

# **CAPÍTULO I**

## **DISEÑO TEÓRICO**

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Introducción**

La gestión de mantenimiento en caminos no pavimentados es un conjunto de prácticas y estrategias destinadas a preservar, mejorar y prolongar la vida útil de las vías que no cuentan con pavimento asfáltico o de hormigón.

Los caminos no pavimentados de la provincia Cercado presentan un deterioro considerable debido a la falta de una adecuada gestión de mantenimiento. La escasa intervención por parte de las autoridades competentes ha provocado un progresivo deterioro de esta crucial infraestructura vial.

La DAV (Dirección de Administración Vial) Cercado, a través del maestro de rutas y secciones de control – Sub Gobernación Cercado, para la gestión 2023 del municipio de Cercado, proporciona un total de 256,22 km de mantenimiento a los caminos de la provincia Cercado, de los cuales aproximadamente el 18% corresponde a tratamiento asfáltico, el 12% corresponde a carpeta asfáltica, el 7% corresponde a empedrado, el 38% corresponde a plataforma de ripio, el 25% corresponde a nueva apertura de caminos.

En el presente trabajo de investigación se pretende desarrollar una propuesta de gestión de mantenimiento para caminos no pavimentados con plataforma de ripio. Para ello, se seleccionaron seis tramos representativos de la red vial no pavimentada de la provincia Cercado, elegidos estratégicamente en diferentes zonas de la provincia.

La base teórica de esta investigación se centra en la ingeniería de carreteras y caminos, la aplicación práctica se desarrolla en tramos de caminos no pavimentados que fueron elegidos por sus características particulares, donde su relevancia social radica en mejorar estos caminos para que sean más seguros y beneficien a las comunidades que los utilizan a diario.

### **1.2. Antecedentes**

**JEREZ P, 2021** estudió la evaluación de mantenimiento de caminos municipales por nivel de servicio, para evaluar el mantenimiento y la condición de servicio de caminos municipales mediante el método Nivel de Servicio en el tramo El Cadillar – La Victoria del municipio de San Lorenzo. Mediante el método PCI que es un procedimiento que

consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

El resultado obtenido utilizando el método de evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI), es de PCI igual a 46,50, corresponde a un PCI de REGULAR, lo cual nos muestra que estaría en los intervalos de (40 a 60) PCI.

En función a los resultados expuestos en el capítulo anterior, se puede articular las siguientes conclusiones:

- Se definió conceptos claros de lo que comprende el mantenimiento y conservación de una carretera municipal.
- Se evaluó superficialmente el tramo en estudio de acuerdo a las normas y estándares que rige el determinado proceso de los ensayos requeridos para determinar el estado actual de la carretera, logrando establecer que el tramo El Cadillac – La Victoria se encuentra en condiciones regulares.

**CALDERÓN RIOS N, 2019** realizó la evaluación de caminos de tierra de bajo volumen de tráfico con fines de tratamiento directo para el tramo Canaletas – Narváez. El trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar un camino no pavimentado de bajo volumen de tráfico, por medio de evaluaciones superficiales y estructurales que permitan determinar las características y condición del tramo, con la finalidad de plantear como solución el tratamiento superficial directo para mejorar sus condiciones técnicas a bajo costo.

Por lo tanto, se dividió el tramo de la vía sin capa de rodadura cada kilómetro por medio de estacas, así mismo se procedió a identificar secciones tanto buenas como malas dentro de cada kilómetro llamándolas unidades de inspección o unidades de muestreo.

La unidad de inspección es el área de vía para evaluación y calificación del URCI. Se determina el número de unidades de inspección para la evaluación, en este caso son 13 unidades de inspección, una por kilómetro. Se hizo la inspección de la condición

superficial mediante la metodología URCI. Se calcula el URCI de cada unidad de inspección y se preparan reportes para cada sección de la red vial.

Analizando la evaluación superficial por el método URCI se llegó a la conclusión de que el tramo Canaletas- Narváez tiene un índice promedio de valor URCI de 74 que indica una condición MUY BUENA.

Se logro concluir que por medio de la evaluación superficial se consiguió identificar todas las fallas sobre la carpeta de afirmado dentro del área de muestreo para determinar la condición de la vía no pavimentada, en donde esta condición llega a un resultado que varía de una condición buena a una muy buena, es decir que se pudo llegar a la conclusión de que el tramo Canaletas – Narváez se encuentra en buenas condiciones, sin embargo es evidente que el tramo presenta fallas como baches, calaminas, agregado suelto, etc., que con las soluciones planteadas solo para un diseño de carpeta asfáltica se podría realizar directamente sobre el rypiado, dando la opción de previamente realizar un escarificado y compactado.

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Justificación académica**

La gestión de mantenimiento en caminos no pavimentados se basa en la necesidad de minimizar los deterioros comunes que afectan a estos caminos, como el agregado suelto, baches, ahuellamiento, etc.

En la provincia Cercado una gran cantidad de caminos no pavimentados se encuentran en mal estado, causadas por factores climáticos, tránsito vehicular pesado y falta de una gestión de mantenimiento efectivo.

#### **1.3.2. Justificación Técnica**

La forma y uso de los procesos planteados para la evaluación y gestión de mantenimiento de caminos no pavimentados se basan en técnicas de inspección visual y mediciones, estos procesos permiten un diagnóstico preciso y oportuno del estado de los caminos. La utilización de herramientas manuales y equipos sencillos hace que la implementación sea práctica y económica.

Las recomendaciones más pertinentes incluyen la capacitación de personal para realizar las evaluaciones, lo que asegura la sostenibilidad del proyecto. Además, se sugiere establecer un calendario de mantenimiento regular, basado en los datos recopilados, para prevenir el deterioro acelerado de los caminos. Estas acciones son esenciales para mantener la infraestructura vial en condiciones óptimas y garantizar la seguridad de los usuarios.

### **1.3.3. Justificación e importancia Social**

La propuesta de gestión de mantenimiento en caminos no pavimentados beneficiará a la población de zonas rurales y periurbanas, permitiéndoles acceder con mayor facilidad a servicios básicos y oportunidades económicas.

## **1.4. Planteamiento del problema**

### **1.4.1. Situación problemática**

La gestión de mantenimiento en caminos no pavimentados es un proceso sistemático que busca preservar la transitabilidad y vida útil de esta infraestructura. Esto implica actividades como inspecciones periódicas, reparación de daños, nivelación de la superficie, construcción de sistemas de drenaje y técnicas de estabilización de la estructura del camino.

La realidad de la gestión de mantenimiento en caminos no pavimentados de la provincia Cercado es deficiente. Predomina un enfoque reactivo, donde se interviene únicamente cuando los problemas son graves, además, los recursos financieros y humanos destinados a esta tarea son a menudo insuficientes, mientras que la coordinación entre las diferentes entidades responsables es limitada.

La ausencia de una gestión de mantenimiento eficaz para los caminos no pavimentados conlleva a mayores costos, problemas de transitabilidad y conectividad, y un impacto negativo en el desarrollo económico y social de las comunidades que dependen de esta infraestructura vial.

Es necesario evaluar los caminos no pavimentados, identificando la condición de estado utilizando metodologías establecidas, el análisis de estos indicadores permite priorizar actividades de mantenimiento.

#### **1.4.2. Formulación del Problema**

¿Cómo afecta la evaluación superficial en la gestión de mantenimiento de caminos no pavimentados de la provincia Cercado?

### **1.5. Objetivos**

#### **1.5.1. Objetivo general**

Evaluar la condición superficial de los caminos no pavimentados en la provincia Cercado, con el fin de desarrollar una propuesta de gestión de mantenimiento eficiente y sostenible. Esto permitirá identificar las necesidades de intervención y priorizar las acciones de mantenimiento, asegurando la transitabilidad y seguridad de los usuarios.

#### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Identificar y seleccionar los tramos de estudio en caminos no pavimentados de la provincia Cercado.
- Aplicar el método URCI para evaluar la condición superficial de los tramos seleccionados.
- Implementar y aplicar las metodologías ICNP y VIZIRET.
- Comparar y analizar los resultados obtenidos de las metodologías ICNP y VIZIRET con la metodología URCI.
- Determinar la confiabilidad del método URCI.
- Desarrollar un análisis descriptivo e inferencial a los resultados obtenidos en la metodología URCI.
- Desarrollar una propuesta de gestión de manteniendo para los caminos no pavimentados seleccionados.
- Establecer conclusiones y recomendaciones de acuerdo al estudio realizado a partir de los resultados obtenidos.

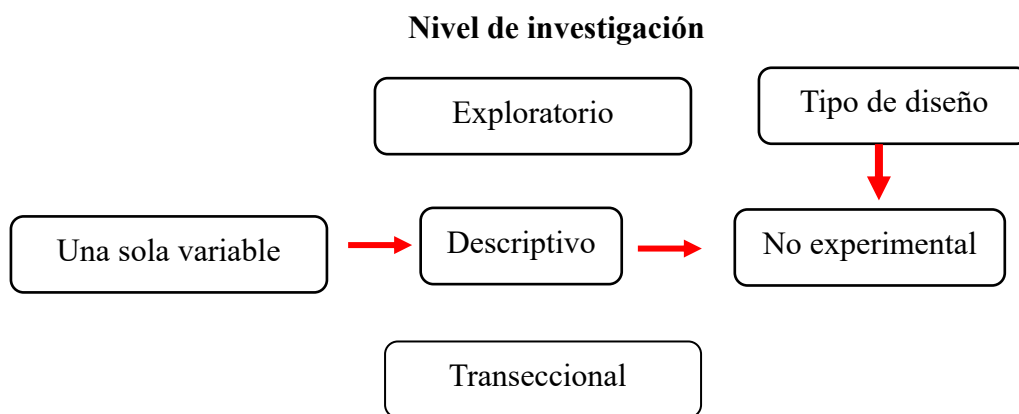
## 1.6. Hipótesis

Los tramos seleccionados de caminos no pavimentados en la provincia Cercado presentan una buena condición superficial.

## 1.7. Conceptualización de la variable

El presente proyecto de investigación descriptiva solo tiene “variable única” y está relacionada con la condición actual en la que se encuentra el elemento en estudio.

## 1.8. Alcance y tipo de investigación.



El alcance real de la presente investigación se la realiza identificando primero el número de variables, en este caso existe una sola variable que es el estado de la condición superficial, en tal sentido corresponde al nivel descriptivo, por lo tanto, la variable no es manipulada por el investigador lo que responde a un tipo de diseño “No experimental”. Transeccional ya que el objetivo es analizar la situación actual de la condición superficial en un momento dado, sin seguimientos a lo largo del tiempo.

**CAPÍTULO II**

**ESTADO DE**

**CONOCIMIENTO**

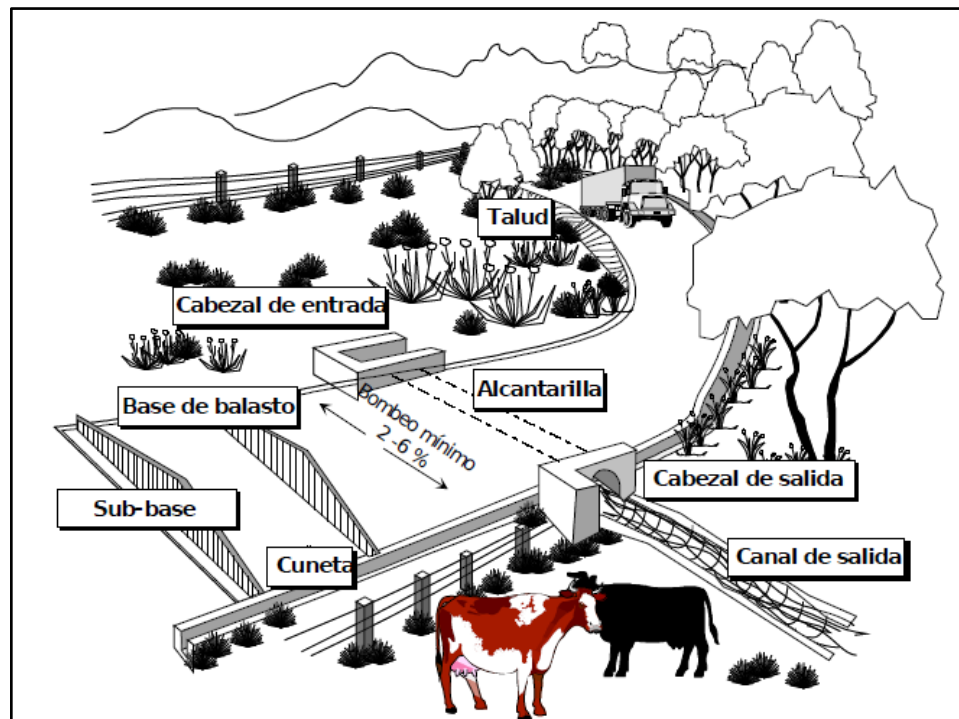


## CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL

### 2.1. Caminos no pavimentados

Los caminos no pavimentados son aquellas que tienen una superficie de rodadura formada por materiales granulares que han sido sometidas a tratamientos superficiales, trabajos previos de alineación, apropiada sección transversal y longitudinal y adecuado drenaje los cuales fueron construidos por la necesidad de acceder a lugares remotos. (Sherar, 2004)

Figura 1. Descripción grafica común de una carretera no pavimentada



Fuente: Ingeniería de caminos rurales

### 2.2. Tipos de carreteras

Las carreteras no pavimentadas por las capas superiores y la superficie de rodadura, se pueden ser de tres categorías:

#### 2.2.1. Caminos de tierra

Constituidas por suelos naturales y grava tratada con zarandeo. (Aranibar, 2018)

### **2.2.2. Caminos gravosos**

Constituidas por una capa de revestimiento con material natural granular sin procesar que es seleccionado manualmente o por zarandeo. Su tamaño máximo es de 75mm. (Aranibar, 2018)

### **2.2.3. Caminos afirmados**

Aquellas que funcionan como superficie de rodadura y/o soporte al tráfico vehicular cuya capa de rodadura está constituida por materiales granulares naturales provenientes de canteras, excedentes de excavaciones o materiales que se ajustan a determinadas especificaciones técnicas en relación con su tamaño, su composición granulométrica, su resistencia y su calidad de finos. (Aranibar, 2018)

## **2.3. Clasificación de carreteras de acuerdo a su importancia**

El sistema de carreteras en Bolivia se clasifica en tres grupos de vías de acuerdo a su importancia y nivel de servicio: (Claros, 2015)

### **2.3.1. Carreteras de la red fundamental**

Quedan bajo competencia del Estado aquellas carreteras que:

- a) Vinculen las capitales políticas de los departamentos.
- b) Permitan la vinculación de carácter internacional, conectándose con las carreteras principales existentes de los países limítrofes.
- c) Conecten en los puntos adecuados dos o más carreteras de la red fundamental.
- d) Cumplan con las condiciones de protección ambiental.

