación de condiciones funcionales del pavimento flexible, especificando las fallas presentes, determinando los ensayos como el Índice de Condición del Pavimento (PCI), además del Índice de Rugosidad Interna (IRI), del nivel de servicio (serviciabilidad), coeficiente de resistencia al deslizamiento en el pavimento con péndulo Británico y la textura superficial del pavimento mediante ensayo del círculo de arena.

Conociendo la condición del pavimento, se determina que el mantenimiento preventivo es el procedimiento más acertado para prolongar la vida útil de la vía.

Finalmente, se establece el Presupuesto Referencial para el mantenimiento de la vía, basado en el análisis de precios unitarios de acuerdo a la zona y costos actualizados de los materiales, personal operacional y equipos.

Toda la información está apoyada con manual de carretera, norma ASTM E 303 AASHTO T278-90, ASTM E 965

1.3 DISEÑO TEÓRICO

1.3.1 Planteamiento del problema

1.3.1.1 Situación problémica

La siguiente investigación se sustenta porque hoy en día se puede observar que existe una deficiente gestión en el mantenimiento de las carreteras lo cual con lleva a su rápido deterioro, esto ocasionando fuertes trastornos para el transeúnte, mal aspecto para el turista que viene de visita a nuestro departamento, así también generando costos elevados en el mantenimiento y operación.

En los últimos años los recursos económicos destinados por el estado para este fin han ido en descenso, y a falta de un plan de mantenimiento adecuado, esto ha ocasionado que se deterioren de forma evidente las principales carreteras del departamento de Tarija la cual nos une con otros departamentos, lo que ha causado que al final se tenga que invertir más dinero en el momento en que se ha decidido realizar las reparaciones correspondientes.

La falta de mantenimiento puede ocasionar el deterioro rápido de los elementos de una carretera

Este proyecto se fortifica porque en nuestro medio se puede observar que existe una deficiente gestión en el mantenimiento, los trabajos de mantenimiento vial son nacionales proceden y finalizan todos al mismo tiempo, salvo emergencias que contratan cualquier instante .

1.3.1.2 Delimitación temporal

Se debe realizar un diagnóstico del estado actual de la infraestructura vial, se debe realizar una evaluación superficial con los ensayos respectivos.

Delimitación espacial

Se debe realizar una revisión bibliográfica de aquellos artículos, libros, tesis que se relacionen con la conservación y mantenimiento de carreteras para de esta manera tener una base para abundar acerca de esta temática, Se recopilará de igual manera, información a través de las instituciones encargadas acerca del plan de mantenimiento que se utiliza para infraestructuras viales, y de los recursos que se destinan para este propósito, haciendo énfasis en la Carretera Tramo Rancho Norte-tranca Pajchani.

realizar una investigación sobre los factores económicos e institucionales que influyen de manera significativa en la conservación y mantenimiento.

1.3.1.3 Formulación del problema

¿De qué manera se debe crear un plan de mantenimiento y prevención, para su mejor uso de transitabilidad del tramo Rancho norte-tranca de Pajchani?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un plan de mantenimiento y prevención, considerando un diagnóstico adecuado; con la finalidad de poder conservar la carretera del tramo Rancho norte –Tranca Pajchani.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar una investigación de conceptos, principios de mantenimiento.
- Identificar las variables más sensibles que pueden causar disfuncionalidad en el nivel de servicio.
- Efectuar una evaluación superficial de la infraestructura vial con los ensayos respectivos como el del Índice de Rugosidad Interna (IRI), del nivel de servicio (PCI), coeficiente de resistencia al deslizamiento en el pavimento con péndulo británico y la textura superficial del pavimento mediante ensayo del círculo de arena.
- Ejecutar un diagnóstico del estado actual de la carretera.
- Realizar planilla de un plan de mantenimiento para la infraestructura vial.

1.5 HIPÓTESIS

1.5.1 Formulación de la hipótesis

Si, se realiza una evaluación optimizada, con los respectivos ensayos adecuados de la infraestructura , se podrá tener un diagnóstico establecido de la infraestructura para posterior a ello realizar un inventario del plan de mantenimiento y prevención que podrá ser aplicada por las entidades que tienen bajo su responsabilidad la verificación, seguimiento y monitoreo de la conservación vial.

Se optimizará las actividades de mantenimiento y prevención, se logrará implementar esta metodología para mejorar la intervención de otras carreteras fundamentales.

1.6 OPERACIONES DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES

1.6.1. Conceptualización y operacionalización de variables

- **Variable independiente:** Plan de mantenimiento y prevención.

Tabla 1.1 Conceptualización

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicador	Valor/acción
Plan de mantenimiento y prevención.	Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas preventivas a realizar en una instalación con el fin de cumplir unos objetivos de disponibilidad.	Longitud del tramo.	Metros (m)	Mediante equipos adecuados.
		seguridad de financiación.	Bs.	realización de presupuestos unitarios del material que se usara.
		Factor normativo.	adimensional	Por normas.

Fuente: Elaboración propia

1.7 DISEÑO METODOLÓGICO

1.7.1 Determinación del alcance de la investigación

Realizar un diagnóstico del estado actual del tramo Rancho norte-tranca de Pajchani, aportando así, mediante el diseño de un plan de mantenimiento, a la resolución de la problemática que tiene en la actualidad el departamento en la conservación vial esto se hará mediante la recopilación de datos provenientes de la institución encargada como es

la Administradora Boliviana de Carretera, para obtener la información que permita la realización de este trabajo.

Servir como punto de partida para la creación de un manual de conservación de carreteras elaborado por la institución encargada.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 MANTENIMIENTO

El mantenimiento puede definirse como el “Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que las infraestructuras, puedan seguir funcionando adecuadamente”.

El mantenimiento se divide en dos grandes ramas, que son el preventivo (periódico) y el correctivo (rutinario), es bueno tener en cuenta que a pesar de que estas dos son las clasificaciones principales cuando hablamos de gestión de mantenimiento el seguimiento y la inspección también son muy importantes. 5 Ezama L. (2015). *Gestión del mantenimiento en edificación*. España: COAATIE ALBACETE.

2.1.1 Mantenimiento rutinario

Actividades que requieren ser ejecutadas una o más veces por año en una sección de la carretera. Por lo general se refieren a reparaciones localizadas de pequeños defectos en la calzada y el pavimento, pero muy dispersas. Las necesidades de estas actividades pueden hasta cierto grado, ser estimadas y planificadas. 1.- Administradora boliviana de carreteras, (2011), *Manual de diseño de conservación vial*, volumen V, Bolivia.

2.1.1.1 Entorno de la vía

- **Rocería y limpieza:** El propósito del despeje de la vegetación herbácea y arbustos es mantener limpia la zona lateral de la vía, de tal manera de poder conservar la distancia de visibilidad.
- **Remoción de derrumbes:** Como actividad de mantenimiento rutinario, el propósito es retirar volúmenes reducidos de materiales provenientes del desplazamiento de taludes o de laderas naturales que se hayan depositado sobre la vía y que puedan constituir un obstáculo para la operación normal de ésta.

2.1.2 Mantenimiento periódico

Esta expresión puede inducir a equívocos, porque todas las actividades de conservación son periódicas, es decir, deben ser repetidas cada cierto tiempo. No obstante, esta denominación se aplica generalmente a intervenciones que se requieren en períodos mayores de un año, para mantener la vía en un nivel de servicio de bueno a regular. Se trata normalmente de operaciones como sellos, reciclados y recapados de pavimentos

(incluyendo los refuerzos necesarios para aumentar el período de servicio en buenas condiciones) o la reposición de la capa de grava en caminos no pavimentados. Suele llamarse preventiva, porque precisamente previene la aparición de daños mayores.

- **Bacheo:** El Bacheo es una falla muy común en los pavimentos flexibles, como definición practica podemos decir que es la perdida de la carpeta en un lugar puntual de la superficie de rodamiento, motivado por diferentes factores principalmente relacionados con la calidad de la capa subyacente, la filtración de agua o el progreso de la falla piel de cocodrilo.
- **Lechada asfáltica:** Es la combinación de un agregado denso con emulsión asfáltica, agua, filler mineral y aditivos (si son necesarios) la cual es aplicada en una fina capa para recubrir y proteger el pavimento. Es una mezcla rica en asfalto la cual se puede aplicar en ruta nacionales, calles urbanas, aeropuertos, áreas de estacionamiento, caminos laterales, etc. Su espesor típico se encuentra entre 3 y 14 mm.
- **Sello granular:** Un sello granular consiste en la aplicación de asfalto seguida por la aplicación de agregados y posteriormente el compactado.

2.1.2.1 Tratamientos superficiales

- **Tratamiento superficial simple:** Es una aplicación de asfaltos recubierta con agregados generalmente de tamaño nominal 10 a 25 mm. También puede ser arena de grano uniforme. Este tipo de tratamiento no aporta estructura al pavimento y solo lo protege, otorgándole gran resistencia a la acción abrasiva del tránsito, a la vez que lo impermeabilizan.
- **Tratamiento superficial doble o múltiple:** Consiste en dos o más aplicaciones de emulsión asfáltica alternadas con aplicaciones de agregados pétreos de diferentes tamaños, alcanzando hasta 25 mm de espesor. Pueden efectuarse sobre pavimentos asfálticos existentes o sobre una base granular estabilizada.
- **Riego de neblina:** Es un riego sobre una capa asfáltica de rodado o tratamiento superficial, para sellar pequeñas fisuras y poros, mejorar la retención de los áridos y uniformizar el color superficial.

2.1.3 Mantenimiento de emergencias

Son arreglos que se ejecutan cuando el camino está en mal estado o incluso intransitable, como consecuencia del descuido prolongado o de un desastre natural, por no disponerse de los recursos necesarios para reconstruirlo, que es lo que corresponde hacer.

2.2 PLAN DE MANTENIMIENTO Y PREVENCIÓN

Plan de Mantenimiento es el documento que define el conjunto de tareas que es preciso identificar en la fase del proyecto para asegurar un mantenimiento adecuado que garantice la vida útil de la estructura. Se tiende por vida útil de la estructura (también se conoce como "periodo de servicio") el periodo de tiempo, a partir de la fecha en la que finaliza su ejecución durante el tiempo que debe mantenerse el cumplimiento de las exigencias de seguridad estructural, comportamiento en servicio y funcionalidad, así como seguridad de los usuarios, es decir, las prestaciones se mantienen por encima de ciertos umbrales de aceptación. Durante ese período la estructura requerirá una conservación normal que no implique operaciones de rehabilitación. 4 Alvin A. (2017) *Diseño de un plan de mantenimiento para infraestructuras viales en la Republica Dominicana*. España.

En el caso de las carreteras, los procesos de deterioro físico implican un fallo o mal funcionamiento de la red vial. La calidad del asfalto disminuye de forma progresiva hasta que pasa un nivel mínimo aceptable. Esto conduce a que se describa el proceso de deterioro con suficiente detalle y que se establezca la norma para la calidad de asfalto que se considera aceptable en cada caso.

- **Prevención :** Seguridad vial es un concepto asociado a la prevención de accidentes de tráfico con el objetivo de proteger la vida de las personas. La idea de seguridad refiere a aquello que está exento de peligro, daño o riesgo. Por su parte, el segundo vocablo que da forma al término, vial, también tiene su origen etimológico en el latín. Más exactamente procede de la palabra vialis que puede traducirse como “relativo a la vía”. 12 <https://definicion.de/seguridad-vial>.

2.2.1 Aspectos relevantes del plan de mantenimiento

Un plan de mantenimiento es una pieza que forma parte del rompecabezas de un sistema de gestión de conservación vial.

2.2.1.1 Factores económicos

La parte más importante de cualquier plan de mantenimiento es el presupuesto, ya que resulta necesario saber cuánto costará de forma inicial el implementar este plan a cualquier parte de la red vial.

Al ser las carreteras infraestructuras costosas de construir debe de hacerse con criterio la elaboración de un plan que se ajuste a las necesidades de la red vial para la cual se está elaborando. Gestionar en forma adecuada la infraestructura vial implica conocer su extensión, saber cómo evoluciona su condición, conocer las inversiones (costos de construcción) y gastos de operación y mantenimiento que se realizan en dicha infraestructura, planificar el desarrollo de la misma mediante programas de inversión y mantenimiento elaborados en función a una política preestablecida y los recursos disponibles y, finalmente, administrar en forma eficiente los recursos obtenidos. 1.- Administradora boliviana de carreteras, (2011), *Manual de diseño de conservación vial*, volumen V, Bolivia.

2.2.1.2 Aspectos institucionales

En Bolivia, la historia del mantenimiento y conservación de carreteras se inició con la creación del Servicio Cooperativo Boliviano Americano de Caminos, fundado en 1955. El Servicio Nacional de Caminos se creó el 5 de octubre de 1961, inicialmente tenía bajo su responsabilidad la construcción, mantenimiento y administración de toda la red de carreteras de Bolivia; posteriormente la responsabilidad estaba dividida con las Prefecturas de Departamento y los Gobiernos Municipales (Ley de Descentralización Administrativa N° 1654, julio de 1995). En cumplimiento de esta Ley, por entonces las 10 oficinas regionales del Servicio Nacional de Caminos (SNC), junto a su planta de recursos humanos, equipo e infraestructura, pasaron a depender de las Prefecturas Departamentales. El Decreto Supremo 28946 del 30 de noviembre de 2006, establece como misión institucional de la ABC la integración nacional mediante la planificación y la gestión de la Red Vial Fundamental, las cuales comprenden las siguientes actividades: planificación, administración, estudios y diseños, construcción, mantenimiento, conservación y operación de la Red Vial Fundamental y sus accesos. 1.- Administradora boliviana de carreteras, (2011), *Manual de diseño de conservación vial*, volumen V, Bolivia.

2.2.1.3 Normas

Para que un plan de mantenimiento y prevención cumpla con sus objetivos es necesario que el sistema de gestión de conservación sobre el cual se basa este plan especifique las normas apropiadas.

A pesar de que existen múltiples normas internacionales para el mantenimiento de carreteras, Bolivia para todo lo concerniente a las infraestructuras viales se basa en las normas AASHTO y ASTM, estableciendo para casos particulares normas propias adaptándose a las condiciones técnico-económicas del país, como ser el manual de conservación vial.

Las Normas de Conservación Vial están organizadas para las actividades de conservación más comunes de las vías pavimentadas y de las vías no pavimentadas, especificando las actividades propias del tipo de vía, según el caso.

2.2.1.4 Consideración del tráfico

Los recursos empleados para la construcción y el mantenimiento de carreteras tienen una relación con el tipo y cantidad de vehículos que transitan sobre ellas.

Al momento de realizar un plan de mantenimiento es importante tomar en cuenta la fluidez del tráfico cuando se esté realizando cualquier tipo de trabajo sobre la carretera.

2.2.2 Aspectos relevantes de prevención

2.2.2.1 Señalización

Las señales deben transmitir información de forma segura al usuario de la vía advirtiéndolo de forma oportuna cualquier peligro existente en la carretera, evitando así cualquier posible accidente. La señalización vertical debe conservar todos sus elementos en buen estado estructural, sin evidencia de elementos oxidados, bien localizados e instalados. Cualquier leyenda o símbolo de la carretera no debe contener ningún tipo de elementos extraños que dificulten su interpretación o lectura.

2.2.2.2 Drenaje

El drenaje de una red vial debe cumplir con los requisitos técnicos para que las obras hidráulicas actúen con la finalidad para la que fueron construidas, con esto se garantiza que el deterioro de la carretera por los efectos del agua no se produzca o sea mínimo. Los sumideros, canales de desagüe, cunetas entre otros, deben estar libres de elementos que puedan alterar su funcionamiento normal.

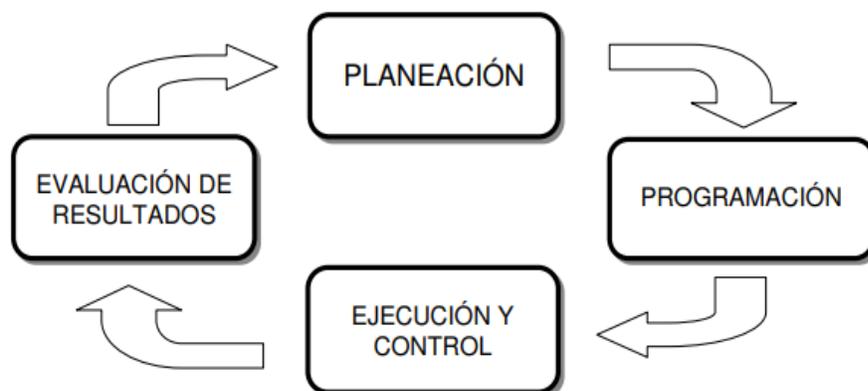
2.2.2.3 Limpieza

La limpieza es un aspecto fundamental en la carretera ya que tiene resultados notables sobre la apariencia de la misma, a pesar de que no es un aspecto estructural de la vía, puede influir en el nivel de comodidad del conductor al transitar por la carretera. 4 Alvin A. (2017) *Diseño de un plan de mantenimiento para infraestructuras viales en la Republica Dominicana*. España

2.3 SISTEMA DE GESTIÓN

Debe considerarse que un Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP), como todo sistema, está fundamentado en un ciclo que comprende las etapas siguientes:

Figura 2.1 Fases del sistema de gestión



Fuente : ABC (2011), manual de carretera volumen V

2.3.1 Planeación

Comprende las etapas de adquisición de información, evaluación de deficiencias de la red, asignación de prioridades, cálculo de costos y programación para realizar los trabajos necesarios. En esta fase se toman las decisiones de inversión, reconociendo las restricciones de presupuesto.