### **2.3.2. Carretera de la Red Departamental**

Quedan bajo competencia de los gobiernos autónomos departamentales aquellas carreteras y/o caminos que:

- a) Integren las distintas regiones de un departamento.
- b) Se conecten directamente con la Red Vial Fundamental.
- c) Permitan la conexión corta a través de caminos municipales.

- d) Vinculen las capitales de provincia con la capital de departamento.
- e) Conecten con sistemas de transporte multimodal.
- f) Den acceso a polos de desarrollo departamentales. (Claros, 2015)

### **2.3.3. Carretera de la Red Municipal**

Quedan bajo competencia de los gobiernos municipales aquellas carreteras y/o caminos que:

- a) Son caminos alimentadores de la red departamental y/o fundamental.
- b) Vinculen las poblaciones rurales, comunidades o centros de producción, entre capitales de provincia o de capitales de provincia con capital de departamento. (Claros, 2015)

## **2.4. Gestión de infraestructura vial de carreteras**

Es la acción de administrar la infraestructura vial del sistema nacional de carreteras, a través de funciones de planeamiento y operación, incluyendo aquellas relacionadas con la preservación de la integridad física del derecho de vía. (Menéndez, 2003)

### **2.4.1. Gestión y análisis del ciclo de vida normal de los caminos no pavimentados**

En el ciclo de vida de los caminos no pavimentados la atención debe de tener mayor interés a una pavimentada ya que las acciones de conservación deben de planificarse de modo que no se permita un deterioro excesivo o la destrucción de la estructura conformada para estos caminos.

Una vez construidos estos caminos, su deterioro es consecuencia de diversos factores como son las cargas de tráfico, los efectos del medio ambiente y en algunos casos, los sistemas de drenaje inadecuados.

En teoría estos caminos tienen un ciclo normal de vida consta de cuatro etapas de deterioro. (Menéndez, 2003)

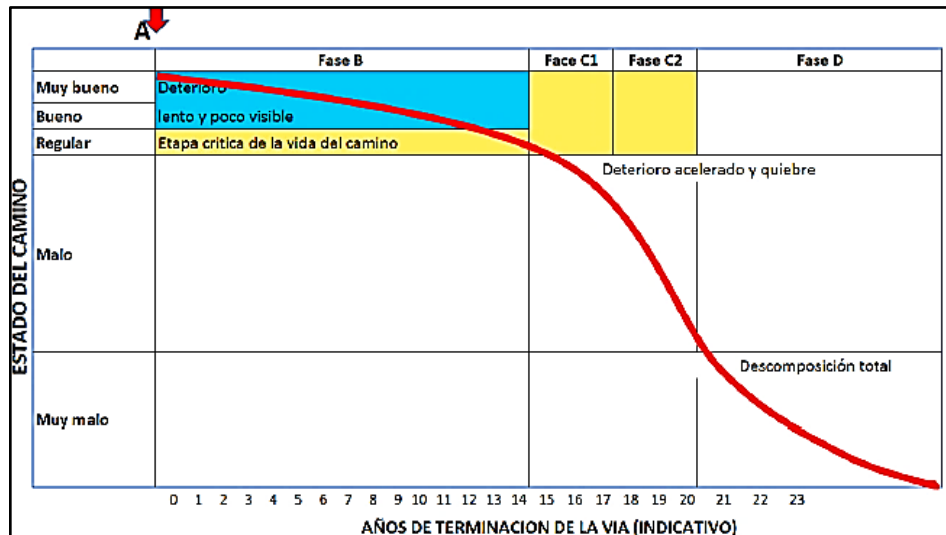
### **2.4.2. Ciclo de vida normal de los caminos**

Las carreteras no pavimentadas están conformadas por una superficie de rodadura de terreno natural o capa de material granular, expuesta a las condiciones climatológicas, la

geometría condicionada por la topografía y la acción del tráfico por lo cual el nivel de daño que pueda presentar dependerá de muchos factores a veces fuera de control como es el clima. Las fallas que presentan este tipo de carreteras estarán en función de las características de la superficie de rodadura. (Menéndez, 2003)

Como ya se ha mencionado los deterioros en las vías no pavimentadas se dan principalmente por la acción del tráfico y efectos del agua, estos dan lugar a la progresión del desgaste y la disminución del tránsito por la vía. Por esta razón se deben realizar medidas de intervención a tiempo y regulares para cumplir con el periodo de vida útil y no llegar a etapas de reconstrucción antes de tiempo. (Menéndez, 2003)

Figura 2. Condición de la vía sin mantenimiento



Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas, 2003

Fase A: Construcción. - Se encuentra en excelentes condiciones y para los usuarios no presenta ninguna incomodidad.

Fase B: Deterioro lento y poco visible. - Después de un tiempo la vía se va desgastando, donde se evidencia de manera clara el deterioro de la superficie de rodadura. La vía se encuentra en buen estado.

Fase C: Deterioro acelerado. - La carretera presenta además de un visible desgaste en la superficie de rodadura, afecciones en los demás elementos. Es una etapa de corta duración.

Fase D: Descomposición total. - Los usuarios tienen gran dificultad para transitar. La capacidad de la vía se ve reducida y afecta a los neumáticos, eje, etc. de los vehículos.

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

Figura 3. Fases de un sistema de gestión



Fuente: Manual de diseño y conservación vial, ABC (2011)

### 2.4.3. 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. (ABC, 2011)

### 2.4.4. Programación

Determinación de que sectores de la red o proyectos que podrán ser intervenidos con los recursos disponibles en el siguiente periodo presupuestario. (ABC, 2011)

### 2.4.5. 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. (ABC, 2011)

#### **2.4.6. Evaluación de resultados**

Se establece una medición periódica de factores funcionales y estructurales. (ABC, 2011)

#### **2.5. Tipos de fallas en caminos no pavimentados**

Las carreteras una vez construidas están sujetas a la acción del tráfico y a las condiciones meteorológicas por lo tanto se presentan fallas como:

- Pérdida de agregados
- Polvo.
- Huecos.
- Baches.
- Calamina.
- Ahuellamiento.
- Cunetas deterioradas.
- Desestabilización.
- Deterioro de señales.

#### **2.6. Metodologías de evaluación superficial**

Existen diferentes metodologías para caminos no pavimentados como ser:

- PASER
- TMH – 12
- URCI
- VIZIRET
- MTC
- ICNP

En el presente trabajo de investigación estudiaremos las metodologías URCI, ICNP y VIZIRET.

## 2.7. Unsurfaced Road Condition Index (URCI)

El método tiene como objetivo determinar las fallas de una carretera no pavimentada, estas fallas son determinadas de forma visual y métrica y entre ellas tenemos la sección transversal inadecuada, drenaje lateral inadecuado, calamina, polvo, baches, entre otros; Estos tipos de deterioros permiten determinar el índice de condición con la ayuda de un formato (Hoja de inspección), con el fin de obtener un componente muy importante como el sistema de manejo de mantenimiento. (Headquarters, 1995)

### 2.7.1. Medición de fallas y niveles de severidad

Para realizar la medición, se necesita reconocer ciertos tipos de daños en la vía, los cuales son denominados fallas. Para una carretera no pavimentada el URCI emplea siete tipos de fallas. Estas son las siguientes:

Tabla 1. Tipos de fallas URCI

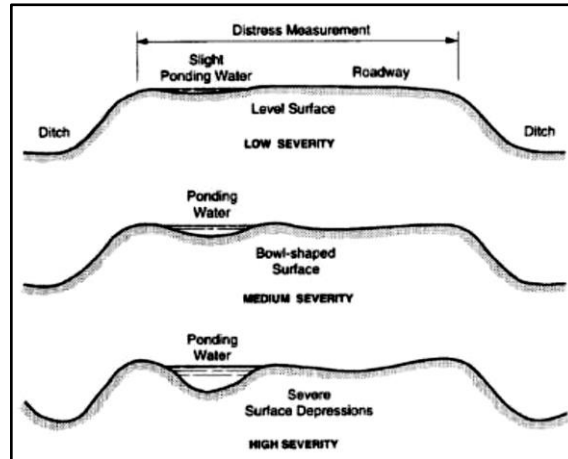
Numeración	Descripción
81	Sección transversal inadecuada
82	Drenaje lateral inadecuado
83	Calamina
84	Polvo
85	Baches
86	Ahuellamiento
87	Agregado suelto

Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

- Sección transversal inadecuada: La toma de medida de esta falla debe ser de forma lineal en toda su muestra. El nivel L presenta dos casos: si presenta pequeñas porciones de agua atrapadas o pruebas de agua atrapadas en la superficie de rodadura en la carretera; o La superficie de la carretera es totalmente plana. El Nivel M si presenta porciones de magnitud mediana de agua atrapadas o pruebas de agua atrapadas en la superficie de rodadura en la carretera; o la superficie de rodadura de la carretera tiene forma de cono. Y para concluir en el nivel H: Porciones de magnitud considerables de agua atrapadas o pruebas de agua

atrapadas en la superficie de rodadura en la carretera.; La superficie de rodadura de la carretera presenta grandes depresiones. (Headquarters, 1995)

Figura 4. Niveles de severidad de la falla sección transversal inadecuada

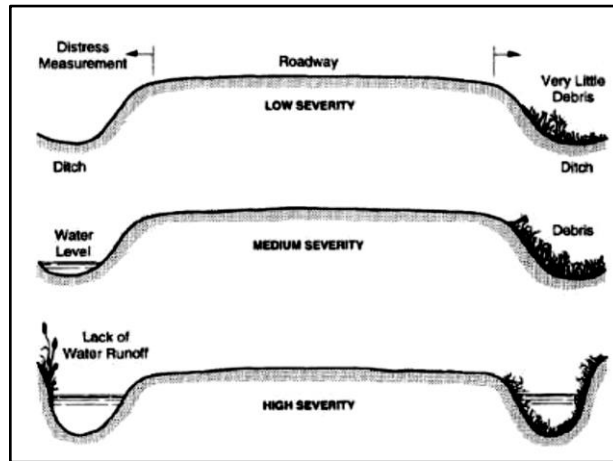


Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

- Drenaje lateral inadecuado: La toma de medida de esta falla debe ser de forma lineal en toda su muestra. En el nivel L: existen pequeñas cantidades de las siguientes: Agua en las zanjas; o vida vegetal en las zanjas. En el nivel M: existen cantidades moderadas de las siguientes: Agua en las zanjas, vida vegetal en las zanjas; o erosión de las zanjas. Por último, es de nivel H si: existen grandes cantidades de: Agua en las zanjas, vida vegetal considerable en las zanjas; o erosión de zanjas en bermas laterales o camino. (Headquarters, 1995)



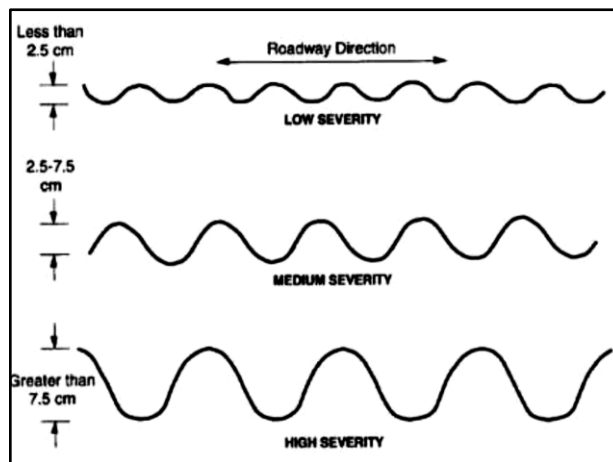
Figura 5. Niveles de severidad de la falla drenaje lateral inadecuado



Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

- Calaminado: Estas fallas son medidas en metros cuadrados de superficie de área por unidad de muestra. Es de nivel L si las dimensiones de esta falla son menores a 2,5 centímetros de profundidad. Es de nivel M si están entre 2,5 y 7,5 centímetros de profundidad. Y por último de nivel H si son de profundidad mayor a 7,5 centímetros. (Headquarters, 1995)

Figura 6. Niveles de severidad de la falla Calaminado

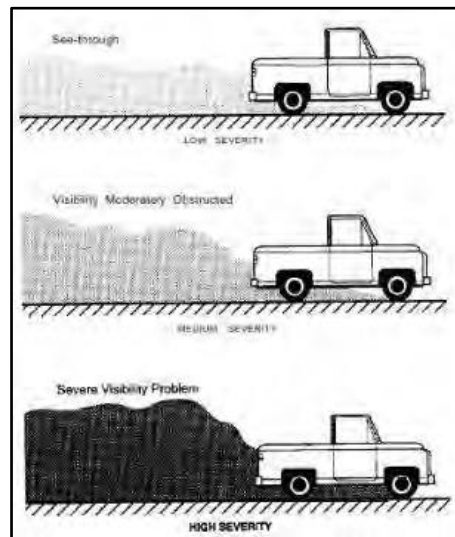


Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

- Polvo: Para la medición de esta falla se debe conducir un vehículo a 40 kilómetros por hora y observa la nube de polvo. Es de nivel L, si el polvo generado por el auto no obstruye la visibilidad en la carretera. Es de nivel M,

si el polvo generado por el auto obstruye moderadamente la visibilidad en la carretera. Y es de nivel H, si el polvo generado por el vehículo obstruye por completo la visibilidad del conductor en la carretera, obligándolo a parar. (Headquarters, 1995)

Figura 7. Niveles de severidad de la falla polvo



Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

- Baches: el siguiente cuadro explicara cómo se miden los niveles de severidad de esta falla:

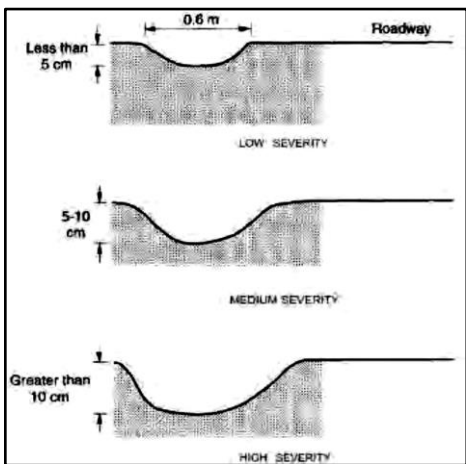
Tabla 2. Niveles de severidad para baches

Profundidad máxima	Diámetro promedio			
	< 0,3 m	0,3 – 0,6 m	0,6 – 1 m	> 1 m
1,5 – 5 cm	L	L	M	M
5 – 10 cm	L	M	H	H
>10 cm	M	H	H	H

Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

Los baches son medidos contando el número de los que son de baja, media, o alta severidad en una unidad de muestra y registrándolos por separado por nivel de severidad. (Headquarters, 1995)

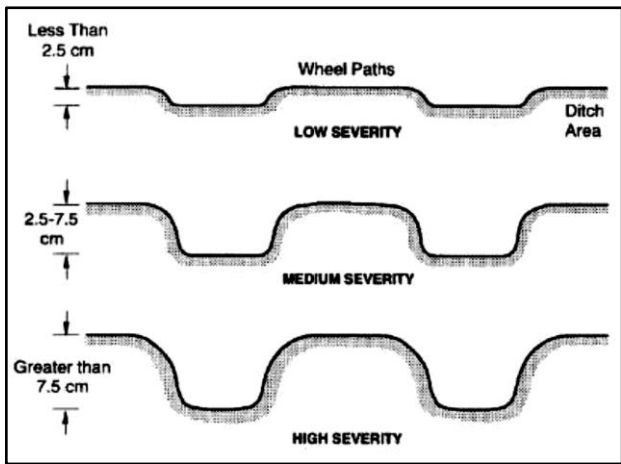
Figura 8. Niveles de severidad de la falla baches



Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

- Ahuellamiento: Los surcos son medidos en metros cuadrados de superficie de área por unidad de muestra. Son de nivel L si estas fallas presentan una profundidad menos de 2,5 centímetros. Es nivel M si presenta una profundidad entre 2,5 a 7,5 centímetros. Y es de nivel H si presenta una profundidad mayor a 7,5 centímetros. (Headquarters, 1995)

Figura 9. Niveles de severidad de la falla ahuellamiento

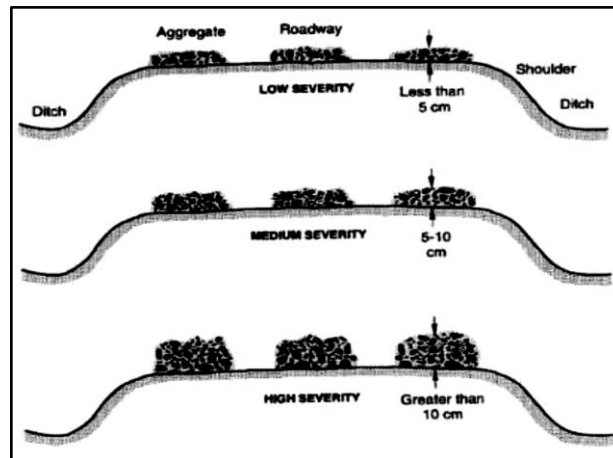


Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

- Agregado suelto: Esta falla es medida de forma lineal por berma una unidad de muestra. Es nivel L si presenta un exceso menos de 5 centímetros de profundidad sobre la berma lateral. La falla será de nivel M, si presenta un

exceso de material moderado entre 15 y 10 centímetros de profundidad sobre la berma lateral. Una gran cantidad de partículas de suelo fino es encontrada en la superficie de la carretera. Por último, será de nivel H si presenta un exceso mayor a 10 centímetros de profundidad sobre la berma lateral. (Headquarters, 1995)

Figura 10. Niveles de severidad de la falla agregado suelto



Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

### 2.7.2. Procedimiento de inspección

El procedimiento de inspección sobre la carretera no pavimentada en evaluación, que debe seguir el inspector en campo, para la selección de las unidades de muestra, según el manual técnico TM 6-626 Unsurfaced Road Maintenance Management, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE), es el que se describe a continuación:

Identificadas las unidades de muestra se debe realizar la medición detalladas de cada una de las fallas encontradas.

Para vías no pavimentadas, es importante que cada unidad de muestra sea identificada con precisión, de ese modo pueda ser localizada para reinspecciones. Una estaca, punto u otro marcador permanente deberá ser localizado detrás de la línea de cuneta en una de las cuatro esquinas de las unidades de muestreo y la distancia al marcador más próximo (alcantarilla, puente, intersecciones, etc.).

Un boceto de cada sección deberá ser realizado para mostrar la ubicación de las unidades de muestreo.

Se deberán realizar notas respecto a cualquier situación inusual en campo, por ejemplo, si dos fallas ocurren juntas, como ahuellamientos y baches, o si hay agua estancada en la línea de cunetas. Si dos o más fallas ocurren juntas, medir cada una de modo separado. Si es difícil determinar cuál falla está siendo observada, hacer una estimación razonable.

Figura 11. Hoja de inspección para vías no pavimentadas

FICHA DE INSPECCIÓN DE LA VIA NO PAVIMENTADA								
<b>1. Zona de Muestreo</b>		<b>2. Unidad de Muestra</b>			<b>3. Fecha</b>			
<b>4. Ancho de Vía</b>		<b>5. Área de la U.M.</b>			<b>6. Inspector</b>			
<b>7. Bosquejo</b>				<b>Tipos de falla</b>				
				81. Sección Transversal Inadecuada (metro lineal) 82. Drenaje Lateral Inadecuado (metro lineal) 83. Encalaminado (metro cuadrado) 84. polvo 85. Baches (Unidad) 86. Ahuellamiento (metro cuadrado) 87. Agregado Suelto (metro lineal)				
<b>8. Cantidad y severidad de las fallas</b>								
TIPO		81	82	83	84	85	86	87
Cantidad y severidad	L							
	M							
	H							
<b>9. Cálculo del URCI</b>								
Tipo de falla (a)	Densidad (b)	Severidad (c)	Valor deductivo (d)	<b>10. Observaciones</b>				
e. Valor Deductivo Final		f. q =		g. URCI		h. Calificación =		

Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

### 2.7.3. Índice de condición

El índice de condición de una carretera no pavimentada es un indicador numérico que tiene una escala de 0 a 100, donde el 0 nos indica que la carretera necesita una reconstrucción, siendo el estado que se encuentra falló y 100 nos indica el estado bueno, donde no necesita ningún tipo de intervención.

Figura 12. Gráfica escala URCI e índice de condición

Calificación	URCI
Excelente	100
Muy Bueno	85
Bueno	70
Regular	55
Pobre	40
Muy Pobre	25
Fallado	10
	0

Fuente: Adaptado de USACE TM 5-626

### 2.7.4. Procedimiento de cálculo del URCI

Las mediciones ejecutadas en las fallas son empleadas para calcular el URCI de la vía no pavimentada, usando valores deductivos.

Un valor deductivo es un número de 0 a 100, con un valor 100 indicando que la falla no tiene ningún impacto en la condición de la vía y 0 indicando que la vía está completamente fallada.

El cálculo del URCI para una unidad de muestra es realizado básicamente en cuatro pasos:

- Paso 1: Se calcula la densidad de cada tipo de falla (excepto para la falla polvo), de acuerdo con la siguiente formulación:

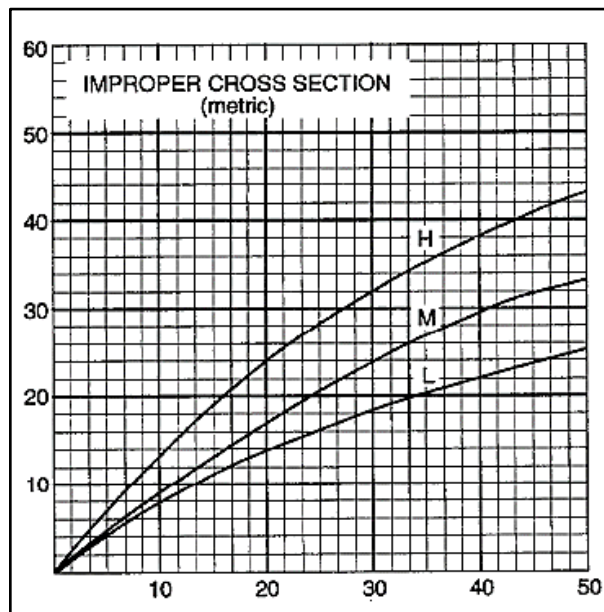
$$Densidad = \frac{Metrado\ de\ falla}{Area\ de\ unidad\ de\ muestra} \times 100\ \%$$

- Paso 2: Empleando la curva de valores deductivos, encontrar el valor deductivo para cada tipo de falla y nivel de severidad.
- Paso 3: Determinar el valor deductivo total (VDT) y el valor q.  
El VDT se calcula sumando todos los valores deductivos. El valor q representa el número de valores deductivos individuales que son mayor que 5.
- Paso 4: Ubicar el índice de condición URCI, empleando el gráfico de la curva URCI. La calificación para una sección corresponde al promedio de las calificaciones de las unidades de muestra en la sección.

### 2.7.5. Curvas de valores deducibles por daño para vías no pavimentadas

#### 81. Sección transversal inadecuada

Figura 13. Curva de sección transversal inadecuada

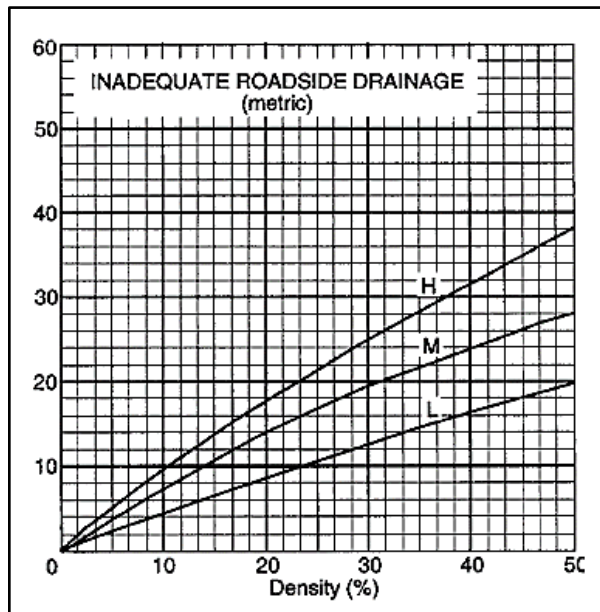


Fuente: USACE TM 5-626 (1995)