2.3.2 Programación

Determinación de que sectores de la red o proyectos que podrán ser intervenidos con los recursos disponibles en el siguiente periodo presupuestario.

2.3.3 Ejecución y Control

Comprende la ejecución de tareas referidas al desarrollo de un programa de trabajo de conservación en función a los presupuestos disponibles, que además puede considerar alternativas de diseño y construcción.

2.3.4 Evaluación de Resultados/Retroalimentación

Se establece una medición periódica de factores funcionales y estructurales. 1.- Administradora boliviana de carreteras, (2011), *Manual de diseño de conservación vial*, volumen V, Bolivia.

2.4 PAVIMENTO

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. 13 <https://www.arqhys.com/contenidos/pavimento-concepto.html>

2.4.1 Pavimento flexible

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

Figura 2.2 Estructuras típicas de pavimento flexible



Fuente: Angie Ortiz (2017) Instructivo del proceso constructivo de una vía en pavimento flexible.

2.4.2 Funciones de las capas de un pavimento

- **La subbase granular:** La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidos a un nivel

adecuado a la subrasante. En muchos casos la subbase debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.

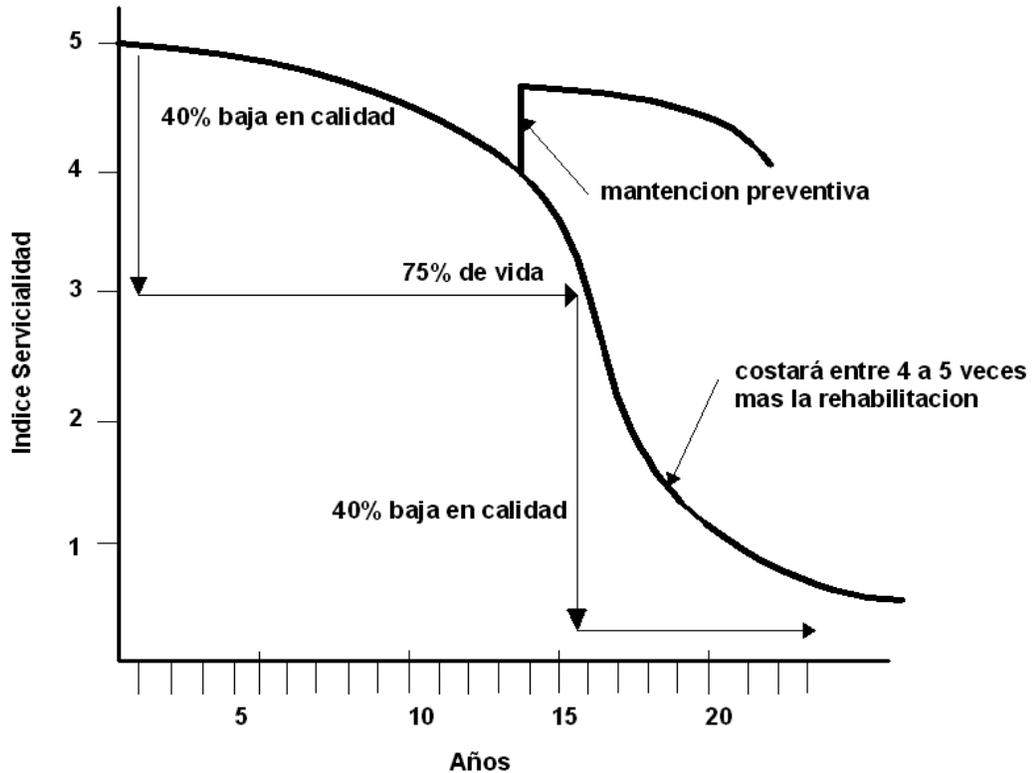
- **La base granular:** La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase ya la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad Funciones de las capas de un pavimento rígido apropiada.
- **Carpeta:** La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito. Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.
Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.

16 Montejó Alfonso (2006). *Ingeniería de pavimentos* 3ª Edición .Bogotá

2.4.3 Serviciabilidad Funcional

La serviciabilidad funcional del pavimento interpreta la percepción de la calidad de la superficie de rodadura que experimenta el usuario. Par lo tanto, se relaciona fundamentalmente con la rugosidad o, más exactamente, con la regularidad que presenta la superficie y que, en una carretera bien diseñada, es el principal factor que define el nivel de la serviciabilidad funcional que presta. 1.- Administradora boliviana de carreteras, (2011), *Manual de diseño de conservación vial*, volumen V, Bolivia.

Figura 2.3 Índice de serviciabilidad para carretera pavimentada



Fuente: ABC (2011). *Manual de carretera*, volumen V.

2.5 MÉTODO DE EVALUACIÓN PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la tabla 2.1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Los daños o fallas se identificarán, teniendo en cuenta su clase, severidad y extensión de los mismos.

- a) La clase, está relacionada con el tipo de degradación que se presenta en la superficie de un pavimento entre las que tenemos piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, abultamientos, entre otros, cada uno de ellos se describe en el manual de daños de la evaluación de la condición de pavimentos.

b) La severidad, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección. De esta manera, se deberá valorar la calidad del viaje, o sea, la percepción que tiene el usuario al transitar en un vehículo a velocidad normal; es así que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito:

- Bajo (L: Low) = Se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad.
- Medio (M: Medium) = Las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad.
- Alto (H: High) = Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad.

El último factor que se debe considerar para calificar un pavimento es la extensión, que se refiere al área o longitud que se encuentra afectada por cada tipo de deterioro, en el caso de la evaluación de pavimentos de hormigón, la calificación de la extensión estará representada por el número de veces que se repita dicha falla en una losa o varias losas.

Tabla 2.1 Niveles de clasificación del pavimento según el PCI

Rango	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25_10	Muy malo
10-0	Fallado

Fuente: ABC (2011). *Manual de carretera*, volumen V.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima. 1.- Administradora boliviana de carreteras, (2011), *Manual de diseño de conservación vial*, volumen V, Bolivia.

2.5.1 Tipo de superficie del pavimento que se inspecciona.

Pavimentos asfálticos

- 1.- Piel de cocodrilo.
- 2.- Exudación.
- 3.- Grietas de contracción (bloque)
- 4.- Elevaciones-hundimiento.
- 5.- Corrugaciones.
- 6.- Depresiones.
- 7.- Grietas de borde.
- 8.- Grietas de reflexión de juntas.
- 9.- Desnivel calzada-hombriillo.
- 10.- Grietas longitudinales y transversales.
- 11.- Baches y zanjas reparadas.
- 12.- Agregados pulidos.
- 13.- Huecos.
- 14.- Cruce de vía férrea .
- 15.- Ahuellamiento.
- 16.- Desplazamiento.
- 17.- Grietas parabólica.
- 18.- Hinchamiento.
- 19.- Disgregación y desintegración.

2.5.2 Evaluación de la Condición:

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

a) Equipo

- Cinta métrica para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

b) Procedimiento.

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el manual de daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

c) El equipo de inspección.

Deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

2.5.3 Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “valores deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

2.5.3.1 Cálculo para Carreteras con capa de rodadura Asfáltica

Etapas 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

1. a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.

1. b. Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

1. c. Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “valor deducido del daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

Etapa 2. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)

2. a. Si ninguno ó tan sólo uno de los “valores deducidos” es mayor que 2, se usa el “valor deducido total” en lugar del mayor “valor deducido corregido”, CDV, obtenido en la etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c

2. b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

2. c. Determine el “número máximo admisible de valores deducidos” (m), utilizando la siguiente ecuación :

$$m_i = 1,00 + \frac{9}{98} * (100 - HDV_i)$$

Donde:

Mi = Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.

HDVi = El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

2. d. El número de valores individuales deducidos se reduce a m, inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Etapa 3. Cálculo del “máximo valor deducido corregido”, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

3. a. Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.

3. b. Determine el “valor deducido total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.

3. c. Determine el CDV con q y el “valor deducido total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

3. d. Reduzca a 2.0 el menor de los “valores deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.

3. e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Etapas 3 y 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3

$$\text{PCI} = 100 - \text{Máximo CDV}$$

Donde:

PCI= Índice de condición del pavimento.

Máximo CDV= Máximo valor corregido deducido.

El PCI promedio, resulta ser el promedio de todos los PCI de cada unidad de muestra.

15 Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez V.(2002), *Pavement condition index PCI*. Manizales

2.6 CLASIFICACIÓN DE SERVICIABILIDAD (PSR)

En el procedimiento de diseño AASHTO, la serviciabilidad está calificada en términos de Clasificación de Serviciabilidad Presente (PSR=Present Serviceability Rating). Para determinarla, un grupo de individuos circula sobre el pavimento y lo califica de 0 a 5. En la siguiente tabla están indicados los niveles de serviciabilidad.

Tabla 2.2 Niveles de serviciabilidad

PSR	Condición
0-1	Muy pobre
1-2	Pobre
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Fuente: Diseño de pavimento (AASHTO -93)

2.6.1. Determinación de la muestra

Se calculó el tamaño de la muestra teniendo en cuenta que se evaluará a una población finita con un nivel de confianza del 95%, un error máximo aceptado del 5 % y una probabilidad de que ocurra como de que no ocurra el evento estudiado de un 50 y 50, con la siguiente formula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n= Tamaño de muestra para la investigación

N= Tamaño de población o Universo

Z= Parámetro estadístico asociado a un nivel de confianza

e= Error de estimación máximo aceptado

p= Probabilidad de que ocurra el evento estudiado

q= (1- p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

2.6.2 Diseño de la encuesta

La encuesta se encuentra estructurada por 8 preguntas cerradas. En la cual sus primeras 4 preguntas se refieren a la variable movilidad, las 2 siguientes a la variable seguridad y los 2 restantes a la variable comodidad. Estas encuestas serán anónimas con el fin de que el usuario se sienta cómodo de participar y expresar libremente su opinión sobre estas vías.

Tabla 2.3 Variables y subvariables evaluadas

Variable	Subvariable
Movilidad	Congestionamiento vehicular
	Acceso áreas de servicio
	Capacidad de servicio
	Geometría
Seguridad	Accidentalidad

	Señalización
Comodidad	Sensación de manejo
	Percepción visual

Fuente: Rodríguez Andrés (2009)

- **Movilidad:** Se refiere al conjunto de desplazamientos de personas o mercancías que se producen en un entorno físico.
- **Seguridad:** Es el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito, a fin de usar correctamente la vía pública y así prevenir los accidentes de tránsito.
- **Comodidad:** Se refiere el confort de la persona al transitar sobre una vía en específico, la comodidad tiene en cuenta tanto la sensación al movilizarse sobre la vía, como la percepción visual que se tiene de ella. 23 Silva S., Montiel, & Mendoza L., (2002). *Nivel de Satisfacción del Usuario de las Carreteras*, Método Delphi. Tesis de pregrado. Universidad de Guanajuato. México

2.7 ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL (IFI)

El índice de Fricción Internacional (IFI) es como un indicador que define el estado de una carretera en términos de la fricción y de la textura.

Las características de resistencia al deslizamiento de un pavimento, se puede definir considerando que la adherencia superficial está determinada por dos tipos de condiciones: microtextura y la macrotextura.

- **Microtextura :** Característica propia del árido expuesto sobre la superficie de los pavimentos, afecta el nivel de fricción en el área de contacto entre el neumático y el pavimento, ya que entre más áspera sea la superficie menos tiempo le tomaría al automóvil de cierta velocidad inicial llegar a 0, factor que se refleja en un mayor gasto en el neumático. Presenta una longitud de onda de 0-0,5 mm y una amplitud de 0,01-0,5 mm.
- **Macrotextura:** Depende del tamaño máximo de los agregados y de la composición de la mezcla, riego o lechada asfáltica o del tratamiento de superficie dado a la capa

de concreto. Presenta una longitud de onda de 0,5-50 mm y una amplitud de 0,01-20 mm.

2.7.1 Péndulo Británico

Este método describe el procedimiento que se debe seguir para la realización de medidas de resistencia al deslizamiento con el péndulo Británico. El péndulo Británico es un péndulo dinámico que se utiliza para medir la energía perdida cuando el borde de un patín de goma se desliza sobre una superficie.

2.7.1.1 Equipo y materiales

- **Péndulo del TRRL:** El péndulo propiamente cuenta con zapata y su placa soporte. Su centro de gravedad estará situado en el eje del brazo.
- **Dispositivo de nivelación:** El dispositivo de nivelación será del tipo tornillo , acoplado en cada uno de los tres puntos de apoyo del aparato, con un nivel de burbuja para situar la columna del instrumento en posición vertical.
- **Dispositivo de desplazamiento vertical:** Un dispositivo que permita mover verticalmente el eje de suspensión del péndulo de manera que la zapata mantenga contacto con la superficie a ensayar en una longitud, Un sistema de fricción del mecanismo de suspensión de la aguja que será regulable mediante los anillos de fricción roscados de manera tal que, con el brazo del péndulo moviéndose libremente desde su horizontal, la aguja sea arrastrada por la oscilación del brazo hasta un punto situado a 10 mm por debajo de la horizontal que pasa por el centro de oscilación, punto cero de la escala de medida.

Figura 2.4 Péndulo Británico



- 1.- Escala
- 2.- Aguja marcadora
- 3.- Brazo del péndulo
- 4.- Patín deslizante
- 5.- Tornillo de Nivelación
- 6.- Probeta
- 7.- Indicador de nivel de burbuja
- 8.- Tornillo de ajuste vertical

Fuente: Elaboración propia

Material Auxiliar

- Regla graduada.
- Termómetro Un termómetro con graduación en grados Celsius y escala de - 10 a + 60 °C.
- Recipientes para agua
- Cinta métrica
- Caja de herramientas

Procedimiento

- Se debe seleccionar el lugar , luego se procede a posicionar el equipo en forma longitudinal al camino, nivelándolo gracias a los tornillos que posee en sus tres apoyos guiándose por la burbuja que el equipo tiene.
- Posteriormente se debe limpiar la superficie sobre la cual pasará la zapata. En este instante se debe colocar la galga bajo la palanca de elevación, para mover el brazo en forma vertical de modo que roce ligeramente la superficie a auscultar. De este modo se retira la galga con lo que el brazo quedará presionando la superficie con

cierta fuerza. Ahora se debe colocar la regla a modo de corroborar que al mover ligeramente hacia un lado y otro de la posición vertical del brazo, de tal forma que la zapata tome contacto por un borde y el otro a cada lado de las marcas de la regla graduada.

- Una vez realizados los procedimientos anteriores se debe llevar el brazo a la posición horizontal y listo para obturarlo. Luego se moja la superficie que barrerá la zapata con abundante agua. Luego se obtura el botón de accionamiento y se suelta el brazo libremente.
- Se debe registrar la temperatura del pavimento
- La aguja indicará el valor obtenido en el ensayo la que debe ser registrada.
- Se realizarán 5 mediciones en cada punto
- Debe tenerse en cuenta que no se deben realizar mediciones con este equipo en presencia de lluvia debido a que es posible que los tornillos de calibración del “0” se mojen, imposibilitando al equipo poder calibrarlo y obteniéndose lecturas erróneas al realizar mediciones en estas condiciones.

Cálculos

BPN, son las siglas correspondientes a British Pendulum Number (Número de péndulo Británico). Esta es la unidad en que se mide el coeficiente de roce del pavimento, cuyo rango va desde 0 a 100. El resultado del ensayo de resistencia al deslizamiento se expresa en tanto por uno, en forma de:

$$\text{Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento (CRD)} = \text{lectura efectiva de } \frac{BPN}{100}$$

Las medidas efectuadas sobre pavimentos están siempre afectadas por las variaciones de temperatura de la zapata y de la superficie ensayada

2.7.2 Circulo de arena

Este método es adecuado en ensayos in situ para determinar el promedio de profundidad de macrotextura de una superficie de pavimento.

Figura 2.5 Ensayo círculo de arena



Fuente : Elaboración propia

2.7.2.1 Equipo y materiales

Se debe contar con arenas normalizadas obtenidas mediante la preparación de éstas en laboratorio, debido a que deben ser lavadas, limpiadas, secadas y tamizadas, obteniéndose principalmente dos tipos de arenas. Por un lado, se obtiene la arena tipo 80/100 que significa que pasa por el tamiz N.º 80 (0,18 mm) y es retenida por el tamiz N.º 100 (0,15 mm), y la arena tipo 100/200 cuya arena pasa por el tamiz N.º 100 (0,15 mm) y es retenida por el tamiz N.º 200 (0,075 mm).

Figura 2.6 Materiales básicos



Fuente : Elaboración propia

- **Cilindro contenedor de material** : Con un volumen interno predeterminado de al menos 25000 mm³.
- **Disco para esparcir**: Es plano y rígido, de 25 mm de espesor y 60 a 75 mm de diámetro, utilizado para esparcir el material.
- **Escobillas**: Una de cerdas duras y otra de cerdas blandas, que serán utilizadas para limpiar la superficie de ensaye.
- **Regla**: De al menos 300 mm de longitud con subdivisiones al milímetro.
- **Balanza** : Se recomienda con precisión a 0,1 gramos para asegurarse que el material utilizado en el ensayo es igual en masa y volumen.