82. Drenaje inadecuado

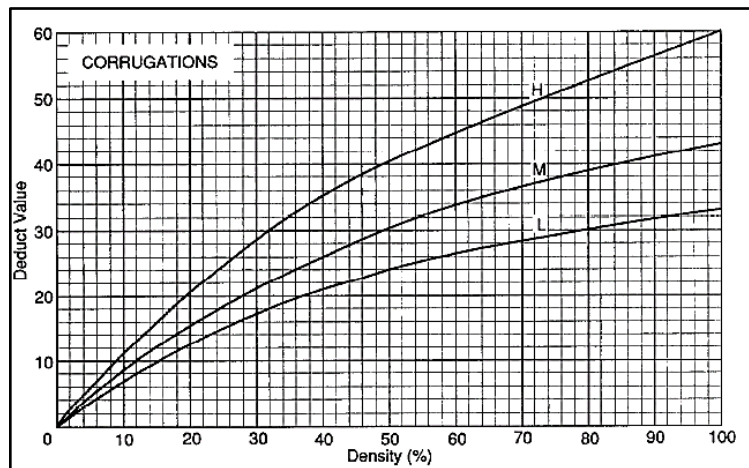
Figura 14. Curva drenaje inadecuado



Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

83. Calaminado

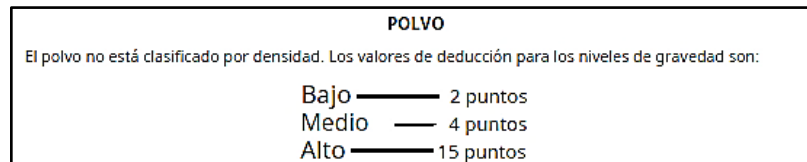
Figura 15. Curva de calaminado



Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

## 84. Polvo

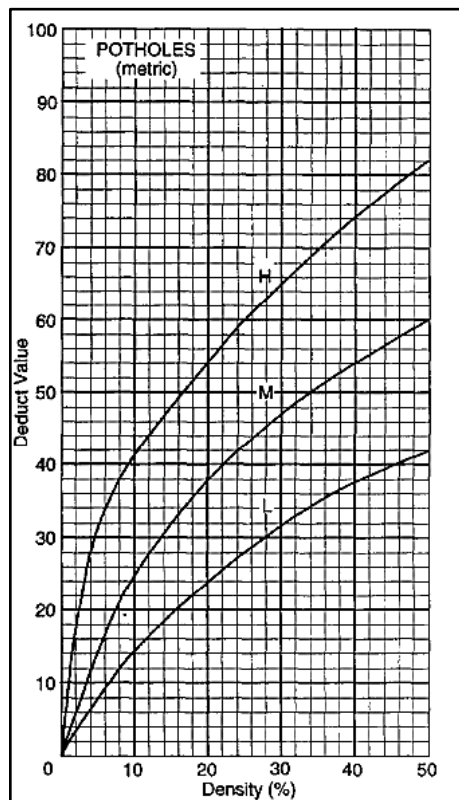
Figura 16. Valores deducidos para polvo



Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

## 85. Baches

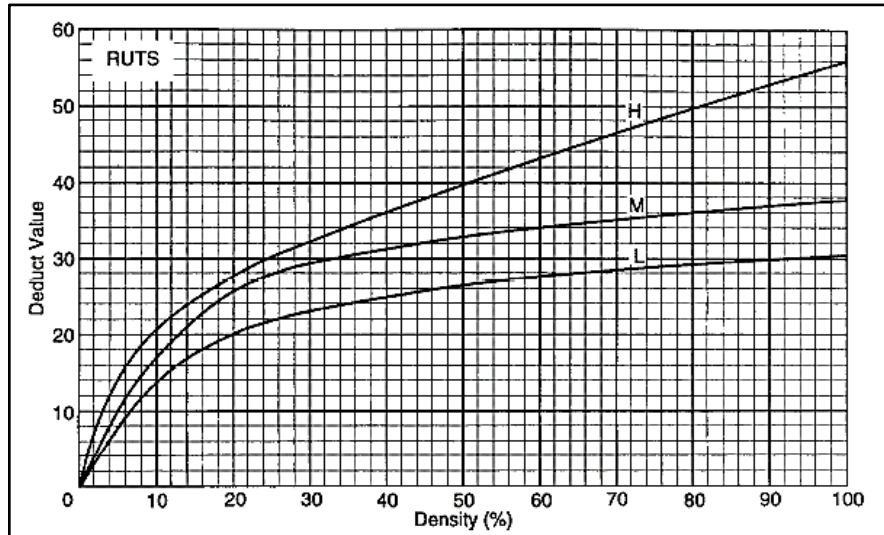
Figura 17. Curva de Baches



Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

86. Ahuellamiento

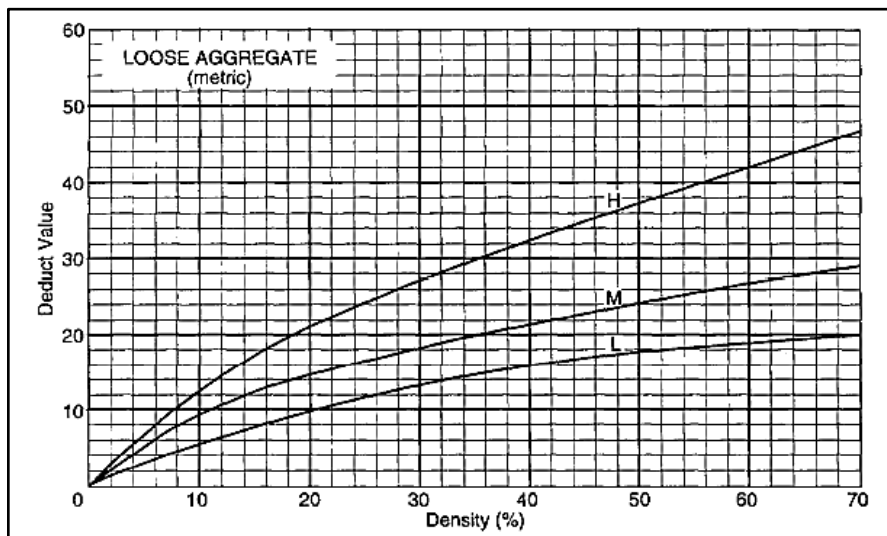
Figura 18. Curva de ahuellamiento



Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

87. Agregado suelto

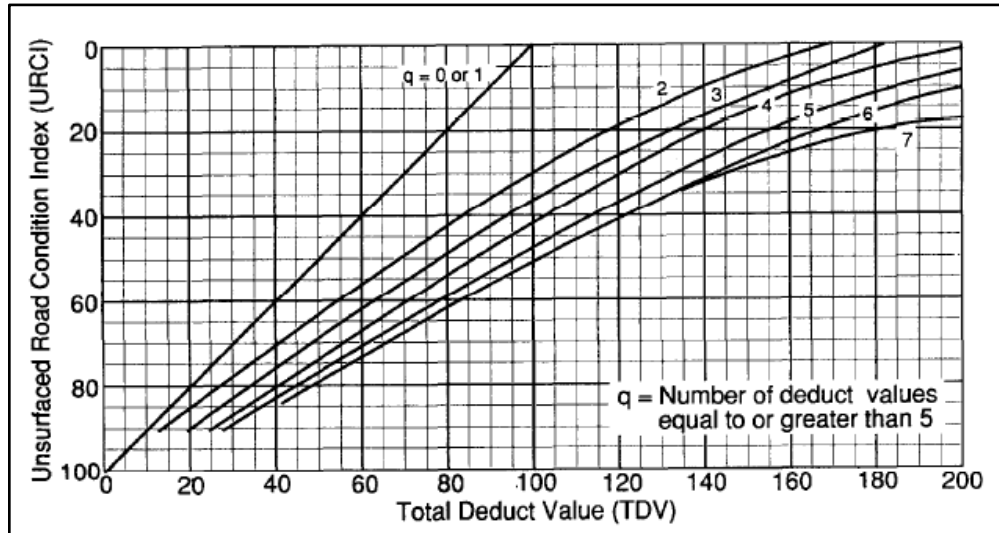
Figura 19. Curva de agregado suelto



Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

valores deducidos totales:

Figura 20. Curva de valores deducidos totales



Fuente: USACE TM 5-626 (1995)

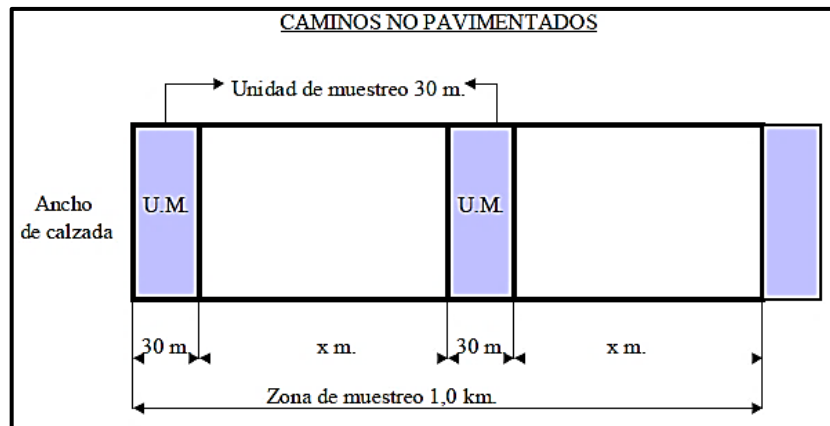
## 2.8. Índice de Condición No Pavimentada (ICNP)

El objetivo de dicha metodología es cuantificar los deterioros y otras características básicas de los caminos no pavimentados mediante la inspección visual de unidades muestrales representativas, para identificar el nivel de deterioro y soportar la toma de decisiones de mantenimiento de la infraestructura vial. (MOP, 2007)

### 2.8.1. Unidades de muestra a nivel de proyecto

En este caso, la metodología sugiere tomar la Unidad de Muestreo como un área rectangular de ancho igual al ancho de la pista y de largo 30 metros. En cada kilómetro inspeccionado es necesario medir 2 Unidades de Muestreo, de modo de completar una muestra de 60 m de largo por kilómetro. (MOP, 2007)

Figura 21. Esquema de unidades y zonas de muestreo a nivel de red



Fuente: Instructivo de inspección visual de caminos no pavimentados, MOP

### 2.8.2. Parámetros de deterioro considerados

La metodología para la determinación del estado de los caminos no pavimentados considera los siguientes deterioros y sus niveles de severidad:

- a) Caminos de ripio
  - Perfil transversal y drenaje: El drenaje está directamente asociado al perfil transversal de la vía. Un buen perfil corresponde a una calzada en forma cóncava, con su parte más alta en el eje central longitudinal de la calzada, de modo que el agua escurra a los costados de la misma para ser drenada sin afectar la estructura del camino. Por otro lado, se considera un mal perfil transversal aquel de forma convexa o con excesivas irregularidades que afecten el normal drenaje del camino.
  - Calamina: Se consideran tres niveles de severidad de la calamina, ya sea esta suelta o fija:
    - Baja: Poco efecto en la calidad de la rodadura y una profundidad menor a 2,5 cm.
    - Media: Efecto medio en la calidad de la rodadura y una profundidad entre 2,5 cm. y 5 cm.

Alta: Alto efecto en la calidad de la rodadura y una profundidad mayor a 5 cm.

- Erosión: Este tipo de problema es causado por el flujo de agua sobre la superficie de la calzada. Se consideran dos niveles de severidad:

No: La calzada no presenta evidencia de erosión.

Sí: La calzada presenta evidencia de erosión, como por ejemplo surcos longitudinales y transversales en la calzada.

- Baches: Se consideran dos niveles de severidad:

No afectan: La calzada no presenta baches o tiene baches aislados de poca profundidad (menor a 2,5 cm).

Sí afectan: La calzada presenta baches con diámetros entre 25 y 150 cm y con profundidades mayores a 2,5 cm.

El deterioro se cuantifica con la siguiente expresión:

Baches = profundidad media (m) \* diámetro medio (m) \* N° de baches en U.M.

La unidad de muestreo (UM), definida en la metodología de inspección visual, corresponde a 30 m, la cual es representativa para 1 km.

- Ahuellamiento y material suelto: Es importante aclarar que, aunque claramente son dos problemas independientes, la metodología evalúa su efecto combinado, por ello se consideran dos niveles de severidad para ambos deterioros:

No hay efecto del ahuellamiento y/o material suelto: En la calzada no se observa la existencia de ahuellamiento y/o material suelto acumulado, o se observa leve y esporádicamente con una profundidad menor o igual a 3 cm.

Sí existe ahuellamiento y/o material suelto acumulado: Es significativa su existencia si el ahuellamiento y/o material suelto forma depresiones y/o diques con un espesor. Superior a 3 cm.

b) Caminos de tierra

- Perfil transversal y drenaje: El drenaje está directamente asociado al perfil transversal de la vía. Un buen perfil corresponde a una calzada en forma cóncava con su parte más alta en el eje central longitudinal de la calzada, de modo que el agua escurra a los costados de la misma para ser drenada sin afectar la estructura del camino. Por otro lado, se considerará un mal perfil transversal aquel de forma convexa o con excesivas irregularidades que afecten el normal drenaje del camino.

- Calamina: Se consideran tres niveles de severidad de la calamina, ya sea esta suelta o fija:

Baja: Poco efecto en la calidad de la rodadura y una profundidad menor a 2,5 cm.

Media: Efecto medio en la calidad de la rodadura y una profundidad entre 2,5 cm y 5 cm.

Alta: Alto efecto en la calidad de la rodadura y una profundidad mayor a 5 cm.

- Erosión: Este tipo de problema es causado por el flujo de agua sobre la superficie de la calzada. Se consideran dos niveles de severidad:

No: La calzada no presenta evidencia de erosión ni presencia de ahuellamiento, o se observa leve y esporádicamente ahuellamiento con una profundidad menor o igual a 3 cm.

Sí: La calzada presenta evidencia de erosión y/o ahuellamiento. La erosión se presenta, por ejemplo, en forma de surcos longitudinales y transversales en la calzada. El ahuellamiento es significativo con una profundidad superior a 3 cm.

- Baches: Se consideran dos niveles de severidad:

No afectan: La calzada no presenta baches o tiene baches aislados de poca profundidad (menor a 2,5 cm).

Sí afectan: La calzada presenta baches con diámetros y profundidades con diámetros entre 25 y 150 cm de diámetro y con profundidades entre 5 y 8 cm o mayores.

- Camino pedregoso: Problema que se presenta por el afloramiento de áridos gruesos (de irregular tamaño) en forma generalizada en la superficie de la calzada, o por la existencia de material grueso que, al estar suelto sobre la rodadura, con el tiempo se incrusta y deposita en la calzada dificultando la circulación de los vehículos en la medida que es más severa su condición. Se consideran dos niveles de severidad:

No: La calzada no presenta afloramiento de árido grueso incrustado o suelto.

Sí: La calzada presenta afloramiento de árido grueso incrustado o suelto.

### 2.8.3. Ecuación de estado

Las dos ecuaciones para representar el ICNP, sin equipos de auscultación y con equipos de auscultación se muestran a continuación:

- i. Ecuación sin equipo de auscultación. - La ecuación dada por la regresión ajustada y los estadísticos de correlación para definir el estado, considerando datos obtenidos sin equipos de auscultación es la siguiente:

$$\text{ICNP} = 10 - 1,15 * (1,01 \text{ Calamina} + 1,96 \text{ Baches} + 1,28 \text{ Erosión} + \dots \\ \dots + 0,29 \text{ Ahuellamiento} + 1,36 \text{ Camino pedregoso} + 1,37 \text{ Bombeo})$$

- ii. Ecuación con equipos de auscultación. - La ecuación dada por la regresión ajustada y los estadísticos de correlación para definir el estado, considerando datos obtenidos con equipos de auscultación es:

$$\text{ICNP} = 11,64 - 0,41 \text{ IRI} - 1,60 \text{ Erosión} - 0,40 \text{ Ahuellamiento} - \dots \\ \dots - 1,79 \text{ Camino pedregoso} - 1,57 \text{ Bombeo}$$



Donde:

- Calamina: Se ingresa la profundidad media, en cm.
- Baches: Se ingresará el resultado del siguiente cálculo: Baches = profundidad media (m)\* diámetro medio (m)\* N° de baches en U.M.
- Erosión: Se ingresa 1 si la erosión es importante y 0 si no lo es.
- Ahuellamiento: Se ingresa la profundidad media, en cm
- Bombeo (Drenaje): Se cuantifica con 1 si el bombeo es bueno (perfil transversal cóncavo), con 0,5 si es regular y con 0 si es malo (perfil transversal convexo y/o con irregularidades).
- Camino Pedregoso: Se ingresa 1 si el deterioro se detecta y 0 si no.
- IRI: Si existen valores de IRI, se ingresan en m/km.

#### 2.8.4. Límites de asignación de estado

Los límites de asignación de estado definidos por la metodología son los siguientes:

Tabla 3. Límites de asignación de estado para caminos de ripio

Estado	Seco	Mediterráneo	Húmedo
Muy bueno	10,0 a 8,0	10,0 a 8,0	10,0 a 8,0
Bueno	7,9 a 5,0	7,9 a 5,0	7,9 a 5,0
Regular	4,9 a 4,0	4,9 a 4,0	4,9 a 4,0
Malo	3,9 a 2,0	3,9 a 2,0	3,9 a 2,0
Muy malo	1,9 a 1,0	1,9 a 1,0	1,9 a 1,0

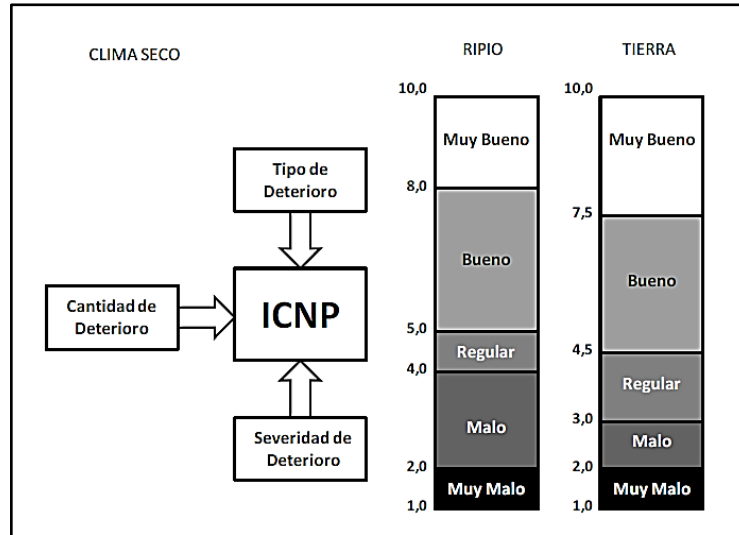
Fuente: MOP (Chile). 2008. Política de Conservación Vial – Caminos No Pavimentados.

#### 2.8.5. Escalas de clasificación del ICNP

A partir de las tablas anteriores, y como una manera gráfica de representar de mejor

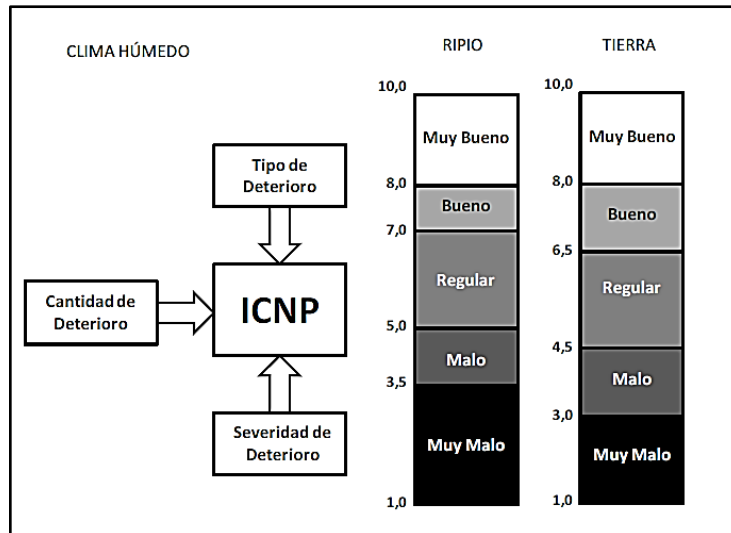
manera la clasificación realizada, en la Figura 22, Figura 23 y Figura 24 siguientes se dan a conocer las clasificaciones de estado obtenidas:

Figura 22. Escala de clasificación del ICNP según clima seco



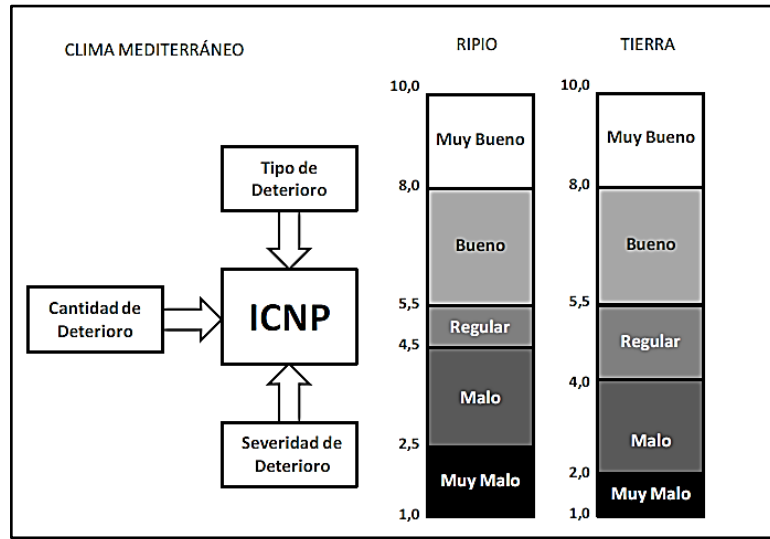
Fuente: MOP (Chile). 2008. Política de Conservación Vial – Caminos No Pavimentados.

Figura 23. Escala de clasificación ICNP según clima mediterráneo



Fuente: MOP (Chile). 2008. Política de Conservación Vial – Caminos No Pavimentados.

Figura 24. Escala de clasificación ICNP según clima mediterráneo



Fuente: MOP (Chile). 2008. Política de Conservación Vial – Caminos No Pavimentados.

### 2.8.6. Procedimiento de evaluación

Para la aplicación de esta metodología, se recomienda seguir los cuatro pasos secuenciales siguientes:

Paso 1.- Recolección de datos de inventario de la red a inspeccionar: A partir de datos de inventario se deberá definir el tipo de camino (tierra o ripio) y el clima característico de cada camino (seco, mediterráneo, húmedo)

Paso 2.- Recolección de datos de auscultación: Se deberá auscultar la red aplicando la metodología de inspección visual descrita en las secciones anteriores. Para cada camino se determinarán los valores promedio de cada deterioro (calamina, baches, ahuellamiento, erosión, camino pedregoso y bombeo).

Paso 3.- Determinación de ICNP: Para cada camino de la red se deberá estimar el valor ICNP utilizando las ecuaciones de estado correspondientes al tipo de auscultación realizada

Paso 4.- Determinación del Estado: A partir de los valores ICNP obtenidos del Paso 3, y considerando el tipo de clima y tipo de camino (tierra o ripio), se define el estado por camino utilizando los límites de asignación.

Cabe destacar que los pasos recomendados en los párrafos anteriores se describen para un nivel de gestión de red donde se requiere determinar el estado general de cada camino de la red en estudio. Sin embargo, esta metodología también se puede aplicar a un solo camino para poder identificar tramos homogéneos que presentan distintos estados.

Dado que se trata de una metodología para la definición de estado basada en la condición actual de un camino, no es recomendable asociar acciones de conservación según el estado global que este presenta. Para la determinación de acciones de conservación se debe contar con datos más precisos y desagregados, por el contrario, al propósito del indicador de estado ICNP, el cual agrega en un solo valor el estado global del camino. (MOP, 2007)

### 2.8.7. Umbrales de intervención

Los umbrales de intervención se definen como los valores límites (máximos o mínimos) de parámetros de deterioro (o de estado funcional o estructural) o índice de calificación de estado (en este caso ICNP), por sobre o bajo los cuales se entenderá necesario realizar una acción de conservación sobre la calzada no pavimentada (ripio y tierra) para restablecer el estado de cumplimiento del respectivo parámetro o indicador. (MOP, 2007)

Tabla 4. Umbrales adoptados caminos de ripio según ICNP

Indicador o deterioro	Límites	
	L1	L2
ICNP	4,5	5,5
Calamina (cm)	3,0	5,0
Ahuellamiento (cm)	3,5	5,0
Baches (m*m*N° baches)	2,0	2,5
IRI (m/km)	---	Max. 12

Fuente: MOP (Chile). 2008. Política de Conservación Vial – Caminos No Pavimentados.

Tabla 5. Planilla de registro de datos ICNP

UM.	k.i.	k.f.	Superficie (T,R,E)	Clima (S,H,M)	Drenaje (0, 0.5 o 1)	Ahuellamiento (cm)	IRI (m/km)	Camino Pedregoso (0 o 1)	Erosión (0 o 1)	ICNP	Estado

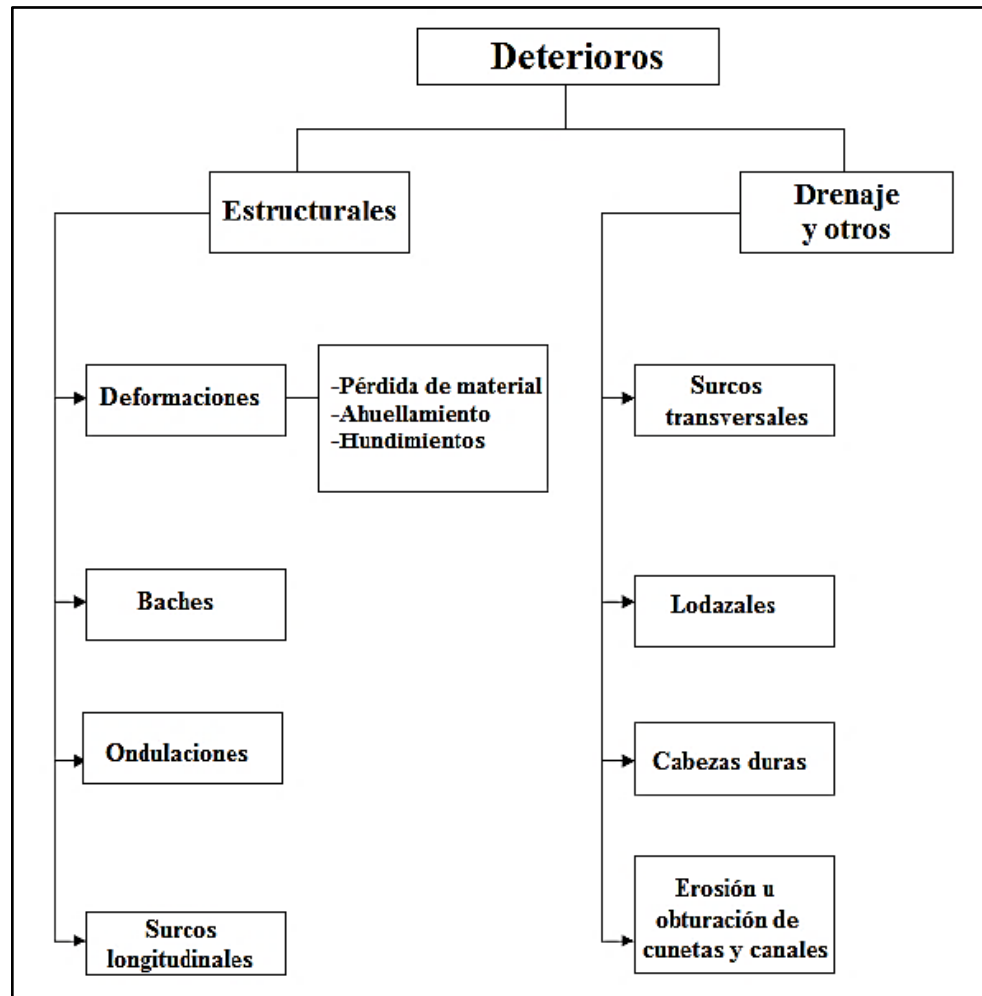
Fuente: Adoptado de MOP (Chile). 2008. Política de Conservación Vial – Caminos No Pavimentados.