Procedimiento:

- seleccione un área seca y homogénea que no tenga singularidades tales como grietas o juntas. Limpie completamente la superficie utilizando las escobillas para remover todos los residuos o material suelto en la superficie.
- Llene el cilindro de volumen conocido con material seco y golpee suavemente la base de éste mientras lo llena. Si dispone de una balanza de laboratorio, determine la masa de material dentro del cilindro y procure utilizar esta cantidad en cada uno de los ensayos.
- Vacíe el volumen o masa de material sobre la superficie limpia dentro del área protegida al viento. Cuidadosamente esparza el material en forma circular con el disco plano, utilizando su lado de goma para estos efectos, llenando las cavidades de la superficie a ras con las crestas de los áridos de la capa de rodadura. Mida y registre el diámetro del área cubierta por el material tomando cinco medidas igualmente espaciadas sobre el círculo.
- Calcule y registre el promedio de las cinco medidas.

Cálculos :

Volumen del cilindro, calcule el volumen interno del cilindro como

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4}$$

Donde:

V= Volumen interno del cilindro (mm^3)

d= Diámetro interno del cilindro (mm)

h = Altura del cilindro (mm)

Promedio de profundidad de macrotextura del pavimento, calcule el promedio de profundidad de macrotextura usando la siguiente ecuación.

$$MTD = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2}$$

Donde:

MTD= Profundidad media de macrotextura (mm)

V = Volumen de arena utilizada (mm^3)

D = Diámetro promedio del área cubierta por la arena (mm)

ASTM E 965, A0805. *Manuales técnicos ensayo mancha de arena.*

2.8 ENSAYO DEL IRI

El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie del camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típicos.

2.8.1 Factores que Afectan la Rugosidad de los Pavimentos

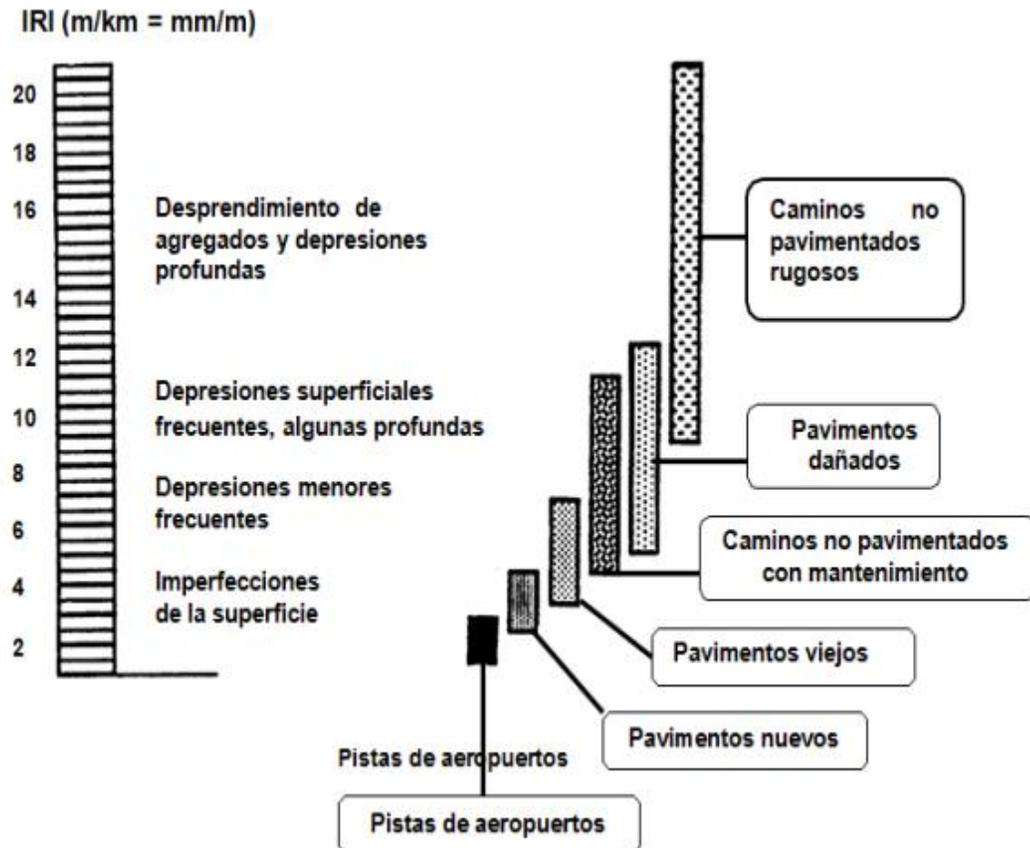
Las investigaciones han demostrado que existen muchos factores que afectan la regularidad superficial del pavimento de estos lo más relevantes son:

- Edad del pavimento.
- Niveles de tráfico vehicular.
- Espesores del pavimento.
- El número estructural.

2.8.2 Valores límites del IRI

Un pavimento perfectamente liso se lo coloca un valor de IRI de 0, caminos con rugosidad moderada reciben valores de IRI de alrededor de 6 m/Km, y casos extremos de carreteras no pavimentadas con muchos baches resultan en valores de IRI superiores a 20 m/Km.

Figura 2.7 Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos



Fuente: Patiño, Garnica, & Rico, (1998)

Tabla 2.4 Relación de rangos PSI vs QI vs PCI

IRI	QI Unidades/Km	PSI	Descripción
0 – 1,6	0 - 20	3 – 5,0	El pavimento es nuevo.
1,6 – 2,8	20 - 35	2,5 - 3	Pavimentos de concreto asfáltico de buena calidad, tratamiento superficial muy bueno, no existe baches ni Corrugaciones.
2,8 -5,2	35 - 65	1,0 – 2,5	El pavimento muestra algunos tramos con los primeros vestigios de deterioro. Baches ocasionales (1 - 3 baches cada 50 m, 2% de baches), depresiones (20 - 40 mm cada 5 m o 10 - 20 mm cada 3 m), velocidad normal de conducción 80 km/h.
5,2 – 8,8	65 - 110	0,4 – 1,0	El pavimento severamente afectado, con depresiones profundas y desiguales (≥ 20 mm/3m), baches frecuentes (15 - 20 baches cada 50 m., 15 % de baches).

Fuente: Ing. Gustavo Corredor (2004), Manual de evaluación de pavimentos

Tabla 2.5 Valores iniciales del IRI

Tratamientos	IRI
Pavimento asfálticos	0,9-1,5 m /km
Pavimento de hormigón	1,1 – 1,8 m/km
Tratamientos superficiales	2,5- 3,5 m /km

Fuente: ABC, (2011) Manual de conservación vial

2.8.3 Descripción de equipos de medición de rugosidad

- **Mira y nivel topográfico:** Esta herramienta es la forma más precisa de medir el perfil longitudinal del pavimento pues, consiste en una mira de precisión graduada y un nivel topográfico empleado para determinar las cotas del perfil de la huella de rueda seleccionada.
- **El rugosímetro de Merlín.-** Es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo.

El Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) desarrolló el Rugosímetro Merlín (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation), basándose en el principio del perfilómetro estático, con el objetivo de obtener un equipo de bajo costo, fácil manejo y un método de análisis simple con resultados confiables.

La gran ventaja en el uso del Merlín es la exactitud en los resultados que solo puede ser superada por el método de Mira y Nivel.

Pero también tiene la desventaja de que el rendimiento ofrecido por este equipo es muy bajo comparado con los equipos electrónicos y/o dinámicos y el problema es mayor aun cuando es necesario evaluar grandes distancias de carreteras. 1.- Administradora boliviana de carreteras, (2011), *Manual de diseño de conservación vial*, volumen V, Bolivia.

2.8.3.1 Representación de las partes de un equipo Merlín

El Merlín es un equipo sencillo y fácil operación, lo cual hace que su utilización resulte completamente económica cuando se trate de evaluar tramos cortos de carretera.

Consta de:

- Patín móvil
- Pivote
- Brazo móvil
- Puntero
- Manijas
- Patín fijo
- Tablero
- Estabilizador para descanso

- Estabilizador para ensayo

Figura 2.8 Equipo de Merlín



Fuente: Elaboración propia

2.8.4 El tablero del Merlín

La relación entre el patín móvil – pivot y pivot – puntero es de 1 a 10, lo cual da entender que un movimiento en la parte inferior del patín móvil produce un desplazamiento de 1cm (10 mm) en el puntero.

Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cuál se desliza el puntero.

Las anotaciones de las observaciones realizadas deben ser hechas en una planilla.

2.8.5 Método para el cálculo de la rugosidad

La dispersión de los datos obtenidos con el Merlín se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cual puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma. Posteriormente se establece el Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), luego de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior. Efectuado el descarte de datos, se calcula el “ancho del

histograma” en unidades de la escala, considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos.

Debemos de tener en cuenta que cuando en el tablero el puntero indica valores cercanos a 25, el pavimento es menos rugoso y si en cambio está muy alejado de 25, indica que el pavimento presenta muchas imperfecciones.

El rango obtenido del histograma debe ser convertido a milímetros (mm), para lo cual se multiplica con el valor de cada unidad (5mm), cuando se llega a este punto se ha calculado la rugosidad en escala MERLÍN en cual debe ser convertido a escala IRI.

2.8.6 Factor de corrección para ajuste de “D”

La condición de relación de los brazos del Rugosímetro de 1 a 10 en ocasiones se cambia, como consecuencia del desgaste del patín del brazo móvil, lo cual debe ser ajustado con el factor de corrección “FC”. El procedimiento de obtención de “FC”.

18 Pablo del Águila Rodríguez, (1990), *Manual de equipo MERLIN para medir la rugosidad en pavimentos*, camineros S.A.C, Perú.

La ecuación a utilizar para el ajuste de “D” es:

$$FC = \frac{EP * 10}{(LI - LF) * 5}$$

Donde:

FC= Factor de corrección

EP= Espesor de la pastilla

LI= Posición inicial del puntero

LF= Posición final del puntero

Al multiplicar el rango “D” por el F.C. se obtiene el valor de la rugosidad en “unidades Merlín”.

2.8.7 Determinación de la rugosidad en la escala del IRI

Para transformar la rugosidad de unidades Merlín a la escala del IRI, se usa las expresiones.

Cuando $2,4 < \text{IRI} < 15,9$ entonces $\text{IRI} = 0,593 + 0,0471$

Cuando $\text{IRI} < 2,4$ entonces $\text{IRI} = 0,0485$

Calculado el IRI característico, el sector o tramo será aceptado si cumple con lo siguiente:

- Para pavimentos asfálticos nuevos, el IRI deberá ser menor o igual a 2,0 m/km.
- Para pavimentos con recapado asfáltico, el IRI deberá ser menor o igual a 2,5 m/km.
- Para pavimentos con sellado asfáltico, el IRI deberá ser menor o igual a 3,0 m/km.

En caso de no cumplirse con estos límites, el sector o tramo deberá subdividirse en secciones de rugosidad homogénea, y se calculará el IRI característico para cada una de ellas, los que deberán cumplir los límites indicados. 18 Pablo del Águila Rodríguez, (1990), *Manual de equipo MERLÍN para medir la rugosidad en pavimentos*, camineros S.A.C, Perú.

2.9 TRÁFICO VEHICULAR

Cuando se habla de mejoramiento y conservación (rectificación de trazado, ensanchamientos, sellos asfálticos, etc.) de las carreteras, como parte de proyectos viales; es usualmente sencillo calcular el tráfico actual y su proyección futura. Sin embargo, al tratarse de áreas menos desarrolladas o inexploradas, la determinación del tráfico se torna más complicada e insegura. Ronquillo (2015),pág. 20

2.9.1 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la ruta en la sección considerada. 1.- Administradora

boliviana de carreteras, (2011), *Manual de diseño de conservación vial*, volumen V, Bolivia.

2.9.2 Tráfico futuro

Es aquel en el que los diseños constructivos, se sustentan en una predicción de tráfico de (15-20) años y el aumento normal del tráfico por el desarrollo, produce un ascenso. Las proyecciones de tráfico se utilizan para la evaluación de las carreteras e impactan en la determinación de la velocidad de diseño y del resto de los datos geométricos del proyecto.

2.9.3 Tráfico existente

Es el que se utiliza en la vía, antes del proceder a su mejoramiento y que se logra mediante los estudios de tráfico

2.9.4 Nivel de servicio y parámetros que lo describen

Se define el nivel de servicio de un sector de una carretera de dos carriles como la calidad del servicio que ofrece esta vía a sus usuarios, que se refleja en grado de satisfacción o contrariedad que experimentan éstos al usar la vía. Se establecieron dos medidas de efectividad que reflejan esa calidad de servicio, siendo la principal la velocidad media de los vehículos que transitan por la carretera, y como medida auxiliar la relación entre el volumen que circula y la capacidad.

- **Nivel A:** Representa la condición de flujo libre que se da con bajos volúmenes de demanda, permitiendo altas velocidades a elección del conductor. Debe ser posible que todo usuario que lo desee pueda desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 93 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,15 (420 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 30%.
- **Nivel B:** Representa la condición de flujo estable. Los conductores aún pueden seleccionar sus velocidades con libertad razonable. Todo usuario que lo desee podrá desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 88 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,27 (750 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 45%.
- **Nivel C:** Representa aun la condición de flujo estable, pero las velocidades y la maniobrabilidad están íntimamente controladas por los altos volúmenes de tránsito. La mayoría de los conductores no puede seleccionar su propia velocidad. La velocidad de

operación posible debe ser igual o mayor que 83 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,43 (1200 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 60%.

- **Nivel D:** Representa el principio del flujo inestable, con volúmenes del orden, aunque algo menores, que los correspondientes a la capacidad del camino. Las restricciones temporales al flujo pueden causar fuertes disminuciones de la velocidad de operación. Los conductores tienen poca libertad para maniobrar, poca comodidad en el manejo, pero estas condiciones pueden tolerarse por cortos períodos de tiempo. La velocidad de operación fluctúa alrededor de 80 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,64 (1,800 Veh/h) y el tiempo demorado no supera el 75%.
 - **Nivel E:** Representa la capacidad del camino o carretera y por lo tanto el volumen máximo absoluto que puede alcanzarse en la vía en estudio. El flujo es inestable, con velocidades de operación de orden de 72 km/h. El Nivel E representa una situación de equilibrio límite y no un rango de velocidades y volúmenes como en los niveles superiores. La razón I/C alcanza de valor 1,0 (2,800 Veh/h) y el tiempo demorado fluctúa entre 75 y 100%.
 - **Nivel F:** Describe el flujo forzado a bajas velocidades con volúmenes menores que la capacidad de la carretera. Estas condiciones se dan generalmente por la formación de largas filas de vehículos debido a alguna restricción en el camino. Las velocidades y las detenciones pueden ocurrir por cortos o largos períodos debido a la congestión en el camino. Las velocidades de operación son menores de 72 km/h.
- 2.- Administradora boliviana de carreteras, (2007), *Manual de diseño geométrico*, volumen I, Bolivia.

Tabla 2.6 Características típicas de las carreteras y caminos

		Carreteras			Caminos		
Categoría		Autopistas	Autorrutas	Primarios	Colectores	Local	Desarrollo
Vp (km/h)		100-80	100-90-80	100-90-80	80-70-60	70-60-50-40	50-40-30
Tipos de terreno		ll-o-m	ll-o-m	ll-o-m	ll-o-m	ll-o-m	ll-o-m
Pistas de tránsito		Unidireccionales	Unidireccionales	Unidireccionales o bidireccionales	Unidireccionales o bidireccionales	bidireccionales	bidireccionales
Función	Servicio al tránsito de paso	Prioridad absoluta	Prioridad absoluta	Consideración principal	Continuidad e tránsito y acceso a la propiedad de similar importancia	Continuidad de tránsito, consideración secundaria	
Función	Servicio a la propiedad adyacente	Control total de acceso	Control total de acceso de vehículos	Control parcial de acceso	Continuidad e tránsito y acceso a la propiedad de similar importancia	Consideración primaria	
Conexiones	Se conecta	Autopistas, autorrutas, Primarios (Locales)	Autopistas autorrutas Primarios (Locales)	Autopistas, autorrutas, Primarios (Locales)	Todos	Primarios Colectores Locales Desarrollo	Colectores Locales Desarrollo

Conexiones	Tipo de conexión	Enlaces	Enlaces, accesos direccionales	Enlaces intersecciones (Acc. Directo)	Todos	(Intersección) acceso directo	Acceso directo
Calidad de servicio	Nivel de servicio (1) Años iniciales-años horizonte	A, B, C	B (2), C (2)	B, C (D)	C (2), D	No aplicable	
Calidad de servicio	Tipo de flujo	libre estable	Libre estable (prox. Inestable)	(Libre) estable (prox. Inestable)	Estable con restricción (prox. Inestable)	Restringido por movimiento hacia y desde la propiedad	
Calidad de servicio	Velocidad operación (1) (3) según demanda, rango probable	115-95 Km/h	95-90 Km/h	95-85 Km/h	80-70 Km/h	70-60 Km/h	50-25 Km/h
Tránsito	Volúmenes típicos de tránsito al año inicial TPDA	UD>10000 confirmar factor económico	UD>5000	BD>5000; UD>3000	80>500; UD: caso especial	tránsito y composición variable según tipo de actividades: agrícola, turística y minera	

Fuente: ABC (2007), Manual de Carreteras Vol. I

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1. INTRODUCCIÓN

Para la presente investigación se realizaron ensayos de campo en el tramo vial El Rancho norte – Tranca Pajchani del municipio de San Lorenzo del departamento de Tarija. El respectivo tramo tiene una longitud de 7,2 km , ancho de calzada de 7,3 m, ancho de bermas a.0,85 m, velocidad de circulación de 90 km/h.