## 2.9. Metodología de evaluación visual VIZIRET

VIZIRET es un método desarrollado por el LCPC como resultado de investigaciones en varios países tropicales del África, destinado a determinar la condición de una vía en afirmado a partir de la inspección visual de su superficie. El método define un índice de calidad, llamado índice de viabilidad (Iv). (INVIAS, 2016)

Las fallas en el afirmado se deben clasificar en dos grandes familias: Estructurales y relacionado con el manejo del agua y otras condiciones no estructurales. Un esquema con la composición de cada familia se muestra en la figura 25. De ellos solamente los estructurales entran en el cálculo del índice de viabilidad (Iv). (INVIAS, 2016)

Figura 25. Clasificación de los deterioros de los afirmados



Fuente: Manual de manteniendo de carreteras. 2016

A continuación, se describen los tipos de fallas estructurales.

#### Falla 1: Deformación.

Las deformaciones que se producen en los afirmados pueden tener tres orígenes: (1) pérdida de material (fenómeno conocido como pérdida de grava, el cual contribuye en la disminución del espesor de la capa), (2) ahuellamiento en las zonas de rodado y (3) hundimientos en el borde o en el interior de la calzada. (INVIAS, 2016)

La pérdida de grava: consiste en la desaparición de las partículas gruesas de la superficie, como consecuencia de las agresiones sufridas por el afirmado, incluyendo algunas operaciones de mantenimiento Figura 26. Su velocidad de evolución es variable dependiendo de la región, el clima, los materiales de construcción, la intensidad del tránsito y la topografía. Se produce todo el año, pero se acentúa en la época lluviosa. En la época seca se forman nubes de polvo desprendido, las que reducen la visibilidad comprometiendo la seguridad en la circulación y afectando notoriamente la comodidad y la salud de los vecinos en la vía. (INVIAS, 2016)

*Figura 26. Perdida de grava*



Fuente: Manual de manteniendo de carreteras. 2016

Ahuellamiento: un deterioro atribuible al tránsito en las calzadas afirmadas. Proviene de los esfuerzos producidos por las ruedas de los vehículos, siendo más marcado cuanto más pesado y canalizado es el tránsito (figura N°27). En la estación seca produce el desplazamiento lateral de los materiales poco cohesivos, mientras que en la húmeda se

puede producir una pérdida de estabilidad del afirmado o del suelo de soporte. Este deterioro afecta notoriamente la seguridad de los usuarios, por cuanto dificulta los desplazamientos laterales y amplifica su desarrollo. (INVIAS, 2016)

*Figura 27. Ahuellamiento*



Fuente: Manual de manteniendo de carreteras. 2016

Hundimiento: se puede deber a asentamientos diferenciales, a la baja capacidad portante o al colapso del suelo de soporte, produce el estancamiento de agua en la superficie y el reblandecimiento del cuerpo de la calzada. La falta de atención oportuna a este problema trae como consecuencia la formación de baches y lodazales. (INVIAS, 2016)

*Figura 28. Hundimiento*



Fuente: Manual de manteniendo de carreteras. 2016



Causas probables.

La pérdida de material puede provenir de:

- Intensidad del tráfico.
- La abundancia de precipitaciones.
- Drenaje insuficiente.
- Pendientes demasiado pronunciadas en perfil longitudinal y transversal.
- La desecación de materiales en épocas de sequía.

La formación de ahuellamiento puede deberse a demasiada humedad en las capas inferiores.

El hundimiento puede ser causado por un cuerpo insuficiente del pavimento o del suelo apoyo o mal drenaje.

Nivel de Gravedad.

- Severidad 1: deformaciones con profundidad menor a 5 cm bajo la regla de 1,50 metro.
- Severidad 2: deformaciones con profundidad de 5 a 10 cm bajo la regla de 1,50 metro.
- Severidad 3: deformaciones con profundidad mayor a 10 cm bajo la regla de 1,50 metros.

En cuanto a la pérdida de material, el nivel de severidad se puede estimar mediante observando la nube de polvo:

- Severidad 1: el polvo débil se eleva y se disipa rápidamente, lo que no molesta a un usuario en coche.
- Severidad 2: levantamiento de polvo persistente, que alcanza la altura de un hombre y obstruir completamente la visibilidad de un peatón o un ciclista.
- Severidad 3: falta total de visibilidad para el conductor de un vehículo de motor.

## Falla 2: Baches:

El bache es una cavidad circular que se produce en la calzada y resulta de la salida de materiales.

Para caminos de tierra, el bache se considera degradación. estructural, ya que se propaga rápidamente por el cuerpo del pavimento

En los caminos no revestidos los baches se consideran un desorden estructural, y como la capa de base es la misma de rodamiento, se propagan a gran velocidad a través del espesor de la estructura. (INVIAS, 2016)

### Causas probables:

El bache puede provenir de deformaciones encontradas en la carretera: surcos, flacidez, hierro corrugado. También puede ser la causa de una mala compactación.

### Nivel de Gravedad.

El nivel de gravedad generalmente se considera en una longitud de pavimento de 50 metros.

- Severidad 1: Número bajo y tamaño pequeño, menos de 5 baches de diámetro, menos de 50 cm.
- Severidad 2: Gran cantidad o gran tamaño, entre 5 y 20 baches de diámetro inferior a 50 cm, o inferior a 5 baches de diámetro mayor de 1 metro.
- Severidad 3: Número y tamaño que justifica la reconstrucción, más de 20 baches menos de 50 cm de diámetro o más de 5 baches de diámetro mayor de 1 metro.

Figura 29. Falla de baches



Fuente: Manual de manteniendo de carreteras. 2016

### Falla 3: Ondulaciones

Consisten en la reordenación de la superficie del afirmado en ondas paralelas orientadas perpendicularmente al sentido del tránsito. Suelen ocupar todo el ancho de la vía y presentan una longitud de onda que varía entre 300 y 500 mm en calzadas arenosas y entre 600 y 1000 mm en calzadas con alto contenido de grava. Se ha encontrado que el defecto se inicia a partir de alguna desigualdad de la superficie y que la frecuencia de la vibración de la masa no suspendida de los vehículos, combinada con su velocidad de avance y la presión de contacto de los neumáticos, determina la longitud de onda. (INVIAS, 2016)

Aunque su origen esté ligado a la naturaleza del material y no al espesor de la capa, el método lo trata como un deterioro estructural por sus consecuencias, en el sentido de que el espesor del afirmado se ve disminuido en los valles de las ondulaciones.

Causas Probables:

Las ondulaciones provienen de:

- Cohesión insuficiente del material de la superficie.
- La alta velocidad de los vehículos en la carretera.
- Agresividad del tráfico.
- Un defecto de plasticidad en el material utilizado para la capa de uso.

Nivel de Gravedad.

- Severidad 1: onda sinusoidal inferior a 2 cm.
- Severidad 2: onda sinusoidal entre 2 y 5 cm.
- Severidad 3: onda sinusoidal superior a 5 cm.

*Figura 30. Ondulaciones*



Fuente: Manual de manteniendo de carreteras. 2016

Falla 4: Surco Longitudinal

Son el resultado del agua que fluye por el centro o los costados de la calzada, en lugar de producirse por las cunetas. La intensidad del deterioro depende de la cantidad de agua involucrada y de la velocidad de los cursos de agua que se forman. (INVIAS, 2016)

Aunque se trata de un problema funcional y no estructural, el método lo considera una degradación estructural porque se puede traducir en una erosión profunda del afirmado que hace que su reparación exija tanto una puesta a punto de las cunetas como la recuperación del perfil a lo largo del camino. (INVIAS, 2016)

Nivel de Gravedad.

- Severidad 1: profundidad del surco inferior a 5 cm.
- Severidad 2: profundidad del surco que varía de 5 a 10 cm.
- Severidad 3: profundidad del surco superior a 10 cm.

*Figura 31. Surcos longitudinales*



Fuente: Manual de manteniendo de carreteras. 2016

A continuación, se muestran las fallas de drenaje:

Falla 1: Surcos transversales:

Son hundimientos formados por aguas superficiales que atraviesan la calzada de un lado a otro. Se pueden originar por la falta de una tubería en un punto bajo del camino, por una tubería rota o una cuneta obstruida que obliga al agua a buscar otro camino siguiendo la línea de mayor pendiente. (INVIAS, 2016)

Causas Probables.

Las zanjas bloqueadas o las estructuras hidráulicas bloqueadas o rotas pueden provocar la aparición de los surcos trasversales.

Nivel de Gravedad.

- La severidad de la poligonal no está cuantificada.

*Figura 32. Surcos transversales*



Fuente: Manual de manteniendo de carreteras. 2016

a) Falla 2: Lodazales:

Constituyen zonas localizadas de la calzada completamente destruidas por la acción del agua y del tránsito. Su gravedad se puede expresar en términos de la dificultad que se experimenta para salvarlos, pero, como en el caso de los surcos transversales, el nivel de gravedad resulta menos importante que su misma existencia y su extensión. Un lodazal de pocos metros de longitud se puede superar con un desvío o algunas medidas relacionadas con el drenaje, mientras que uno de varios kilómetros muy seguramente solo se soluciona con una elevación general de la rasante y/o un cambio en la naturaleza de los materiales del afirmado. (INVIAS, 2016)

Causas Probables.

Los lodazales son causados por el efecto del agua y el tráfico.

Nivel de Gravedad.

- No se cuantifica la gravedad del lodazal. Se anota la ubicación y el alcance de la degradación.

*Figura 33. Lodazales*



Fuente: Manual de manteniendo de carreteras. 2016

Falla 3: Cabezas duras:

La cabeza dura es la aparición de piedras en la superficie del pavimento.

Causas Probables.

Esta falla se produce como resultado del desgaste de la capa de rodadura por tráfico.

Nivel de Gravedad:

- No se cuantifica la gravedad de la cabeza dura.

*Figura 34. Cabezas duras*



Fuente: Manual de manteniendo de carreteras. 2016

#### Falla 4: Erosión u obstrucción de cunetas:

La erosión es el resultado del desprendimiento y transporte de los materiales constitutivos de los canales y cunetas, producido por el agua que fluye por la superficie. (INVIAS, 2016)

Causas Probables.

La erosión de las zanjas puede resultar de:

- Una pendiente demasiado empinada o un terreno poco cohesivo.
- Falta de mantenimiento.

El relleno de las acequias proviene de:

- Limpieza deficiente o falta de limpieza.
- Llenado de la zanja por los residentes locales para facilitar el cruce.
- La presencia de vegetación (ramas de árboles), especialmente durante la temporada de lluvias.

Nivel de Gravedad.

- Severidad 1: zanja completamente funcional, no se observaron daños.
- Severidad 2: erosión o presencia de materiales en la zanja.
- Severidad 3: zanja no funcional, totalmente destruida o bloqueada.

*Figura 35. Erosión u obstrucción de cunetas*



Fuente: Manual de manteniendo de carreteras. 2016



### 2.9.1. Unidad de muestra

Cada unidad de muestra tiene una longitud de 100 m se califica la condición superficial de la capa de rodadura, considerando cada tipo de deterioro o falla según el nivel de gravedad de dicho tipo y su clase de extensión.