Carpeta asfáltica de : 5 cm

Base : 20 cm

Sub base : 25 cm

Subrasante : 45 cm

Cuyo valor del paquete estructural fue proporcionado por la entidad encargada ABC

(Administradora Boliviana de Carreteras).

Así mismo se describe el proceso de cada ensayo de campo requerido para la realización del diseño de un plan de mantenimiento y prevención.

3.1.1 Componentes

3.1.1.1 Unidad de estudio

Estado actual del pavimentado flexible en el tramo “Rancho Norte `Tranca Pajchani”.

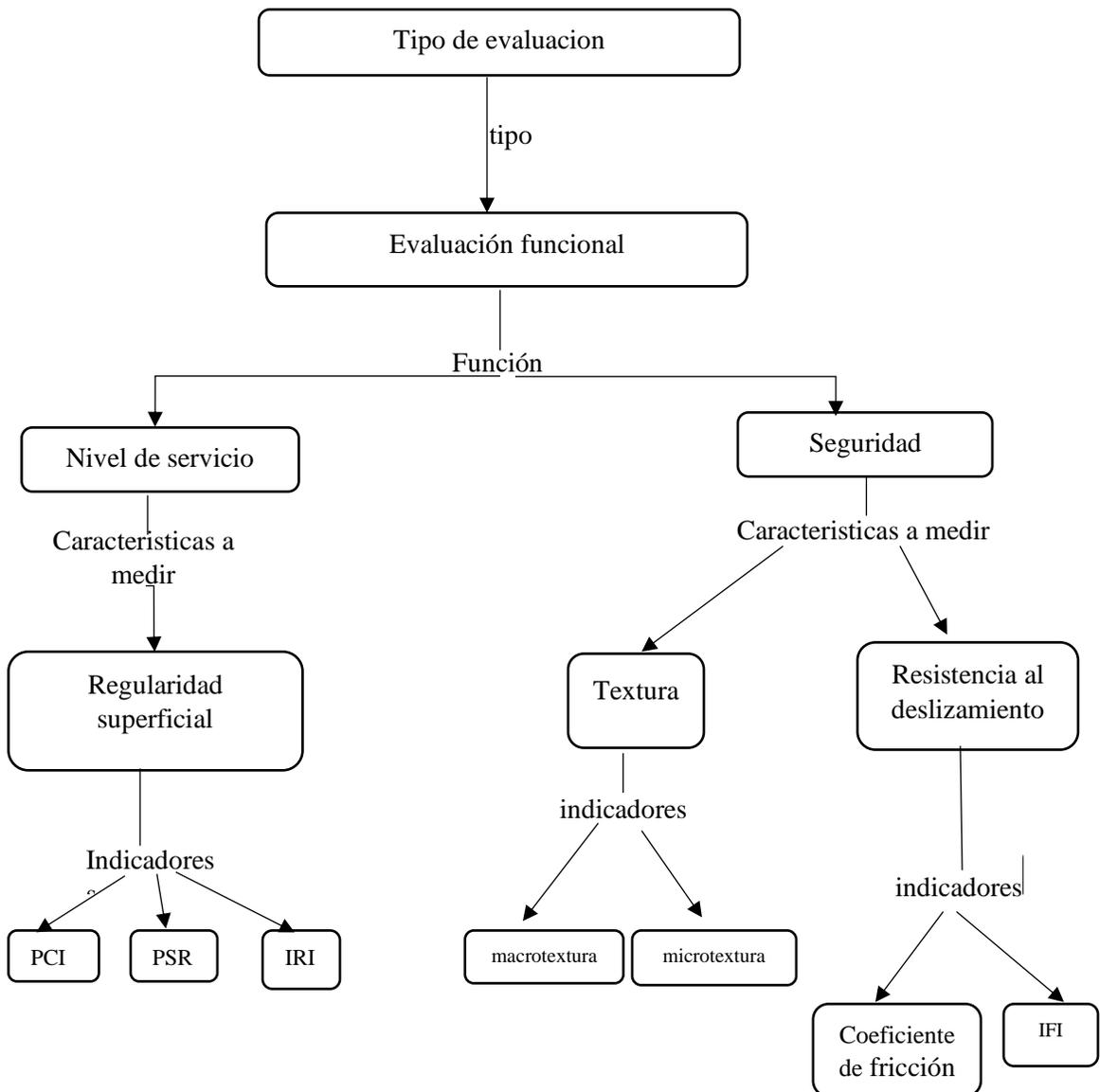
3.1.1.2 Tipo de investigación

El trabajo a realizar corresponde a un tipo de investigación aplicada, a un nivel de investigación descriptiva en la que se observa los fenómenos tal como se dan en su contexto natural posterior a ello analizarlos, se determina las fallas que presenta la vía funcional.

La información que se obtendrá en este tipo de investigación nos permite conocer a mayor profundidad como está respondiendo el tramo evaluado y nos servirá mucho para optar por una adecuada rehabilitación si es preciso.

3.2 ESQUEMA DEL TIPO DE EVALUACIÓN USADA

Figura 3.1 Esquema del tipo de evaluación



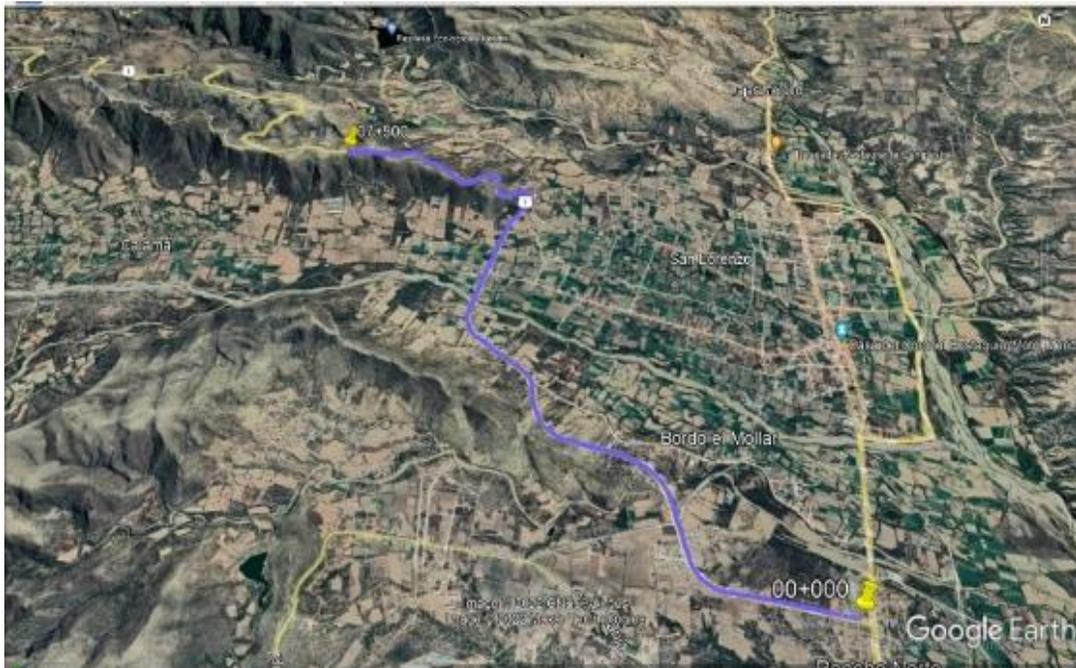
Fuente: Elaboración propia

3.3 UBICACIÓN

El estudio se realizó en la ciudad de Tarija provincia San Lorenzo, en la ruta nacional 1 , pertenece al **Nivel de servicio B**. Representa la condición de flujo estable. Los conductores aún pueden seleccionar sus velocidades con libertad razonable.

El tramo en estudio se inició en la prog: 0+000 a la prog: 7+200, como se ve en la siguiente Figura

Figura 3.2 Carretera de estudio



Fuente: Google earth

3.3.1 Características generales de la vía y zona de influencias

El tramo es parte de la Red Vial Fundamental N° 1, tramo TJ05, esta pertenece al Municipio de San Lorenzo, primera sección de la provincia Méndez del departamento de Tarija, el tramo en estudio tiene las siguientes características como se muestra en la siguiente tabla .

Tabla 3.1 Características generales del tramo

Punto de partida			Punto final		
Latitud	longitud	Elevación	Latitud	Longitud	Elevación
21°26'11,54"S	64°45'10,22"O	1999 m	21°23'58,74"S	64°47'13,82"O	2220

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Condiciones climáticas

Tabla 3.2 Cuadro de precipitación y temperaturas medias mensuales y anuales

Parámetros	Meses												Año
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
Temperatura (°C)	19,90	19,00	19,90	17,50	14,50	13,60	13,40	15,10	16,40	18,90	19,20	19,70	17,20
Precipitación fluvial (mm)	152,50	135,60	117,70	27,96	3,26	0,23	0,90	3,05	11,16	43,28	77,54	149,50	7,23

Fuente: Alcaldía de San Lorenzo

3.4 DETERMINACIÓN DEL PCI

3.4.1 Unidades de muestreo

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía, en carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7,30 m el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230,0 \pm 93,0$ m². En la tabla 3.3, se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla 3.3 Longitudes de unidades de muestreo asfálticas

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5,0	46,0
5,5	41,8
6,0	38,3
6,5	35,4
7,3 (Máximo)	31,5

Fuente: Manual del PCI (Norma ASTM D 6433-03).

En nuestro tramo “ Rancho Norte- Tranca Pajchani” tiene un ancho de calzada de 7,3 m y una longitud de 7,2 km , de acuerdo a la **tabla 3.3** opte por una longitud de muestreo de 30 m dando un área de 219 m² la cual está dentro del rango establecido en el PCI.

3.4.2 Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación

Para conocer las unidades de muestra que serán evaluadas se siguió el procedimiento que establece la norma ASTM D6433 – 03, utilizando la fórmula de número de unidades de muestreo que se muestra a continuación:

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2}$$

Donde:

n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N = Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e = Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = +/-5 %).

σ = Desviación estándar del PCI entre las unidades (= 10).

Para el presente trabajo donde optamos por tener mejores resultados y más representativos se realizó con una confiabilidad del 98 % y un error admisible de 2 %.

El número de unidades de muestra que se tendrá para la evaluación es la siguiente ecuación:

$$n = \frac{240 * 10^2}{\frac{2^2}{4} * (240 - 1) + 10^2} = 70,79$$

$n = 70,79$

por lo tanto, n será 71 muestras

3.4.3 Selección de las unidades de muestreo para la inspección

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la ecuación:

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

N = Número total de unidades de muestreo

n = Número mínimo de unidades para evaluar.

i = Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo 3,4 se redondea a 3).

Para el presente trabajo se calculó el intervalo de muestreo como se muestra a continuación:

$$i = \frac{240}{71} = 3,3$$

Por lo tanto, se trabajó $n = 71$

$i = 3$

3.3.4 Procedimiento del cálculo del método PCI

Se procede a calcular la condición en la que se encuentra el pavimento por el método del PCI que se basa en el cálculo de los valores deducidos.

Se detallará la aplicación de la metodología, realizando el cálculo del PCI a una unidad de muestra aleatoria, con el fin de observar paso a paso el procedimiento de cómo realizar una evaluación superficial, cómo obtener el índice de condición del pavimento y así conocer la condición de cada unidad de muestra y posteriormente la de todo el tramo seleccionado.

A continuación, se realizará el cálculo paso a paso de la unidad de muestra número 1 para facilitar el procedimiento del método del PCI (Ver ANEXO 1. Índice de Condición del Pavimento método PCI).

Las fallas pueden ser medidas en áreas o longitudes dependiendo cada tipo falla.

Tabla 3.4 Hoja de registro con datos del campo

Método PCI	Esquema: 								
Índice de condición del pavimentos en vías de pavimento flexible									
Hoja de registro									
Nombre de la vía: Rancho Norte- Tranca Pajchani Sección: 0+000 Ejecutor: Pacheco Cuno Elizabeth Lourdes Fecha: 27/09/2022				Unidad de muestra: 1 Área: m2	U1 219				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Grietas de borde	12. Pulimento de agregados	17. Grieta parabólica						
3. Agrietamiento en bloque	8. Grieta de reflexión de Junta	13. Huecos	18. Hinchamiento						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregados						
5. Corrugación	10. Grietas longitudinales y Transversales	15. Ahuellamiento							
Falla	Cantidad					Total	Densidad	Valor reducido	
16M	4,20					4,20	1,92	15,40	
10L	0,16	0,15	1,97	1,45		3,72	1,70	0,10	
17L	1,108					1,11	0,51	2,51	

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la densidad :

$$D = \frac{\text{Área falla}}{\text{Área unidad de muestra}} \times 100$$

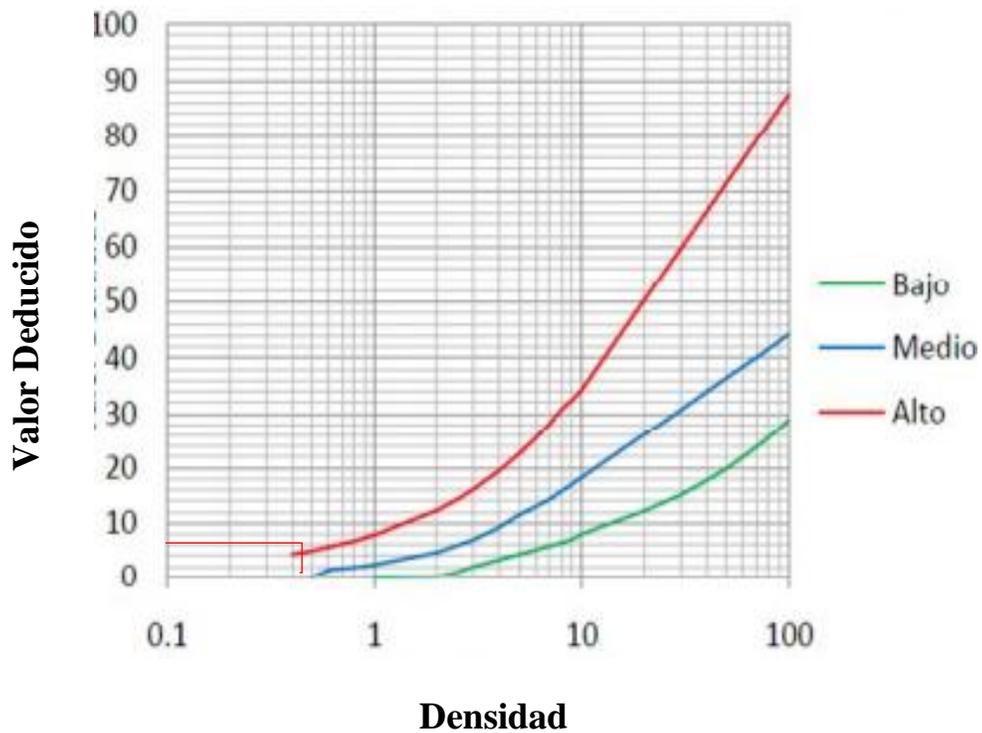
$$D = \frac{4,20 \text{ m}^2}{219 \text{ m}^2} \times 100$$

D = 1,92%

Para el cálculo de valor deducido se usan curvas como también tablas denominadas

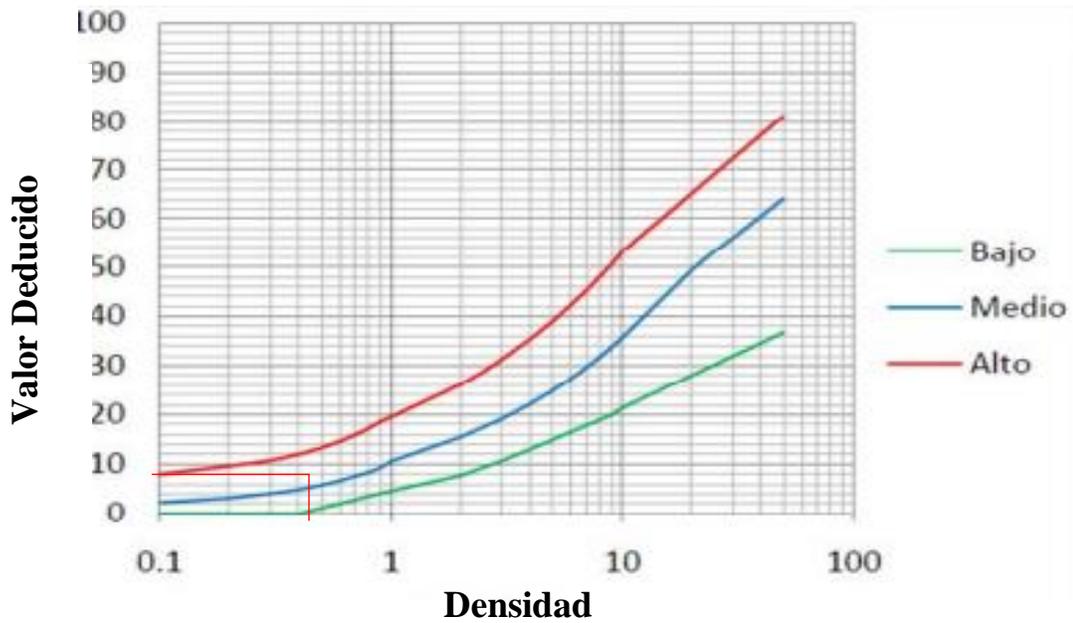
“valores deducidos” que se muestran a continuación, que están en función a la densidad y a la severidad de cada falla.