Estado de condición:

El estado de condición va a depender o está relacionado con el tipo de mantenimiento a realizar esta relación entre los niveles de gravedad y la naturaleza de los trabajos se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 6.* Relación con el tipo de mantenimiento

Nivel 0	Ausencia de deterioro	Monitoreo y mantenimiento básico
Nivel 1	Degradación leve y poco sensible a los usuarios	Perfilado ligero con o sin bacheo
Nivel 2	Degradación constante y sensible a los usuarios	Perfilado pesado con o sin bacheo
Nivel 3	Degradación muy importante	Recarga de grava o reconstrucción

Fuente: INVIAS (2016)

Mantenimiento básico: Labor manual o poco mecanizada de la vía y sus elementos auxiliares: reparaciones puntuales mediante la replicación localizada de grava débilmente compacta (con pisón o con algunas pasadas de un vehículo), la restauración de los desagües (desobstrucción de cunetas, limpieza de dispositivos de drenaje), la limpieza de bermas, etc. (INVIAS, 2016)

Perfilado ligero: Operación mecanizada que consiste en nivelar la superficie del camino rebajándola ligeramente con una motoniveladora o una hoja niveladora remolcada (figura N°36), con el fin de controlar las asperezas y las deformaciones leves. No incluye aporte de material ni compactación. (INVIAS, 2016)

*Figura 36. Hoja niveladora remolcada*



Fuente: Manual de manteniendo de carreteras. 2016









**Perfilado pesado:** Operación mecanizada que recupera la sección transversal y la rasante de la calzada mediante la escarificación, el humedecimiento y la compactación de material de afirmado existente. La operación de perfilado pesado es impracticable en afirmados cuyo espesor sea inferior a 75mm. (INVIAS, 2016)

**Recarga de grava:** Operación muy parecida a la precedente, pero con aporte de material para establecer (o superar) el espesor inicial del afirmado. Es conveniente restituir el nivel de la superficie existente antes de colocar el material de recarga, para evitar la posibilidad de que las deformaciones existentes se reflejen en la nueva superficie. (INVIAS, 2016)

La recarga se aplica cuando el material del afirmado se ha desgastado por la acción del tránsito, por los perfilados periódicos por la erosión causada por las aguas superficiales y por la dispersión de polvo provocada por el viento, dejando expuesta la subrasante, en particular donde existen ondulaciones, deformaciones y baches. (INVIAS, 2016)

**Reconstrucción:** Consiste en el reemplazo total o parcial del afirmado existente para mejorar su capacidad estructural, adoptándolo a las necesidades del tránsito futuro. Esta operación puede implicar la modificación de la rasante o, inclusive, de alimento del camino. (INVIAS, 2016)

Tabla 7. Hoja de inspección de inventario de deterioro en pavimento de afirmado

FORMATO B.1 REGISTRO DE CAMPO, INVENTARIO DE DETERIOROS EN PAVIMENTOS DE AFIRMADOS																							
<b>PROYECTO:</b>																							
<b>Nobre carretera:</b>																							
<b>Fecha: (dd/mm/aa)</b>		<b>LEVANTADO POR:</b>																					
		<b>Berna:</b>		sí <input type="checkbox"/>		no <input type="checkbox"/>		de:															
		<b>Existencia de arboles</b>		sí <input type="checkbox"/>		no <input type="checkbox"/>		Hoja:															
Nombre del deterioro	Símbolo	K0+000   K0+010   K0+010   K0+020   K0+020   K0+030   K0+030   K0+040   K0+040   K0+050   K0+050   K0+060   K0+060   K0+070   K0+070   K0+080   K0+080   K0+090   K0+090   K0+100																					
Deterioro Tipo B (drenajes y otros)	Deformaciones Perdida de material (DPM)																					Gravedad	
																						Longitud	
	Deformaciones de ahueamientos (DA)																					Gravedad	
																						Longitud	
	Deformaciones de hundimientos (DH)																					Gravedad	
																						Longitud	
Baches																					Gravedad		
																					Longitud		
Ondulaciones																					Gravedad		
																					Longitud		
Surcos longitudinales																					Gravedad		
																					Longitud		
Deterioro Tipo B (drenajes y otros)	Surcos transversales																				Gravedad		
																					Longitud		
	Lodazal																				Gravedad		
																					Longitud		
	Cabezas duras																				Gravedad		
																					Longitud		
Erosión u obturación de cunetas y canales																					Gravedad		
																					Longitud		
<b>ESQUEMA DE LA VIA:</b>		K0+000   K0+010   K0+010   K0+020   K0+020   K0+030   K0+030   K0+040   K0+040   K0+050   K0+050   K0+060   K0+060   K0+070   K0+070   K0+080   K0+080   K0+090   K0+090   K0+100																					
<b>OBSERVACIONES:</b>																							

Fuente: Manual de manteniendo de carreteras. 2016

## **2.10. Marco normativo**

El marco normativo para el tema de investigación se estructura referente a la normativa de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), donde se tomará como referencia las regulaciones y directrices de la ABC para el diseño, evaluación y conservación de caminos. Esto incluye el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad establecidos en el manual de diseño y conservación vial.

En la evaluación de la condición actual se aplicará los procedimientos normativos para la inspección y valoración de caminos, utilizando metodologías y criterios definidos por la ABC y adaptándolos a las características específicas de los caminos no pavimentados de la provincia.

Para la gestión de mantenimiento se seguirán las políticas de mantenimiento y conservación de la ABC, enfocándose en las prácticas que mejor se ajusten a los caminos no pavimentados y que promuevan la sostenibilidad y eficiencia en la gestión de mantenimiento.

## **2.11. Marco referencial**

El tema de investigación es de gran relevancia en el campo de la Ingeniería Civil, diversos estudios previos han abordado esta temática, aportando enfoques y metodologías que sirven de antecedentes para el presente trabajo de investigación.

Uno de los estudios relevantes fue realizado por Caldearon N. (2019) en la ciudad de Tarija con un tema de tesis titulado “Evaluación de caminos de tierra de bajo volumen de tráfico con fines de tratamiento directo para el tramo Canaletas – Narváez.” Donde se logró por medio de la evaluación superficial, identificar todas las fallas sobre la carpeta de afirmado dentro del área de muestreo para determinar la condición de la vía no pavimentada, en donde esta condición llega a un resultado que varía de una condición buena a una muy buena, es decir que se pudo llegar a la conclusión de que el tramo Canaletas – Narváez se encuentra en buenas condiciones, sin embargo es evidente que el tramo presenta fallas como baches, calaminas, agregado suelto, etc., que con las soluciones planteadas solo para un diseño de carpeta asfáltica se podría realizar directamente sobre el ripiado, dando la opción de previamente realizar un escarificado y compactado.

Por otro lado, Terrazas C. (2018), ciudad de Tarija, tema de tesis titulado “Evaluación de estado en caminos de redes departamentales y municipales no pavimentadas su aplicabilidad en el departamento de Tarija”, donde en este estudio se aplicó una metodología para evaluar la condición de estado de los caminos no pavimentados de los tramos San Pedro de Buena Vista – Rumicancha , tramo Tomatitas – Obrajés”, tramo Tomatas Grande - Huancoiro” tramo San José de Charaja - Chaguaya” dando como resultado los índices de condición de estado para cada tramo ICNP=4,2 ICNP=4,7 ICNP= 5 ICNP= 4 así también el estado en que se encuentran cada uno de ellos que están entre malo a regular y el tipo de mantenimiento que en este caso se realizaría una rehabilitación a los cuatro tramos.

Si bien estos estudios previos han abordado aspectos relacionados con la evaluación de la condición superficial y la gestión del mantenimiento de caminos no pavimentados no se han enfocado investigaciones específicas en la provincia Cercado, por lo tanto, el presente trabajo de tesis busca llenar ese vacío, aportando datos y propuestas concretas para mejorar la gestión de manteniendo de los caminos no pavimentados.

## **2.12. Análisis del aporte teórico**

El tema de investigación se basa en una selección cuidadosa de un marco conceptual que respalde científicamente el estudio, el cual incluye la definición y caracterización de caminos no pavimentados donde se define una base teórica sólida sobre que constituye un camino no pavimentado, continuando con tipos de caminos no pavimentados donde se exploran los diferentes tipos de caminos no pavimentados para luego seguir con la gestión de mantenimiento el cual examina las teorías sobre gestión de mantenimiento aplicable a caminos no pavimentados, para terminar con la metodología para la evaluación de la condición actual de los caminos no pavimentados, descripción de los métodos y técnicas para evaluar la condición superficial de los caminos no pavimentados.

**CAPÍTULO III**

**DISEÑO**

**METODOLÓGICO Y**

**RELEVAMIENTO DE LA**

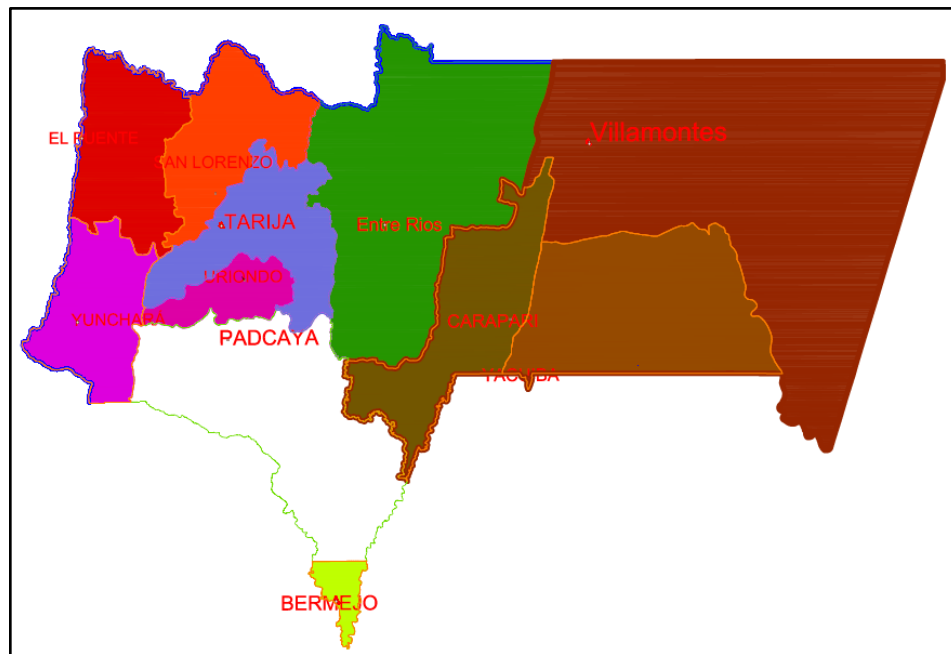
**INFORMACIÓN**

## CAPÍTULO III: IDENTIFICACION, DESCRIPCION Y LOCALIZACION PRECISA DE LA ZONA DE PROYECTO

### 3.1. Ubicación de los tramos en estudio

El proyecto se desarrollará en el departamento de Tarija más específicamente en la provincia Cercado.

Figura 37. Mapa Departamental de Tarija

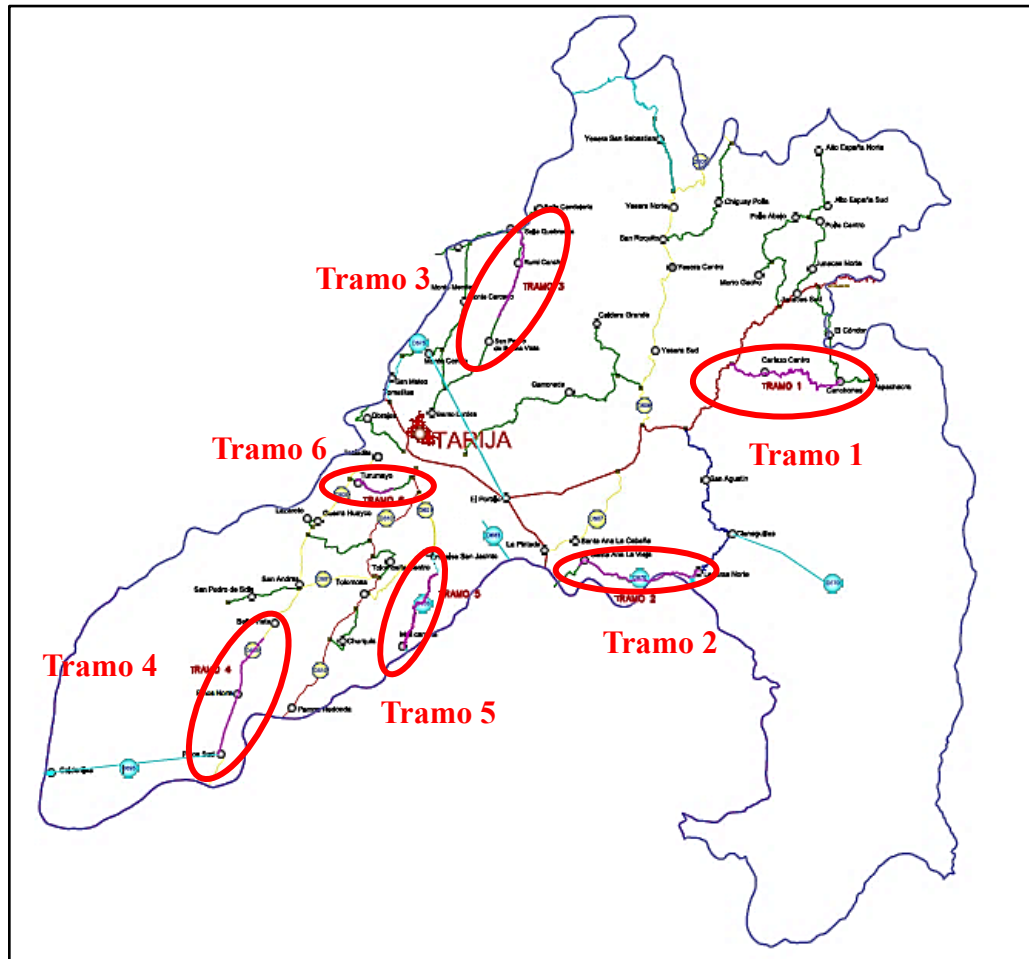


Fuente: Dirección de administración vial

La provincia Cercado se encuentra ubicada en la región sud de Bolivia, específicamente en el departamento de Tarija.

En esta provincia se ha seleccionado un total de seis tramos de caminos no pavimentados para llevar a cabo la investigación.

Figura 38. Mapa de rutas y tramos en estudio de la provincia Cercado Tarija



Fuente: Dirección de administración vial.