Figura 3.3 Curva de valor deducido fisura longitudinal y transversal



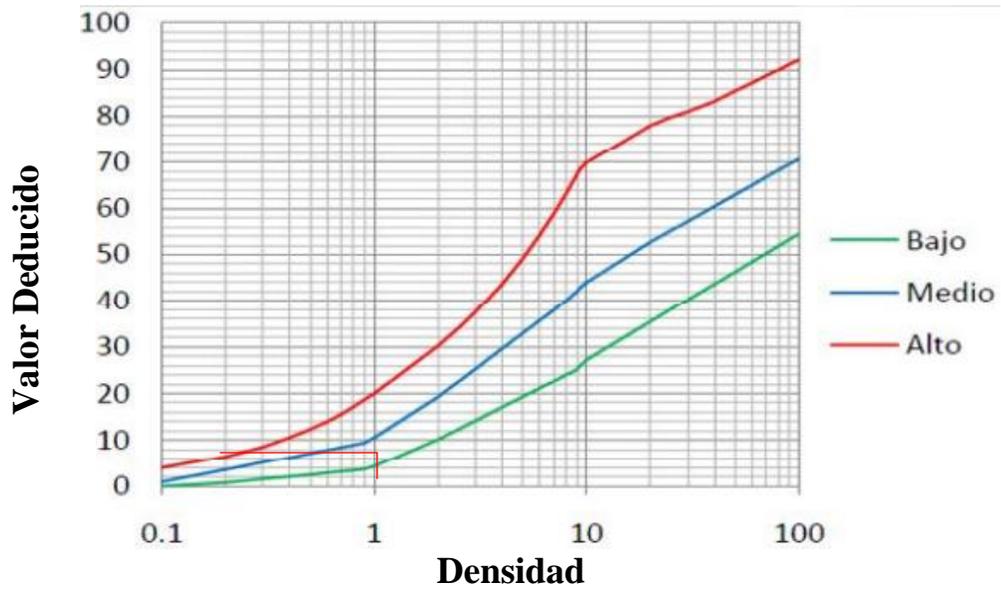
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4 Deslizamiento



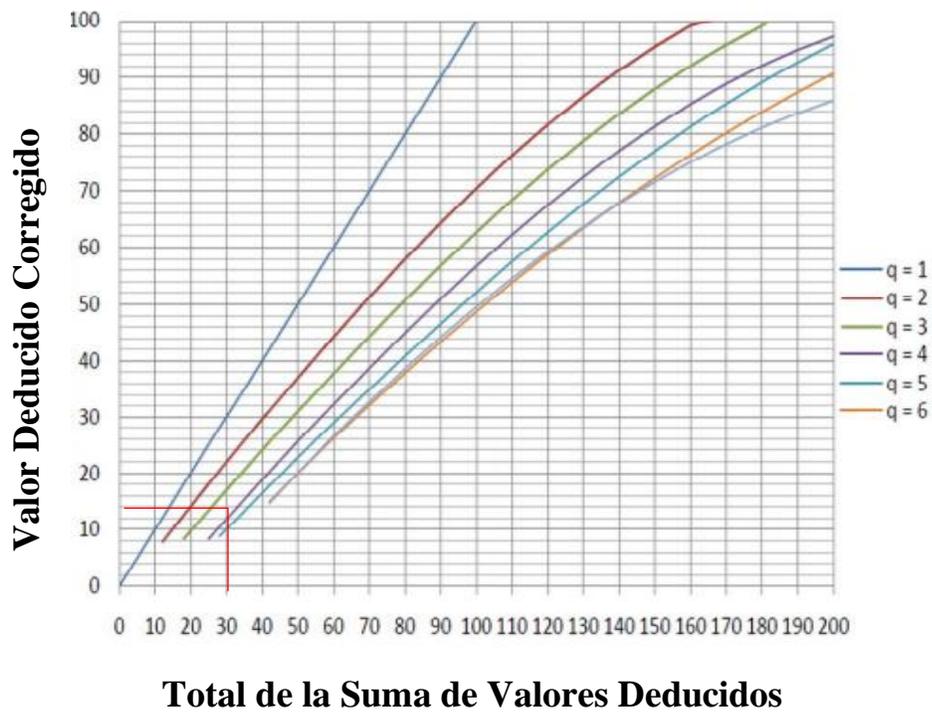
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5 Grieta de deslizamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6 Curva de valor deducido corregido



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5 Cálculo valor deducido CDV

Número	Valor deducido			Total	q	CDV
1	15,40	2,51	0,10	18,01	2	13,00
2	15,40	2,00	0,10	17,50	1	17,50

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del PCI que es la resta de 100 menos el máximo valor deducido corregido y se clasifica según los rangos de clasificación.

$$PCI = 100 - CDV \text{ máx.}$$

$$PCI = 100 - 17,5 = 82,5 \text{ [MUY BUENO]}$$

Resultados de la clasificación del PCI para cada subtramo

Tabla 3.6 Resultados finales del PCI

Progresiva inicial	Progresiva final	Tramo N°	Longitud	Ancho de vía	Área	PCI	Descripción
0+000	0+030	1	30	7,3	219	82,50	Muy bueno
0+030	0+060	2	30	7,3	219	71,20	Muy bueno
0+060	0+090	3	30	7,3	219	77,50	Muy bueno
0+090	0+120	4	30	7,3	219	78,00	Muy bueno
0+120	0+150	5	30	7,3	219	89,00	Excelente
0+150	0+180	6	30	7,3	219	62,50	Bueno
0+180	0+210	7	30	7,3	219	71,00	Muy bueno
0+210	0+240	8	30	7,3	219	89,90	Excelente
0+240	0+270	9	30	7,3	219	84,30	Muy bueno
0+270	0+300	10	30	7,3	219	67,00	Bueno
0+400	0+430	11	30	7,3	219	61,00	Bueno
0+500	0+530	12	30	7,3	219	67,00	Bueno
0+600	0+630	13	30	7,3	219	58,00	Bueno
0+700	0+730	14	30	7,3	219	63,00	Bueno
0+800	0+830	15	30	7,3	219	61,30	Bueno
0+900	0+930	16	30	7,3	219	66,80	Bueno
1+000	1+030	17	30	7,3	219	84,10	Muy bueno
1+100	1+130	18	30	7,3	219	67,80	Bueno
1+200	1+230	19	30	7,3	219	68,90	Bueno
1+300	1+330	20	30	7,3	219	65,00	Bueno
1+330	1+360	21	30	7,3	219	70,00	Bueno
1+500	1+530	22	30	7,3	219	65,80	Bueno
1+600	1+630	23	30	7,3	219	67,00	Bueno
1+700	1+730	24	30	7,3	219	55,60	Bueno
1+800	1+830	25	30	7,3	219	62,00	Bueno
1+900	1+930	26	30	7,3	219	67,90	Bueno
2+000	2+030	27	30	7,3	219	72,00	Muy bueno
2+100	2+130	28	30	7,3	219	83,30	Muy bueno
2+200	2+230	29	30	7,3	219	76,50	Muy bueno
2+300	2+330	30	30	7,3	219	69,70	Bueno
2+400	2+430	31	30	7,3	219	48,00	Regular
2+600	2+630	32	30	7,3	219	56,00	Bueno
2+700	2+730	33	30	7,3	219	52,00	Regular
2+800	2+830	34	30	7,3	219	59,00	Bueno
2+900	2+930	35	30	7,3	219	58,00	Bueno
3+000	3+030	36	30	7,3	219	87,00	Excelente

3+100	3+130	37	30	7,3	219	83,50	Muy bueno
3+150	3+180	38	30	7,3	219	69,00	Bueno
3+200	3+230	39	30	7,3	219	59,00	Bueno
3+300	3+330	40	30	7,3	219	56,70	Bueno
3+400	3+430	41	30	7,3	219	80,00	Muy bueno
3+500	3+530	42	30	7,3	219	71,00	Muy bueno
3+600	3+630	43	30	7,3	219	81,30	Muy bueno
3+700	3+730	44	30	7,3	219	86,80	Excelente
3+850	3+880	45	30	7,3	219	69,00	Bueno
3+900	3+930	46	30	7,3	219	63,50	Bueno
4+000	4+030	47	30	7,3	219	64,00	Bueno
4+100	4+130	48	30	7,3	219	51,54	Regular
4+150	4+180	49	30	7,3	219	76,50	Muy bueno
4+300	4+330	50	30	7,3	219	62,50	Bueno
4+450	4+480	51	30	7,3	219	58,80	Bueno
4+500	4+530	52	30	7,3	219	57,00	Bueno
4+600	4+630	53	30	7,3	219	57,00	Bueno
4+700	4+730	54	30	7,3	219	63,50	Bueno
4+800	4+830	55	30	7,3	219	82,15	Muy bueno
5+000	5+030	56	30	7,3	219	81,50	Muy bueno
5+180	5+210	57	30	7,3	219	80,00	Muy bueno
5+300	5+330	58	30	7,3	219	79,60	Muy bueno
5+500	5+530	59	30	7,3	219	77,35	Muy bueno
5+700	5+730	60	30	7,3	219	84,00	Muy bueno
5+800	5+830	61	30	7,3	219	79,45	Muy bueno
6+000	6+030	62	30	7,3	219	55,60	Bueno
6+100	6+130	63	30	7,3	219	80,00	Muy bueno
6+200	6+230	64	30	7,3	219	74,00	Muy bueno
6+400	6+430	65	30	7,3	219	70,40	Muy bueno
6+550	6+580	66	30	7,3	219	56,00	Bueno
6+750	6+780	67	30	7,3	219	71,90	Muy bueno
6+850	6+880	68	30	7,3	219	76,20	Muy bueno
7+000	7+030	69	30	7,3	219	71,00	Muy bueno
7+080	7+110	70	30	7,3	219	75,00	Muy bueno
7+150	7+180	71	30	7,3	219	73,85	Muy bueno
Promedio						69,92	Bueno

Fuente: Elaboración propia

3.5 DETERMINACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD DE LA VÍA DE ESTUDIO PSR

Para el tamaño de la muestra de la investigación se tomó en cuenta que la población será los conductores que circulan en el tramo Rancho Norte-Tranca Pajchani

Figura 3.7 Encuesta de vehículos de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se procede a realizar los cálculos respectivos con la siguiente formula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n= Tamaño de muestra para la investigación

N= Tamaño de población o Universo, N= 120

Z= Parámetro estadístico asociado a un nivel de confianza, Z= 1,96

e= Error de estimación máximo aceptado, e= 0,05

p= Probabilidad de que ocurra el evento estudiado, p=0,5

q= (1- p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado, p=0,5.

A continuación, se definió los kilómetros de vía a recorrer, utilizando las distancias totales de esta vía de estudio y su equivalencia en porcentaje

$$n = \frac{120 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,05^2 * (120 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

n= 91,61 Veh.

Donde:

n= Tamaño de muestra para la investigación

N= Tamaño de población o Universo, N= 120

Z= Parámetro estadístico asociado a un nivel de confianza, Z= 1,96

e= Error de estimación máximo aceptado, e= 0,05

p= Probabilidad de que ocurra el evento estudiado, p=0,5

q= (1- p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado, p=0,5.

Para la elaboración de la encuesta se formularon 8 preguntas que evaluaron la calidad de servicio de la vía, teniendo como variables fundamentales a la movilidad, la seguridad y la comodidad.

Tabla 3.7 Preguntas relacionadas con la variable movilidad

N.º	Preguntas
1	¿Le permite esta vía movilizarse sin riesgo?
2	¿Suele experimentar congestión vehicular en la vía en el tramo Rancho Norte- Tranca Pajchani?
3	¿Qué tan frecuente la vía se encuentra intransitable?
4	Según su apreciación ¿Considera usted que la vía es el adecuado para transporte pesado?

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8 Preguntas relacionadas con la variable seguridad

N.º	Preguntas
5	¿La vía cuenta con algún tipo de señalización?

6	¿Ha sufrido accidentes ocasionados por el estado de la vía?
---	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9 Preguntas relacionadas con la variable comodidad

N.º	Preguntas
7	¿La vía cuenta con algún tipo de señalización?
8	¿Ha sufrido accidentes ocasionados por el estado de la vía?

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se presenta la tabla, que permiten evidenciar los valores de la clasificación de serviciabilidad presente (PSR) en la vía y su respectiva calificación. (Ver ANEXO 2. Encuesta aplicada para el PSR).

Tabla 3.10 Resultados de los coeficientes

Preguntas relacionadas con la variable movilidad			
	Coeficiente		
	Promedio	2,46	
Preguntas relacionadas con la variable seguridad			
	Coeficiente		
	Promedio	2,08	
Preguntas relacionadas con la variable comodidad			
	Coeficiente		
	Promedio	1,49	
PSR	3,46		Bueno

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.10 se puede verificar los resultados de las respuestas a la clasificación de serviciabilidad de la vía, su respectivo promedio determinó el valor de su clasificación de serviciabilidad PSR de 3,46 y con este valor se obtendrá la calificación a su estado. Se

puede observar que la mayoría de las preguntas posee un PSR entre 3,0 y 4,0 lo que nos dice que el estado de las vías es BUENO.

3.6 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL (IFI)

3.6.1 Ensayo péndulo Británico

Se procede a nivelar con ayuda de la burbuja del nivel del equipo.

Se calibra el equipo comprobando “el cero” del aparato. (Ver ANEXO 3. Evaluación superficial del pavimento IFI).

Figura 3.8 Nivelación y calibración del equipo



Fuente: Elaboración propia

Se lleva el brazo del péndulo a su posición horizontal

Figura 3.9 Colocación de la posición inicial del equipo



Fuente: Elaboración propia

Luego se humedece el pavimento con agua, así como se muestra en la figura, posteriormente se suelta el brazo del péndulo.

Figura 3.10 Humedecimiento del pavimento



Fuente: Elaboración propia

Esto se repite cinco veces en el mismo lugar. Finalmente se obtiene el coeficiente de fricción o coeficiente de resistencia al deslizamiento (CRD) medido en ese punto.

3.6.2. Ensayo círculo de arena

Primeramente, debemos limpiar el área de ensayo con una escobilla o brocha, para proceder con el ensayo .

Colocar arena calibrada.

Colocar con el cono en el punto de ensayo del pavimento y espaciar formando un círculo lo más preciso posible con el disco espaciador.

Figura 3.11 Pesaje de la arena calibrada



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.12 Formación del círculo de arena



Fuente: Elaboración propia

Medir cinco diferentes diámetros del círculo con flexómetro .

Figura 3.13 Medición diámetro horizontal y vertical



Fuente: Elaboración propia

Finalmente debe anotarse los datos en su planilla correspondiente

3.6.3. Cálculo del IFI

A continuación, se describe el cálculo del IFI (índice de fricción internacional), a través de un modelo sugerido por la AIPCR (asociación Internacional Permanente de Congresos de Carreteras), que se desarrolló a partir de un experimento donde se determinaron las constantes y parámetros para el cálculo del IFI.

Obtención de datos de campo a través del círculo de arena para macro textura y el péndulo británico para la fricción.

Se tomará como ejemplo la primera lectura del tramo 1 de ida de la vía de estudio.

Tabla 3.11 Datos de campo del círculo de arena y péndulo Británico del tramo 1

Progr.	Diámetros (cm)					Prom.	Progr.	T°C	BPN (adim.)					Prom.
	1	2	3	4	5				1	2	3	4	5	
0+000	18	17	20	21	20	19,2	0+000	24	95	80	80	90	90	87,0

Fuente: Elaboración propia

Se verifica el ajuste estadístico mediante la teoría de errores, para determinar el ajuste de los datos.

Error máximo según Norma AASHTO M-261-(96) péndulo de fricción 10%

Error máximo según Norma NLT 335/87 ensayo círculo de arena 5%

Todos los valores medidos en campo con los dos métodos se ajustan a los valores máximos establecidos según norma

Luego de obtener los datos de entrada a partir de las lecturas en campo se debe seguir los siguientes puntos para obtener el valor de IFI a partir de los cálculos.

a) Determinación de la textura media del pavimento, mediante la siguiente ecuación

$$H = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2}$$

Donde:

H = Textura media del pavimento

V= Volumen de arena utilizado = 25,000 mm³

D= 19,2 cm (dato obtenido del anterior punto correspondiente al tramo)

$$H = \left(\frac{4 \times 25 \text{ cm}^3}{\pi \times (19,2)^2} \right) \times 10 \frac{\text{mm}}{\text{cm}}$$

$$H = 0,9 \text{ mm}$$

b) Determinación de la constante “Sp”

$$\mathbf{Sp} = a + b \times \mathbf{Tx}$$

Donde:

Sp = Constante de velocidad

Tx = H o altura de macrotextura del pavimento

a y b son las constantes según Norma ASTM E 695 SON

(a = -11,5981; b = 113,6325)

Aplicando la ecuación se obtiene.

$$\mathbf{Sp} = -11,5981 + 113,6325 \times 0,9$$

$$\mathbf{Sp} = 86,5 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

c) Determinación del parámetro “F60”

$$\mathbf{FR60} = \mathbf{FRs} \times e^{\left(\frac{\mathbf{S}-60}{\mathbf{Sp}} \right)}$$

Donde:

FR60 = Fricción de referencia a una velocidad de 60 km/h.

FRs = 68,48 (dato obtenido del anterior punto correspondiente al tramo 1)

S= Velocidad de operación del péndulo = 10 km/hr

Sp= Constante de velocidad (km/hr) = 86,5

$$\mathbf{FR60} = 87,92 \times e^{\left(\frac{10-60}{86,5} \right)}$$

$$FR60 = 49,31$$

Se prosigue con el cálculo de F60 con la siguiente ecuación.

$$F60 = A + B \times FR60$$

Donde:

F60 = Estimado de la fricción en la curva idealizada a 60 km/h

A y B son las constantes según Norma ASTM E 274 son (A= 0,078 y B = 0,0107)

FR60 = Fricción de referencia a una velocidad de 60 km/h.

$$F60 = 0,078 + 0,017 \times 49,31$$

$$F60 = 0,606$$

d) Finalmente se puede calcular la fricción para cualquier velocidad de circulación de los vehículos con el modelo

$$F(S) = F60 \times e^{\left(\frac{60-S}{Sp}\right)}$$

Donde:

F(S) = Fricción de una velocidad estimada

F60 = Estimado de la fricción en la curva idealizada a 60 km/h

S= Velocidad de operación del equipo

Sp= Constante de velocidad (km/hr)

Posteriormente obtenemos la velocidad máxima segura de 51,86 km/ hr

Luego verificamos macrotextura con los datos que tenemos .

Determinamos nuestro resultado de :

Tabla 3.12 Resultado de IFI

MTD	Textura final
0,42	Media

Fuente: Elaboración propia

Donde nos indica la textura final es media , luego verificamos nuestra microtextura donde nos indica que corresponde de bueno a regular

Tabla 3.13 Resultado de microtextura

RD	Calificación final
0,90	Bueno a regular

Fuente. Elaboración propia

3.7. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

3.7.1. Método dispositivo basado en el equipo de Merlín

Para la ejecución de los ensayos se requiere de dos personas que trabajan conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anota. Asimismo, debe seleccionarse una distancia de aproximadamente 400 m de longitud, sobre el carril de la carretera. Las mediciones se efectúan siguiendo la huella exterior del tráfico.

Figura 3.14 Ejecución del ensayo, operador



Fuente: Elaboración propia

Para determinar un valor de rugosidad se deben efectuar 200 observaciones de las “irregularidades que presenta el pavimento “cada una de las cuáles son detectadas por el patín móvil del Merlín, y que a su vez son indicadas por la posición que adopta el puntero sobre la escala graduada del tablero, generándose de esa manera las lecturas.

(Ver ANEXO 4. Determinación de Rugosidad “equipo tipo Merlín”).

3.8 TRÁFICO VEHICULAR

Se aforo de maneja manual, clasificando los diferentes tipos de vehículos en la estación de base ubicada en la abscisa 7+200, sector Tranca Pajchani. Los aforos manuales se desarrollaron en tres días, que corresponden: sábado: como fin de semana suelen salir de viaje a otro departamento de la zona Norte; lunes: Es el retorno de las actividades laborales; jueves: Día normal de actividades y ferias en las zonas aledañas; durante 24 horas y obteniendo los siguientes resultados:

(Ver ANEXO 5. Determinación del Tráfico Vehicular)

3.9 ANÁLISIS DE RESULTADO EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

3.9.1. Análisis de los resultados de la evaluación del PCI

Realizando el análisis nos dio como resultado la obtención del índice de condición del pavimento para el tramo en estudio de:

Tabla 3.14 Resultado del PCI y su calificación

Vía	PCI	Calificación
Rancho Norte-Tranca Pajchani	69,92	buena

Fuente : Elaboración propia

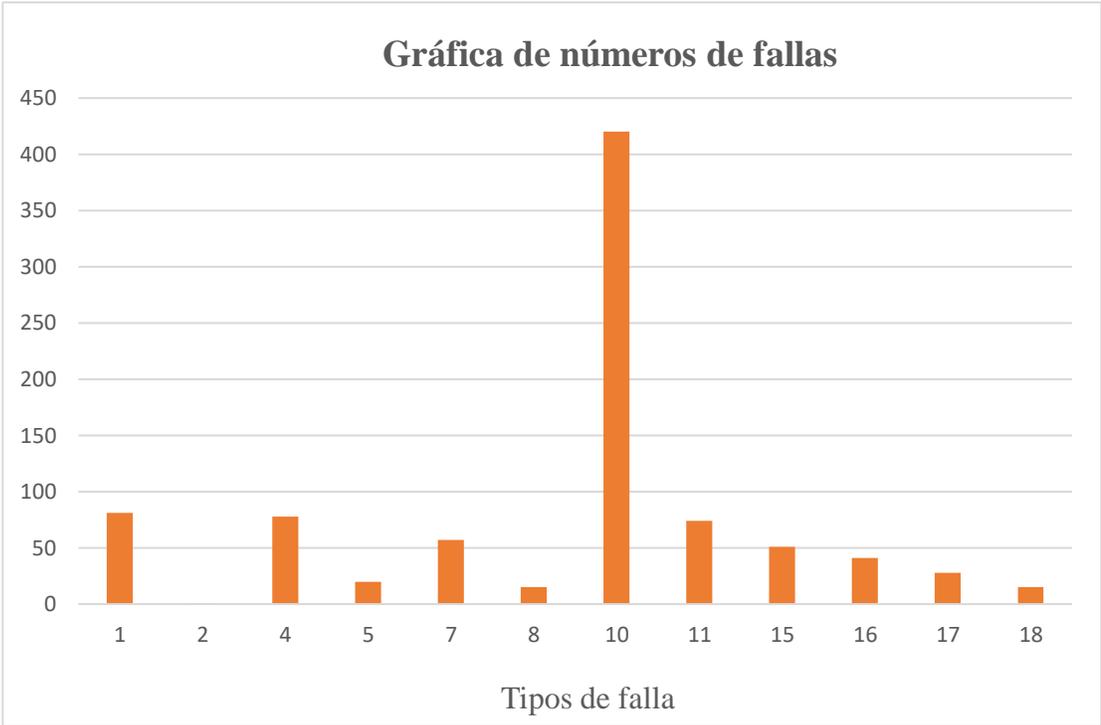
De acuerdo a la **tabla 3.6** se puede observar que solo en 4 tramos como en la progresiva 0+120-0+150, 0+220-0+250, 3+000-3+100,3+700-3+850 se encuentre en EXCELENTE condiciones el resto del tramo más predominante se encuentra en BUENO con un valor de 69,92 así como indica la **tabla 3.14**.

Tabla 3.15 Cantidad de fallas

Tipo de falla	N.º de fallas
Piel de cocodrilo	81
Exudación	1
Abultamientos y hundimientos	78
Corrugación	20
Grietas de borde	57
Grieta de reflexión de junta	15
Grietas longitudinales y transversales	420
Parches	74
Ahuellamiento	51
Deslizamiento	41
Grieta parabólica	28
Hinchamiento	15
Total	881

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3.1 Números de fallas del PCI en el tramo



Fuente: Elaboración propia

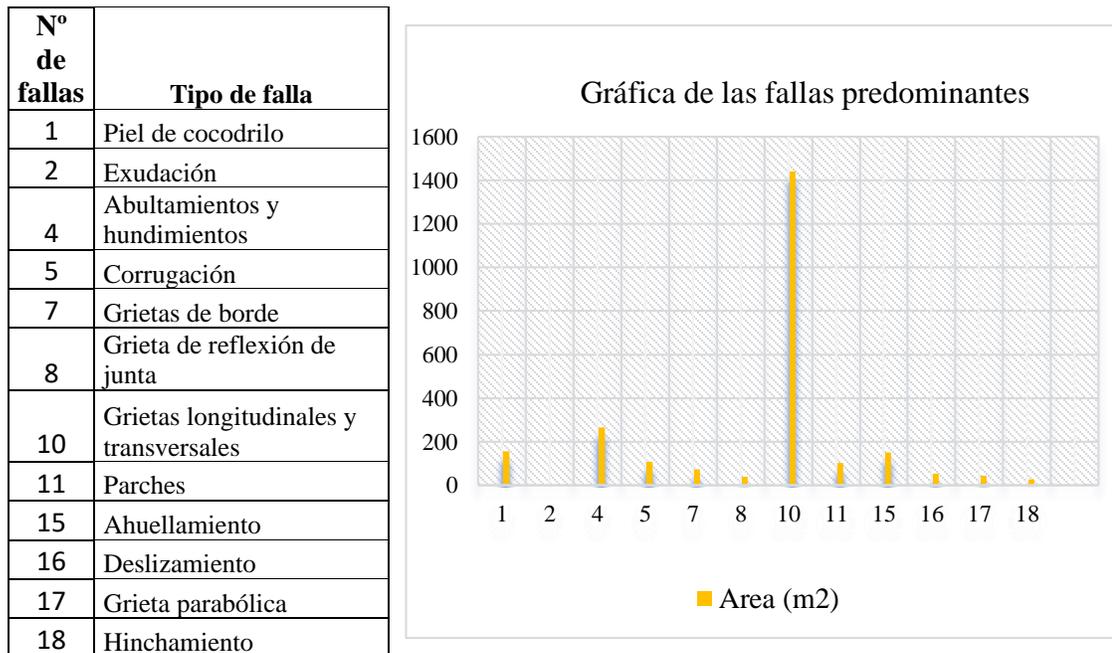
De acuerdo a la **gráfica 3.1** se puede verificar que existe un total de 881 fallas ,donde 420 fallas de Grietas longitudinales y transversales, le sigue con 81 fallas de Piel de cocodrilo 78 fallas de Abultamientos y Hundimientos,74 fallas de Parche, 57 fallas de Grietas de borde, 51 fallas de Ahuellamiento, 41 fallas de Deslizamiento, 28 fallas de Grietas parabólicas, 20 fallas de Corrugación existen otras fallas encontradas como se ve en la gráfica en pocas cantidades.

Tabla 3.16 Fallas predominantes del tramo

Tipo de falla	Área (m2)	%
Piel de cocodrilo	156,89	0,30
Exudación	0,54	0,00
Abultamientos y hundimientos	265,56	0,51
Corrugación	107,15	0,20
Grietas de borde	72,19	0,14
Grieta de reflexión de junta	38,10	0,07
Grietas longitudinales y transversales	1440,72	2,74
Parches	99,47	0,19
Ahuellamiento	149,88	0,29
Deslizamiento	54,45	0,10
Grieta parabólica	44,66	0,08
Hinchamiento	27,86	0,05
Total	2457,47	4,68

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3.2 Fallas predominantes del tramo



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la **tabla 3.16** se tiene un total de 2457,47 m² del total de tipos de falla de todo el tramo de la carretera Rancho Norte-Tranca Pajchani dando así en porcentaje de 4,676 % , dicho resultado nos indica que la carretera está en buenas condiciones con el porcentaje que se sacó. Se puede observar en la gráfica los tipos de fallas más relevantes del tramo con mayor porcentaje son la Grieta longitudinal y transversal con 2,74%, luego le sigue abultamiento con 0,505 % , piel de cocodrilo 0,298%, ahuellamiento con 0,285 % , existe otro tipo de fallas, pero en menores cantidades .

3.9.2 Análisis de resultados de la serviciabilidad PSR

Tabla 3.17 Resultado del PSR y su calificación

Vía	PSR	Calificación
Rancho Norte-Tranca Pajchani	3,46	Buena

Fuente: Elaboración propia

Desde un enfoque del usuario; la variable movilidad no se ve afectada por la falta de capacidad, el congestionamiento; por otro lado, la variable seguridad indica que existe un porcentaje medio de accidentalidad ocasionado por el estado de la vía; y por último la variable comodidad que tanto para la sensación de manejo como para la percepción visual es de un nivel bajo .

3.9.3 Análisis de los resultados de la evaluación IFI

Tabla 3.18 Resultado del IFI del tramo en estudio

Vía	Velocidad	Requiere el pavimento	Calificación de textura	Calificación de la fricción
Rancho Norte-Tranca Pajchani	63,78	Mejorar macrotextura	Media	De bueno a regular

Fuente: Elaboración propia

Mediante el ensayo del péndulo Británico se pudo evidenciar que los resultados obtenidos para dicha evaluación estuvieron en el rango (0,51 a 0,60), parámetros indicados. La cual correspondería a una calificación de bueno a regular; por lo tanto, nos lleva a concluir que

la capa de rodadura cuenta con una buena adherencia entre el neumático de vehículo y la superficie, es decir que el vehículo se desplaza de buena manera y que los neumáticos no sufren desgaste por fricción.

Por lo tanto, la velocidad segura que se debe emplear es de 63,78 km/ hr

3.9.4 Análisis de los resultados de la evaluación IRI

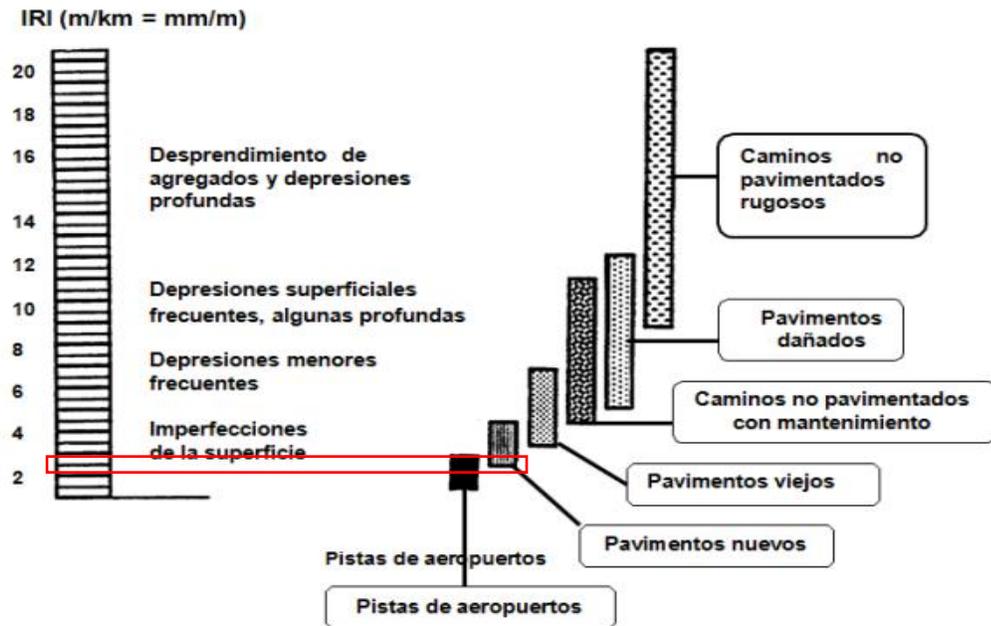
El método de Merlín es de clase 2 con variaciones hasta de 0,50 por lo cual realizamos los datos obtenidos:

Tabla 3.19 Resultado del tramo en estudio

Progresiva	Ida	Progresiva	Vuelta
0+000 a 0+400	2,43	1+000 a 0+400	2,69
0+800 a 1+000	2,64	1+800 a 2+000	2,81
2+000 a 2+200	2,49	3+000 a 3+200	1,82
2+800 a 3+000	2,58	3+800 a 4+000	1,94
4+000 a 4+200	1,75	5+000 a 5+200	2,63
4+800 a 5+000	2,39	5+800 a 6+000	2,18
6+000 a 6+200	2,70	7+000 a 7+200	2,31
6+800 a 7+000	2,79		
Promedio	2,47		2,34
Total	2,41		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.20 Resultado del tramo en estudio



Fuente: Elaboración propia

Según la **tabla 3.20** obtenemos con resultado obtenido del total de 2,41 donde nos indica que es un pavimento nuevo

3.9.5 Análisis de los resultados del estudio de tráfico

Del aforo de tráfico realizado durante 24 horas, tres días a la semana, se establece que, por la vía, en los dos carriles, circulan un promedio de 3017 vehículos día.

Tabla 3.21 Planilla de tráfico del tramo en estudio

Tipo de vehículo	Días de semana		
	Lunes	Jueves	Sábado
Auto liviano	1296	1088	1164
Bus	375	392	294
Camión Liviano	840	925	851
Camión Pesado	529	597	700
Promedio total			
3017	3040	3002	3009

Fuente: Elaboración propia

Según el tráfico y de acuerdo a la **tabla 3.21** pertenece a la categoría PRIMARIOS

Se puede verificar que existe mayor tráfico los días sábados y lunes

3.10 CRITERIOS DE INSPECCIÓN

Ya que la inspección para esta vía tiene como finalidad que se obtengan datos de los deterioros existentes en cualquier elemento de la superficie, la misma debe ser realizada por un personal técnico calificado en patología de carreteras.

La Administradora Boliviana de Carreteras, gerencia regional de Tarija es quien se encargará de las inspecciones con fines de conservación para esta carretera. También se encargará de certificar al personal que trabajará en las inspecciones de esta vía.

Tabla 3.22 Ficha de inspección visual

Prog.inicial	Prog.final	Fotografía	Descripción
0+000	0+200		<p>Falta de limpieza en los subdrenes</p> <p>Presencia de maleza en las zonas laterales.</p> <p>Fisuras en la calzada</p>
0+200	0+400		<p>Bacheo en la calzada del pavimento. Falta de desbroce de maleza en las zonas laterales.</p>
0+400	0+600		<p>Fisuras en las cunetas. falta de limpieza</p>
0+600	0+800		<p>Presencia de maleza en las zonas laterales. Fisuras en la calzada.</p>

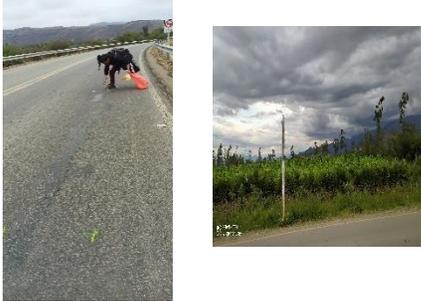
Prog.inicial	Prog.final	Fotografía	Descripción
0+800	1+000		Fisura vertical en la calzada, falta de limpieza en la cuneta de lado derecho de ida
1+000	1+200		<p>Presencia de maleza y basuras alrededor del subdrenaje</p> <p>El agua evacuada por los subdrenajes desemboca hacia los terrenos de cultivo que existe en la zona</p>

<p>1+200</p>	<p>1+400</p>		<p>Fisura transversal cerca de una junta</p>
<p>1+400</p>	<p>1+600</p>		<p>Piel de cocodrilo en la calzada, presencia excesiva de tránsito pesado.</p>

Prog.inicial	Prog.final	Fotografía	Descripción
1+600	1+800		<p>Presencia de maleza en las zonas laterales. Fisuras en la calzada</p>
1+800	2+000		<p>Fisuras laterales de longitud considerable, presencia de maleza</p>
2+000	2+200		<p>Fisuras transversales en la calzada, presencia de maleza en la zona lateral</p>
2+200	2+400		<p>Falla piel de cocodrilo en la calzada de considerable longitud, presencia excesiva de tránsito pesado</p>

Prog.inicial	Prog.final	Fotografía	Descripción
2+400	2+600		Presencia de maleza en la parte lateral de la calzada, fisuras longitudinales
2+600	2+800		piel de cocodrilo de con severidad baja en el carril izquierdo
2+800	3+000		<p>Poca presencia de maleza alrededor de los subdrenes permitiendo el flujo del agua hasta su desagüe final sin ninguna obstrucción</p> <p>El agua fluye hacia lecho de la quebrada.</p>

3+000	3+200		Fisura lateral con baja severidad, Falta de desbroce de maleza
-------	-------	---	--

Prog.inicial	Prog.final	Fotografía	Descripción
3+200	3+400		Falta de desbroce de maleza, fisuras laterales en la calzada.
3+400	3+600		Fisura longitudinal de alta severidad, falta de desbroce de maleza
3+600	3+800		Fisura parabólica de baja severidad
3+800	4+000		Fisuras longitudinales de baja severidad

Prog.inicial	Prog.final	Fotografía	Descripción
4+000	4+200		Piel de cocodrilo con baja severidad en la calzada izquierda.
4+200	4+400		Fisura transversal de baja severidad, presencia de maleza en la parte lateral.
4+400	4+600		Ahuellamiento de baja severidad en el carril izquierdo
4+600	4+800		Falta de desbroce de maleza en las zonas laterales. Presencia de hueco en la calzada

Prog.inicial	Prog.final	Fotografía	Descripción
4+800	5+000		Fisura transversal de baja severidad en la calzada, presencia de maleza en la parte lateral
5+000	5+200		Piel de cocodrilo de severidad media en el carril derecho.
5+200	5+400		Fisura transversal de alta severidad en el carril derecho.
5+400	5+600		Fisura lateral de severidad alta en el carril derecho.

Prog.inicial	Prog.final	Fotografía	Descripción
5+600	5+800		Fisura transversal de severidad media, presencia de maleza en la parte lateral de la calzada.
5+800	6+000		Presencia de maleza en las zonas laterales. Fisuras en la calzada.
6+000	6+200		Ahuellamiento de severidad media en el carril izquierdo.
6+200	6+400		Ahuellamiento de severidad baja en el carril derecho.

Prog.inicial	Prog.final	Fotografía	Descripción
6+400	6+600		Calzada obstruida por maleza. Falta de limpieza en la calzada.
6+600	6+800	  	<p>Presencia de basura y malezas alrededor del subdrenaje de la parte de ida del carril derecho</p> <p>El flujo del agua fluye a la zona de cultivos sin ninguna obstrucción.</p> <p>Barrera de protección vial con hundimiento en la parte del carril izquierdo.</p>

6+800	7+000		Ahuellamiento en el carril izquierdo de severidad media, exceso de tránsito pesado.
7+000	7+200		Fisura transversal en la calzada de baja severidad.

Fuente: Elaboración propia

3.11 ANÁLISIS Y CORRELACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL

El resultado alcanzado por los distintos ensayos en el cual se puede verificar el estado actual de la carretera Rancho Norte-Tranca Pajchani por el método PCI con un resultado de 69,92 % se encuentra en buenas condiciones no existe muchas fallas que deteriore la carretera ; mediante el método de evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), nos ha dado un valor del IRI igual a 2,41 m/Km, corresponde a un IRI del pavimento nuevo, por el resultado del método de IFI ,la calificación de regular a buena; por lo tanto, nos lleva a concluir que la capa de rodadura cuenta con una buena adherencia entre el neumático de vehículo y la superficie, es decir que el vehículo se desplaza de buena manera y que los neumáticos no sufren desgaste por fricción.

se concluye que se debe optar por los dos tipos de mantenimiento como el Rutinario y preventivo con la finalidad de poder conservar y prevenir el deterioro de la carretera .

3.11.1 Prevención

Ante el análisis visual efectuada en el tramo Rancho norte- Tranca Pajchani. Se realizo un inventario vial para determinar la cantidad de las cunetas, barrera de protección metálica. (Ver ANEXO 6. Inventario vial para cunetas y barrera de protección)

podemos percatarnos que falta:

Señalizaciones verticales. - No cuenta con señalizaciones en más de 2 tramos, una de ellas está en una curva la cual requiere colocado de señalización preventivo.

limpieza de cunetas y desbroce .- Si bien cuenta con cunetas el tramo , sin embargo, no están limpias como debería ser, en su entorno existe malezas desborde de tierra .

en la **tabla 3.23** se detalla de acuerdo a las progresivas las fallas que se encuentran entre otras anomalías del tramo en estudio.

Tabla 3.23 Ficha de análisis visual

Prog.inicial	Prog.final	Fotografía	Descripción
0+000	0+200		Deterioro de la berma izquierdo. Requiere de mantenimiento
0+400	0+800		Presencia de maleza en las zonas laterales de la calzada. Requiere de limpieza temporal
1+200	1+400		Cuneta con presencia de tierra y basuras. Requiere limpieza constante.
1+400	1+600		Presencia de malezas cerca la cuneta. Requiere desbroce de malezas

Prog.inicial	Prog.final	Fotografía	Descripción
2+000	2+200		<p>Presencia de maleza, tierra en el drenaje de lado izquierdo de la calzada. Requiere de una limpieza</p>
2+400	2+600		<p>Presencia de maleza, tierra, basura en el drenaje de la parte izquierda de la calzada. Requiere de limpieza profunda</p>
2+800	3+000		<p>Requiere de alumbrado público en todo el tramo</p>
3+400	3+600		<p>Requiere de reparación la barrera de seguridad vial.</p>

Prog.inicial	Prog.final	Fotografía	Descripción
4+000	4+200		<p>Requiere de repintado en los rompes muelles</p>
4+200	4+400		<p>Requiere de implementación tachones, para evitar fatales accidentes, reparación de barreras de protección vial, se requiere mayor señalización.</p>
5+600	5+800		<p>Requiere reparación de la barrera de protección vial.</p>
6+400	6+600		<p>Requiere de limpieza de drenaje y desbroce de maleza</p>

6+400	6+600		Limpieza de la caída escalonada la cual desemboca su agua a la zona de cultivo
-------	-------	--	--

Prog.inicial	Prog.final	Fotografía	Descripción
6+600	6+800		Se requiere reparar la barrera de protección vial
6+800	7+000		Requiere de limpieza de malezas cerca de la cuneta
7+000	7+200		Requiere de limpieza profunda del drenaje

Fuente: Elaboración propia

3.11.1.1 Ficha de inspección visual de señalización vertical

En este apartado se realizó un conteo manual de las señalizaciones verticales cada 1000 metros. (Ver ANEXO 7. Inventario vial para señalización vertical).

Tabla 3.24 Ficha de inspección visual señalización vertical

Total	Generalidades	
	Numero de señal	35,000
	Visibilidad (0-10)	5,250
	Deterioro	
	Decoloración (0-10)	3,875
	Daños en estructura o cimentación (0-10)	2,625
	Suciedad (0-10)	3,375

Fuente :Elaboración propia

Se encontró un total de 35 señalizaciones verticales de las cuales existe un promedio del 0 al 10 un 5,25 falta de visibilidad, decoloración asiendo un promedio del 0-10 tenemos un 3,875, Daños en estructura 2,625, suciedad 3,375 tal como se muestra en **tabla 3.24**.

3.11.1.2 Ficha de inspección visual de señalización horizontal

Al igual que la señalización vertical se realizó conteo cada 1000 m, el conteo en ese tramo se realizó para ambos carriles. (Ver ANEXO 8. Inventario vial para señalización horizontal).

Tabla 3.25 Ficha de inspección visual señalización horizontal

Ficha de inspección visual de señalización horizontal		
Total	Tachas reflectivas (ojo de gato)	
	Nº.de total	1056,00
	Nº. de Sucios	224,00
	Nº. rotos	72,00
	Nº. mal orientados	70,00
	Nº .buen estado	690,00

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la señalización horizontal en el caso de las tachas reflectivas (ojo de gato) hay un total de 1056 unidades en el tramo de estudio donde se puede percibir que solo hay 690 unidades en buen estado dando un porcentaje de 63,34 % lo cual nos indica que se debe realizar un mantenimiento rutinario.

3.12 PLANTILLAS DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Luego de que se realizó el diagnóstico del estado actual de la vía, en base a mi criterio y apoyándome en la norma ASSHTO, y criterios instituidos por el Manual de conservación de carretera de la ABC , se seleccionaron una serie de actividades que se tabularon en forma de plantilla, esto debe realizarse para cada labor de mantenimiento que se haga en la vía. Para este trabajo solo se realizaron las actividades que se prevé que se ejecuten con mayor frecuencia en el tramo de carretera que se ha seleccionado.

3.12.1 Plantillas de mantenimiento para un periodo de corto plazo

En el subtítulo 3.10 donde se realizó la inspección visual se detallan las fallas que existe en el tramo Rancho Norte-Tranca Pajchani de la cual se puede analizar 2 tipos de mantenimiento en base a la inspección visual realizada.

Tabla 3.26 Plantilla de mantenimiento para limpieza de cunetas a maquina

Mantenimiento Rutinario		
Actividades : Limpieza de cunetas a maquina		
Propósito y criterios para ejecución		
Mantener las cunetas y entradas y salidas de las alcantarillas libre de materiales sedimentados, vegetación. Restablecer el drenaje normal en las cunetas, en el camino el tránsito de los vehículos, el normal uso de las bermas y encauzar el drenaje superficial a las cunetas, Una vez identificado el problema solucionar de manera inmediata, preferiblemente, en época de estiaje, donde las lluvias no perjudiquen en la ejecución de la actividad.		
Procedimiento de trabajo		
1	Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad. Se debe contar con la suficiente señalización para evitar accidentes con los vehículos.	
2	El personal debe contar con los uniformes, cascos, chalecos reflectivos y todos los elementos de seguridad industrial de acuerdo con las normas establecidas.	
3	Cargar con maquinaria el material sedimentado y transportarlo hasta los sitios autorizados. Los sitios de vaciado autorizados por el supervisor vial, tendrán como requisitos indispensables que el material depositado en estos no provocará en ningún momento obstrucción a los sistemas de drenaje del camino, daños a la ecología de la zona o contaminación de los cursos de agua.	
4	El trabajo se dará por terminado cuando todo el material suelto, que la maquinaria no pudo cargar haya sido removido por los peones, cargado y transportado a los sitios autorizados.	
5	En el desarrollo de la actividad se garantizará que las operaciones necesarias para su realización, no producirán ningún daño a la calzada, superficie de rodadura o cualquier otro elemento del camino.	
Nota:		
Personal	Equipo	Material a utilizar
1 operador, 1 ayudante de operador, 1 chofer, 2 peones	Retroexcavadora, volqueta ≥ 8 m ³	
Observación: se asume un trabajo de 3 km por día		
Fecha:	Aprobado por (Nombre y Firma)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.27 Plantilla de mantenimiento para limpieza y desbroce a maquina

Mantenimiento Rutinario		
Actividades : Limpieza y desbroce a maquina		
Propósito y criterios para ejecución		
Mantener la vía sin de obstáculos y con libre visibilidad. Posterior a la inspección, una vez que se identifique la acumulación excesiva de vegetación, tales como maleza, pastos, ramas grandes y arbustos que estén afectando la transitabilidad		
Procedimiento de trabajo		
1	Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad.	
2	El personal debe contar con los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad industrial de acuerdo con normas establecidas.	
3	Mediante el equipo propuesto y aceptado, efectuar el corte de la vegetación por encima del terreno natural, en los sectores, anchos y alturas que sean instruidos por el Supervisor; posteriormente disponer y acumular para posterior retiro. La limpieza también incluirá escombros, basura o cualquier otro material extraño presente dentro el ancho de limpieza y desbroce especificado	
4	Efectuar la remoción o retiro del material cortado para posterior eliminación en sitios autorizados por el supervisor.	
5	Al terminar los trabajos, retirar las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.	
Nota:		
Personal	Equipo	Material a utilizar
1 operador, 2 peón	Tractor agrícola con desbrozadora	
Observación: se asume un trabajo variable por día		
Fecha:	Aprobado por (Nombre y Firma)	

Fuente: Elaboración propia

3.12.2 Plantillas de mantenimiento rutinario para mediano plazo

En este apartado se realizó mantenimiento periódico a mediano plazo de 3 años

Tabla 3.28 Plantilla para reposición de marcas en el pavimento

Mantenimiento Rutinario		
Actividades : Reposición de marcas en el pavimento		
Propósito y criterios para ejecución		
Mantener, preservar o incorporar señalización horizontal en el área pavimentada, cuyo desgaste de pintura es evidente o prácticamente inexistente, con el propósito de generar seguridad adecuada en la vía. Además, se pretende lograr una buena apariencia visual.		
Procedimiento de trabajo		
1	Aislar la zona de trabajo mediante la colocación de señales y elementos de seguridad	
2	Aplicar la pintura utilizando medios mecánicos.	
3	Las pinturas deben ser reflectantes cumpliendo con las normas establecidas	
4	Solo se aplicará la pintura en superficies limpias y secas y en condiciones climáticas favorables.	
NOTA:	La pintura no se debe aplicar cuando exista el peligro de lluvia, neblina o condensación.	
Personal	Equipo	Material a utilizar
1 Chofer , 1 ayudante , 3 peones	1 maquina pinta banda 1 Escoba mecánica remolcable	Pintura al aceite
Observación: Producción promedio por día 960 m2		
Fecha:	Aprobado por (Nombre y Firma)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.29 Plantilla para remplazo o instalación de tachas reflectivas (Ojos de gato)

Mantenimiento Rutinario		
Actividades : Remplazo o instalación de tachas reflectivas (Ojos de gato)		
Propósito y criterios para ejecución		
Colocar las tachas reflectivas para advertir al usuario de la vía de los sectores peligrosos o cuando por condiciones de diseño o visibilidad, se requieran, especialmente para la conducción nocturna y en condiciones de lluvia, Los sectores de vía, forma, dimensiones y tipo de material de las tachas deberán definirse en un estudio o similares a las existentes.		
Procedimiento de trabajo		
1	Colocar señalización preventiva y dispositivos de seguridad;	
2	El área del pavimento donde se colocará la tacha deberá estar libre de polvo, compuestos de curado, grasa, aceite, pintura o cualquier otra materia extraña que pudiere afectar negativamente la acción ligante del adhesivo. Para estos efectos, la superficie indicada se deberá limpiar con un disco esmerilador de grano grueso, mediante chorro de arena o mediante un procedimiento de similar efectividad.	
3	El adhesivo se deberá preparar de acuerdo con las Instrucciones del fabricante, considerando que las cantidades requeridas dependen de la textura de la superficie del pavimento. En todo caso, no se deberá preparar más mezcla adhesiva que la que se pueda utilizar en 10 minutos. Se utilizará adhesivo epóxico en superficies de pavimento rígido y adhesivo bituminoso en superficies de pavimento flexible.	
4	Las tachas deberán ser protegidas de golpes por un lapso mínimo de 30 minutos después de colocadas. Además, durante el período que dure el proceso de endurecimiento del pegamento, se deberán tomar todas las precauciones necesarias para evitar que el tránsito pase sobre las tachas. Para esto, el Contratista deberá colocar conos, barreras y la señalización de faenas necesaria en conformidad a lo indicado en el Capítulo 4, Señalización en Zonas de Trabajos del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito.	
5	Se debe cumplir con las especificaciones de manuales técnicos.	
Nota:		
Personal	Equipo	Material a utilizar
1 operador, 3 peones, 1 chofer	1 equipo para preparar el adhesivo, 1 camioneta	Tacha reflectiva (ojo de gato), pegante epóxico o bituminoso
Observación: promedio por día 100 pzas		
Fecha:	Aprobado por (Nombre y Firma)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.30 Plantilla para reparación de defensas laterales metálicas (Flex Beam)

Mantenimiento Rutinario		
Actividades : Reparación o instalación de defensas laterales metálicas (Flex Beam)		
Propósito y criterios para ejecución		
Realizar los trabajos necesarios para reparar o instalar barreras metálicas, incluyendo las barandas de contención, los postes de sujeción, los elementos accesorios y de fijación, los separadores y cualquier otra pieza o elementos que se requieran. La actividad debe ejecutarse lo más pronto posible una vez identificada su condición defectuosa o su destrucción.		
Procedimiento de trabajo		
1	Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad.	
2	El personal debe contar con los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad industrial de acuerdo con las normas establecidas.	
3	Los tramos de defensa metálica o sus componentes, que estén dañados, se desmantelarán totalmente. La remoción se realizará cuidadosamente hasta los límites establecidos, con equipo adecuado y de tal manera que las partes restantes de la defensa no sean dañadas.	
4	Las barreras, postes, separadores, tornillos y arandelas deberán cumplir con todo lo especificado en ETG 06-06 defensas laterales metálicas, incluye terminales de las especificaciones técnicas generales.	
5	Al terminar los trabajos, retirar las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.	
Nota:		
Personal	Equipo	Material a utilizar
1 chofer, 4 peones	Volqueta <=8 m3	1 viga metálica, 2 postes metálicos, 8 pernos y arandelas, 2 espaciadores, 2 terminales
Observación: Producción promedio por día 10 m		
Fecha:	Aprobado por (Nombre y Firma)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.31 Plantilla para reductores de velocidad

Mantenimiento Rutinario		
Actividades : Reductores de velocidad		
Propósito y criterios para ejecución		
Preservar las vidas humanas y evitar pérdidas materiales, se colocan cuando no se ha podido cumplir la reglamentación de velocidad de operación vehicular a través de señales verticales. Primordialmente puede ser resultado de una Auditoria de Seguridad Vial, debiendo también estar precedida de un estudio de ingeniería de tránsito, documento en un Expediente Técnico que recomiende su uso y tenga en cuenta la aceptación por parte de la comunidad.		
Procedimiento de trabajo		
1	Colocar señales preventivas, dispositivos de seguridad y adoptar las medidas necesarias que garanticen la ejecución segura de los trabajos y el ordenamiento del tránsito sin riesgo de accidentes.	
2	Distribuir los trabajadores viales con base en la programación de esta actividad.	
3	Limpiar la zona del pavimento donde se colocarán los reductores de velocidad y su señalización, dejándola libre de basuras, polvo, grasas, aceites, pintura o cualquier otra materia extraña que pudiese afectar negativamente la instalación.	
4	Tomar algunas fotografías respectivas de la situación inicial y en actividades de avance.	
5	Limpiar la zona del pavimento donde se colocarán los reductores de velocidad y su señalización, dejándola libre de basuras, polvo, grasas, aceites, pintura o cualquier otra materia extraña que pudiese afectar negativamente la instalación.	
6	Verificar el funcionamiento operativo de los reductores de velocidad instalados con su correspondiente señalización y proceder a realizar cambios o ajustes en caso necesario, con el propósito de evitar que los nuevos dispositivos se puedan convertir en elementos generadores de accidentes de tránsito.	
7	Al terminar los trabajos, retirar las señales y dispositivos de seguridad, en forma inversa a como fueron colocados.	
Nota:		
Personal	Equipo	Material a utilizar
1 especialista, 5 peones	1 compresor, señales y 6 dispositivo de seguridad, herramientas manuales lo necesario	Las líneas reductoras de velocidad se harán con los mismos materiales utilizados en las marcas permanentes en el pavimento: pinturas, termoplásticos, plásticos, plásticos en frío de dos componentes, material preformado y microesferas de vidrio. Las bandas sonoras deberán ser elaboradas mediante aglomerados o tachas reflectivas sujetas al piso mediante adhesivos
Observación: Producción promedio por día 1 var		
Fecha:	Aprobado por (Nombre y Firma)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.32 Plantilla para sellados de fisuras

Mantenimiento Rutinario		
Actividades : Sellado de Fisuras		
Propósito y criterios para ejecución		
Evitar la infiltración de agua dentro las capas inferiores del pavimento, prevenir la introducción de partículas extrañas que restrinjan los movimientos de dilatación y contracción debidos a cambios de temperatura, retardar la formación de agrietamientos más severos como los de piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches.		
Procedimiento de trabajo		
1	Aislar la zona de trabajo mediante la colocación de señales y elementos de seguridad.	
2	Delimitar el área donde se ejecutará el sellado.	
3	Rellenar las aberturas con material bituminoso.	
4	El trabajo de sellado sólo se debe realizar cuando la temperatura ambiente sea superior a 5° C e inferior a 30 °C	
Nota:		
Personal	Equipo	Material a utilizar
1 operador, 1 Chofer, 1 peón	1 volqueta, 1 Compactador de rodillo neumático, 1 Compresor de aire, 1 calentador de asfalto, Distribuidor de arena, 1 sierra circular	Asfalto rebajado FR o Emulsión asfáltica CSS o Asfalto Modificado o Mezcla asfáltica osellante, arena fina, gasolina especial
Observación: PRODUCCION PROMEDIO POR DIA 700 m		
Fecha:	Aprobado por (Nombre y Firma)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.33 Plantilla para reposición de postes para señales verticales

Mantenimiento Rutinario		
Actividades : Reposición o instalación de postes para señal vertical		
Propósito y criterios para ejecución		
Reposición o instalación de nuevos postes de hormigón para señalización vertical con el fin de brindar información necesaria al usuario para una circulación ordenada y segura.		
Procedimiento de trabajo		
1	Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad.	
2	El personal debe contar con los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad industrial de acuerdo con las normas establecidas. Adoptar las medidas de seguridad necesarias cuando los trabajos se realicen con el puente en servicio, antes de iniciar los trabajos.	
3	Localizar los puntos donde se repondrán los postes para las señales verticales de acuerdo con el estado de deterioro.	
4	Realizar la excavación para la colocación de la estructura, conforme a las dimensiones establecidas en el proyecto a una profundidad no menor a 0,45 m. La excavación se rellenará con Hormigón Tipo C. La sección de la fundación deberá cumplir con las dimensiones mínimas establecidas en el Anexo B Especificaciones Técnicas Tabla de la figura 1.1-2 del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la ABC.	
5	Retirar el material de excavación, colocándolo en sitios que no afecten el entorno ambiental y evitando que sea arrastrado al sistema de drenaje del camino. Asimismo, retirar la señal deteriorada y llevarla al sitio de depósito previsto para el efecto.	
NOTA:		
Personal	Equipo	Material a utilizar
1 chofer, 4 Peones	Volqueta ≤ 8 m ³	Poste H° prefabricado , Hormigón tipo
Observación: se asume un trabajo 10 pza por día		
Fecha:	Aprobado por (Nombre y Firma)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.34 Plantilla para reposición o instalación de placas de señales verticales

Mantenimiento Rutinario		
Actividades : Reposición o instalación de placas de señales verticales		
Propósito y criterios para ejecución		
Reposición o instalación de nuevas placas de señalización vertical con el fin de brindar información necesaria al usuario para una circulación ordenada y segura.		
Procedimiento de trabajo		
1	Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad.	
2	Localizar los puntos donde se repondrán las señales verticales de acuerdo con el estado de deterioro.	
3	Cuando únicamente se vayan a reponer las placas de las señales, éstas se retirarán completamente sin dañar su estructura de soporte u otras placas. Cuando se vaya a reponer una parte de la estructura de soporte, se removerán de acuerdo a lo indicado en la Norma de Conservación "703 Reposición o Instalación de Postes para señales verticales".	
4	Inmediatamente antes de la reparación, la superficie de la estructura de soporte que recibirá la nueva placa, estará limpia, exenta de sustancias extrañas, óxido, polvo o humedad excesiva. Para tal objeto se limpiará enérgicamente toda la superficie, empleando cepillos de alambre, agua o arena a presión o aire comprimido, según se requiera.	
5	La dimensión de las placas, material, espesor, retrorreflexión mínima y coordenadas cromáticas para los colores, deberán cumplir todo lo establecido en la sección 1.5 color y retro reflectancia del manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC.	
Nota:		
Personal	Equipo	Material a utilizar
1 chofer, 4 Peones	Volqueta <= 8 m3	Señal. Preventiva inc/acc, señal. restrictiva inc/acc., señal. informativa inc/acc.
Observación: se asume un trabajo 7 pza por día		
Fecha:	Aprobado por (Nombre y Firma)	

Fuente: Elaboración propia

3.12.3 Plantillas de mantenimiento periódico

Tabla 3.35 Plantilla para bacheo superficial

Mantenimiento periódico		
Actividades : Bacheo superficial		
Propósito y criterios para ejecución		
<p>Consiste en la reparación de baches y el reemplazo de áreas de pavimento que se encuentran deterioradas, siempre que afecten exclusivamente a la carpeta asfáltica de tratamiento simple, encontrándose en buenas condiciones la base granular y las capas inferiores.</p>		
Procedimiento de trabajo		
1	Aislar la zona de trabajo mediante la colocación de señales y elementos de seguridad	
2	Asegurarse que el área esta seca.	
3	Colocar la mezcla con palas o descargarlas directamente del camión. Si el área a ser bacheada es muy grande las capas no deben exceder los 5cm de espesor, y se debe apisonar de forma manual.	
4	Compactar el bacheo luego que la mezcla se haya enfriado lo suficiente como para que la compactadora no levante el material	
Nota:		
Personal	Equipo	Material a utilizar
1 chofer, 1 operador, 1 capataz 3 peones	1 compresor de aire, 1 contadora de disco, 1 compactador manual de rodillo liso, 1 volqueta < 8m ³ , 1 UPA	Asfalto diluido MC - 800, mezcla asfáltica (en función al espesor existente)
Observación: Para cada 160 m		
Fecha:	Aprobado por (Nombre y Firma)	

Fuente: Elaboración propia

3.13 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

El precio unitario de cada rubro se estableció en función del costo de la maquinaria o equipo a utilizarse; la mano de obra del personal operacional que está sujeto a la tabla, es determinada en base a la revista de presupuesto en moneda boliviana.

(Ver ANEXO 9. Precio unitario de cada ítem)

3.14 PRESUPUESTO REFERENCIAL

Para determinar el Presupuesto Referencial, se definieron los ítems a ejecutarse y se estableció un precio unitario para determinados plazos.

Tabla 3.36 Cómputos métricos para corto plazo

Ítem N.º	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Limpieza de cunetas a maquina	Km	6,82
2	Limpieza y desbroce a maquina	km	6,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.37 Precio referencial para corto plazo

Ítem N.º	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Costo de Ítems
1	Limpieza de cunetas a maquina	km	6,82	313,14,00	2135,61
2	Limpieza y desbroce a maquina	km	6,00	11,01	66,06
Precio referencial	Dos mil doscientos unos 67/100 bolivianos				2201,67

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un precio referencial de 2201,67 en moneda boliviana para corto plazo con el mantenimiento rutinario .

Tabla 3.38 Cómputos métricos para mediano plazo

Ítem N.º	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Reposición de marcas en el pavimento	m ²	200,00
2	Reemplazo o instalación de tachas reflectivas (Ojos de gato)	Pza.	72,00
3	Reparación o instalación de defensas laterales metálicas (Flex Beam)	m	25,00
4	Reductores de velocidad	Unid.	8,00
5	Sellado de fisuras	m	445,00
6	Reposición o instalación de postes para señal vertical	Pza.	8,00
7	Reposición o instalación de placas para señal vertical	Pza.	8,00
8	Bacheo superficial	m ²	156,89

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.39 Precio referencial para mediano plazo

Ítem N.º	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Costo de Ítems
1	Reposición de marcas en el pavimento	m ²	200,00	99,00	19800,00
2	Reemplazo o instalación de tachas reflectivas (Ojos de gato)	Pza.	72,00	83,49	6011,28
3	Reparación de defensas laterales metálicas (Flex Beam)	m	25,00	535,23	13380,75
4	Reductores de velocidad	Unid.	8,00	148,74	1189,92
5	Sellado de fisuras	m	445,00	1353,78	602432,10
6	Reposición de postes para señal vertical	Pza.	8,00	698,55	5588,40
7	Reposición de placas para señal vertical	Pza.	8,00	429,63	3437,04
8	Bacheo superficial	m ²	156,89	359,90	2879,20
Precio referencial	Seiscientos cincuenta y cuatro mil setecientos dieciocho 69/100 bolivianos				654718,69

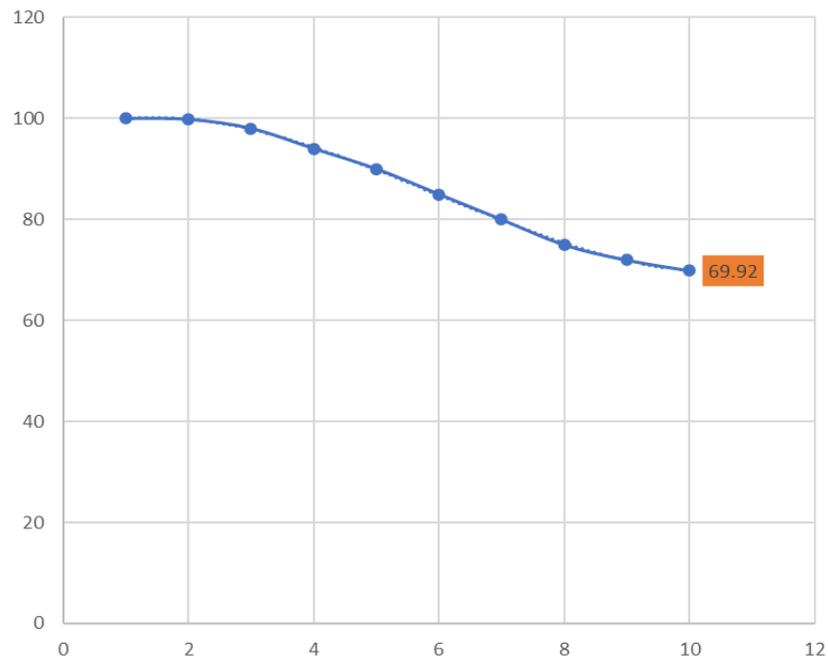
Fuente: Elaboración propia

Se realizó un precio referencial con el mantenimiento rutinario para mediano plazo con un monto de 654718,69 en moneda boliviana cuya actividad puede ser determinada dentro de tres años.

3.15 VALORACIÓN EN EL TIEMPO

Se realizó el ensayo del PCI en el campo previo a eso se determinó la valoración de tiempo en un lapso de 10 años , cuyo año tiene como funcionamiento la carretera

Gráfica 3.3 Valoración del tiempo



Fuente: Elaboración propia

3.16 ANÁLISIS POR EL TIPO DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento rutinario

- Limpieza de cunetas a maquina
- Limpieza y desbroce a maquina
- Reposición de marcas en el pavimento
- Reemplazo o instalación de tachas reflectivas (Ojos de gato)
- Reparación o instalación de defensas laterales metálicas (Flex Beam)
- Reductores de velocidad

- Sellado de fisuras
- Reposición o instalación de postes para señal vertical
- Reposición o instalación de placas para señal vertical

Mantenimiento periódico

- Bacheo superficial

De los resultados del inventario vial, se determina que la carretera Rancho Norte- Tranca Pajchani se encuentra en buenas condiciones ; por lo tanto, para preservar la vida útil es necesario proceder con el mantenimiento rutinario y posteriormente con el mantenimiento periódico.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El del tramo Rancho norte- Tranca Pajchasni es vital para la conectividad y transporte; su mantenimiento adecuado es crucial para garantizar la seguridad de los usuarios y prolongar su vida útil .
- Luego de la evolución realizada por el método de PCI dando así un valor de 69,92 se clásica el estado del pavimento a BUENO de acuerdo a los rangos establecidos por la normativa .
- Las dimensiones del paquete estructural del pavimento del tramo Rancho norte- Tranca Pajchani están dentro de la norma AASHTO-93, cuyas dimensiones fue proporcionado por la entidad ABC
- En el caso del análisis de serviabilidad PSR se obtuvo un valor de 3,46 calificando a BUENA según la norma de AASHTO -93
- Además se realizó otros ensayos como IRI que dieron resultados de 2,41 calificando el estado del pavimento como BUENO según el manual de Merlinier el cual tienen los valore desde 2- 3,5
- Se puede destacar algunas normas empleadas para el tramo en estudio como la ASTM E 303 AASHTO T278-90, ASTM E 965 entre otras normas.
- Se cumplió los objetivos específicos mencionados
- El plan diseñado en este trabajo, se hizo de forma tal, que con el cambio de los aspectos mencionados y manteniendo factores como criterios de inspección y evaluación, entre otros; se pueda elaborar con facilidad un plan de conservación nuevo para aplicarse en otras vías, partiendo del diseñado en este trabajo.
- De los resultados del inventario vial, se determina que la carretera Rancho Norte- Tranca Pajchani se encuentra en buenas condiciones ; por lo tanto, para preservar la vida útil es necesario proceder con el mantenimiento rutinario y posteriormente con el mantenimiento periódico.
- Con el análisis de precios unitarios se calculó el costo de mantenimiento a corto plazo y mediano plazo el monto referencial para el corto plazo es de 2201,67 bs y

el costo referencial a mediano plazo es de 654718,69 bs en base a los ítems necesarios.

4.2 RECOMENDACIONES

- Establecer una planilla de inspecciones y mantenimiento rutinario y periódico para identificar problemas tempranos y evitar costosas reparaciones mayores
- Se debe asignar un presupuesto flexible que permita abordar problemas imprevistos y realizar mejoras a medida que avanza el tiempo y las necesidades
- Es importante que las instituciones encargadas de la conservación vial cuenten con personal altamente capacitado para estar al frente de estos trabajos y sobre todo tenga bien claro los objetivos de la conservación vial.
- No se deben realizar trabajos en caso de humedad excesiva o posibilidad de lluvias. la humedad ambiental afecta notablemente los ensayos a realizar , como el caso del ensayo de círculo de arena y entre otros ensayos en el campo
- Se debe prever todo tipo de seguridad vial al momento de realizar cualquier tipo de ensayo en la carretera.