### 3.1.1. Ubicación y descripción “Carlazo – Comunidad de Canchones”

El tramo consta de 13,75 km entre Carlazo y la comunidad de Canchones el cual presenta un terreno montañoso con cerros elevados en gran parte del camino. La vegetación es escasa y adaptada a las condiciones áridas de la región, lo que refleja la aridez del clima local.

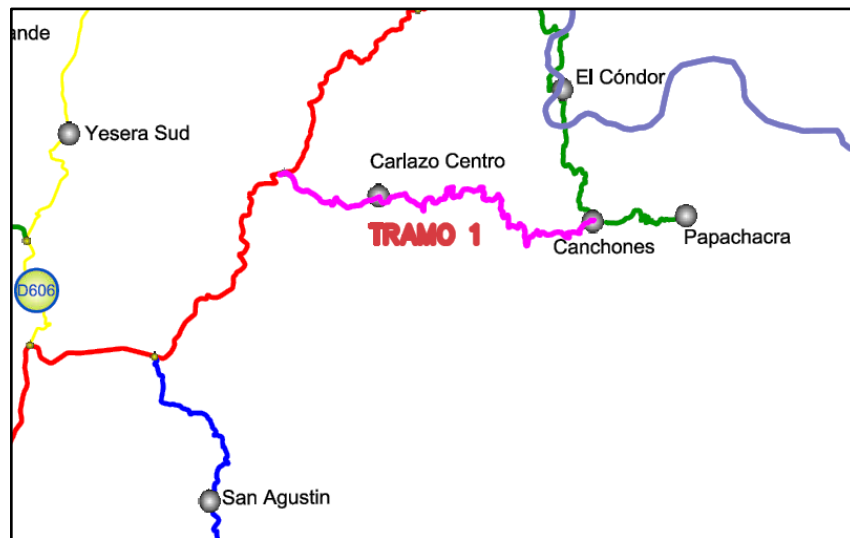
El camino cuenta con un ancho de calzada inicial de 4,5 metros, lo que permite el tránsito de vehículos en ambas direcciones, se observan comunidades asentadas en las cercanías de la vía, lo que indica una presencia humana significativa en la zona con alrededor de 84 familias.



Se han implementado atajados a lo largo del tramo el cual es usado para riego y para prevenir la erosión del terreno garantizando la estabilidad de la infraestructura vial. Además, se puede apreciar la presencia de tendidos eléctricos que proveen de energía a las comunidades locales, lo que contribuye al desarrollo de la zona.

El tramo en estudio está comprendido entre las coordenadas, 21°28'45" S – 64°30'34" W y 21°29'37" S – 64°26'07" W, limita al norte y noroeste con la provincia Entre Ríos.

Figura 39. Tramo 1 Carlazo – Comunidad de Canchones



Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2. Ubicación y descripción “Santa Ana la Vieja – Laderas Norte”

El tramo comprendido entre Santa Ana la Vieja y Laderas Norte tiene una longitud de 10,70 km, el tramo presenta un ancho de calzada variable en secciones de mayor ancho alcanzando los 5,5 m, y secciones angostas de hasta 3,5 m.

Santa Ana la Vieja, tiene alrededor de 477 habitantes y una altitud de 2.001 metros. está situada cerca del pueblo La Cabaña y La Pintada.

La topografía predominante es plana con pocas depresiones y elevaciones significativas, posee un clima ligeramente cálido donde las temperaturas son moderadas y se percibe una sensación de calidez durante gran parte del año.

Se percibe abundante vegetación y viñedos en la comunidad de Santa Ana, pero el terreno pasa a ser llano en proximidades a Laderas norte.

El tramo se encuentra contemplado entre las coordenadas:  $21^{\circ}36'38''\text{S} - 64^{\circ}36'59''\text{W}$  y  $21^{\circ}36'59''\text{S} - 64^{\circ}32'08''\text{W}$

Figura 40. Tramo 2 Santa Ana la Vieja – Laderas Norte



Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3. Ubicación y descripción “San Pedro de Buena Vista – Sella Quebradas”

El tramo en estudio inicia en San Pedro de Buena Vista el cual cuenta con alrededor de 71 familias que gozan con servicios básicos, los comunarios poseen sembradíos de maíz junto al camino de ripio que une en primera instancia con Rumicancha y posteriormente a Sella Quebradas donde culmina el tramo en estudio, el tramo tiene 8,24 km y está comprendido entre las coordenadas:  $21^{\circ}26'45''\text{S} - 64^{\circ}40'28''\text{W}$  y  $21^{\circ}23'15''\text{S} - 64^{\circ}39'47''\text{W}$ .

El tramo se destaca por la represa de Rumicancha en progresivas 5+600 donde se puede evidenciar un desvío del camino por los cerros aledaños, ya que el desborde de la represa comprometió el camino antiguo y este no fue cerrado debidamente, provocando confusión entre el camino nuevo y antiguo.

Figura 41. Tramo 3 San Pedro de Buena Vista – Sella Quebradas



Fuente: Elaboración propia

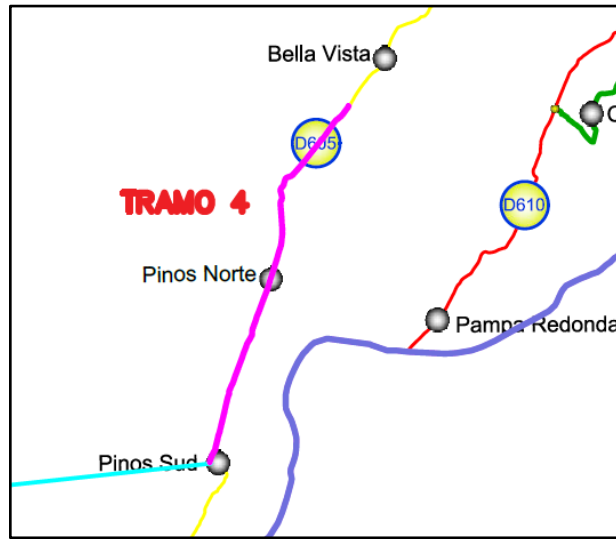
#### 3.1.4. Ubicación y descripción “Bella Vista – Pinos Sud”

El tramo comprendido entre Bella Vista y Pinos Sud consta de 9,46 km con coordenadas: 21°39'29” S – 64°50'40” W y 21°43'54” S – 64°52'34” W la comunidad de Bella Vista tiene alrededor de 664 habitantes y una altitud de 2.050 m. colinda con San Pedro de Sola y Panti Pampa, el tramo destaca con la comunidad de Pinos Sud donde se inicia el recorrido para ir por el Camino del Inca hacia Calderillas y otras comunidades, lugares que conservan vestigios de las culturas antiguas.

Pinos, norte y sud, como su nombre lo indica es un lugar en el que las coníferas se destacan entre la variedad de árboles que crecen en la zona debido a la gran cantidad de agua que corre por allí.

Pese a la época seca, el color verde se destaca entre los marrones de la serranía que forma parte de la Reserva Biológica Cordillera de Sama. Las casas dispersas están separadas unas de otras por sembradíos y bosquecillos de pinos. En el centro de la comunidad un tinglado anuncia la presencia de la escuela.

Figura 42. Tramo 4 Bella Vista – Pinos Sud



Fuente: Elaboración propia

### 3.1.5. Ubicación y descripción “San Jacinto Sud – Abra de MullicanCHA”

El tramo comprendido entre San Jacinto Sud y Abra de MullicanCHA tiene una longitud de 7,52 km y está ubicado en las coordenadas  $21^{\circ}36'60''$  S –  $64^{\circ}43'13''$  W y  $21^{\circ}39'48''$  S –  $64^{\circ}44'38''$  W. El tramo del proyecto se encuentra a una altura promedio de 1.960 m.s.n.m. se encuentra situada al sud oeste de la ciudad de Tarija distante a 18 km.

El camino actual se encuentra limitado por la inestabilidad de una vía que permita tráfico vehicular permanente para el servicio de transporte de carga de pasajeros a los centros de abasto, la población afirma que durante el tiempo de lluvias la vía existente que tan solo es una apertura se vuelve casi intransitable por lo que se ve impedida la salida de los productos agrícolas y ganaderos de esta zona.

Figura 43. Tramo 5 San Jacinto Sud – Abra de Mullicancha



Fuente: Elaboración propia

### 3.1.6. Ubicación y descripción “La Tablada – Turumayo”

El tramo consta de 3,40 km de longitud el cual está comprendido entre las coordenadas  $21^{\circ}33'34''$  S –  $64^{\circ}45'02''$  W y  $21^{\circ}33'19''$  S –  $64^{\circ}46'22''$  W, en época de lluvias los habitantes de la comunidad de Turumayo enfrentan un gran problema ya que no pueden transportar sus productos agrícolas a la ciudad de Tarija, también se encuentran impedidos de realizar su labor cotidiana para su subsistencia, ya que este tramo es crucial para un paso directo a la ciudad de Tarija y se ve impedido por su mal estado, los daños superficiales se encuentran a lo largo de su longitud. El mal olor de los ojos de agua depositados por falta de drenaje promueve la proliferación de plagas y enfermedades.

Figura 44. Tramo 6 La Tablada - Turumayo



Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Diseño metodológico

La provincia Cercado cuenta con aproximadamente 220 km de caminos no pavimentados.

Considerando el tamaño de la red de caminos no pavimentados del departamento, sería altamente dificultoso el poder recolectar la información en la totalidad de kilómetros que la componen, en forma continua ya que esto demandaría una cantidad inmensa de tiempo y recursos que muchas veces no están disponibles.

Por tal razón, se considera seleccionar seis tramos de caminos no pavimentados para llevar a cabo la investigación. Estos tramos se encuentran distribuidos en diferentes zonas de la provincia, incluyendo áreas rurales y periurbanas. Cada tramo tiene una longitud variable, lo que permitirá obtener una muestra representativa de la condición de los caminos no pavimentados en la provincia Cercado.

#### 3.2.1. Unidad de muestra

La técnica de muestreo aplicada para el proyecto de grado será el método probabilístico estratificado proporcional, dado que la cantidad de unidades de muestra son adoptados por el proyectista.

### 3.2.2. Población

Son los tramos seleccionados de caminos no pavimentados de la provincia Cercado.

Tabla 8. Población del proyecto

Tramo	Tipo de camino	Inicio	Fin	Longitud (km)
1	Plataforma de Ripio	CR. RT. Carlazo Centro	Carlazo Centro	3,35
	Plataforma de Ripio	Carlazo Centro	Canchones	10,40
2	Plataforma de Ripio	Santa Ana la Vieja	Laderas Norte	10,70
3	Plataforma de Ripio	San Pedro de Buena Vista	Abra de Rumicancha	4,78
	Plataforma de Ripio	Abra de Rumicancha	Sella Quebradas	3,46
4	Plataforma de Ripio	Bella vista	Pinos Norte	4,80
	Plataforma de Ripio	Pinos Norte	Pinos Sud	4,66
5	Plataforma de Ripio	San Jacinto	Abra de Mullicancha	7,52
6	Plataforma de Ripio	La Tablada	Turumayo	3,40
Total				53,07

Fuente: Elaboración propia

- Unidad elemental de muestra: Medición de fallas superficiales.
- Población:  $N = 53$  km. (valor redondeado).
- Tamaño de muestra “n”: desconocido.
- Nivel de confianza:  $NC = 95\%$  de acuerdo a ello la variable estandarizada es  $Z = 1,96$ .
- El margen de error es:  $5\%$

Tabla 9. Valores de nivel de confianza y error

% Error (e)	Nivel de Confianza	Valor de Z calculado en tablas de la curva normal
1	99%	2,58
5	95%	1,96
10	90%	1,645

Fuente: Guía Criterios de Investigación en Ingeniería Civil, Yurquina 2024

➤ Varianza:  $\sigma^2 = 0,10$

### 3.2.3. Muestra

Cálculo de la muestra para una población finita con el muestreo estratificado proporcional.

Datos:

Tabla 10. Datos para el cálculo de tamaño de muestra

N	53
Z	1,96
$\sigma^2$	0,1
e	0,05
NC	0,95
L	6

Fuente: Elaboración propia

Donde:

N = Tamaño de la población

n = Tamaño de la muestra

Z = Valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal

$\sigma^2$  = Varianza de la población en estudio (que es el cuadrado de la desviación estándar obtenido de estudios similares)



e = Nivel de precisión absoluta

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

$$n = \frac{53 * 1.96^2 * 0.1}{0.05^2 * (53 - 1) + 1.96^2 * 0.1}$$

$$n = 40$$

Muestreo aleatorio estratificado proporcional para cada estrato:

$$n_i = n * \frac{N_i}{N}$$

Donde:

Ni: Población específica del estrato

N: Población total del estrato

Tabla 11. Muestreo aleatorio estratificado proporcional

Estrato	Descripción	Población por tramo (km)	Peso proporcional	Muestra estratificada	Redondeo tamaño de muestra
1	D653	13,75	0,260	10,28	11
2	D670	10,70	0,203	8,00	8
3	D610	8,00	0,151	5,98	6
4	D605	9,46	0,179	7,07	7
5	D656	7,52	0,142	5,62	6
6	D605	3,40	0,064	2,54	2
suma		53	1	40	40

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del Intervalo de muestreo:

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

Donde:

i: Intervalo de muestreo

N: Población total del estrato

Tabla 12. Intervalo de muestreo

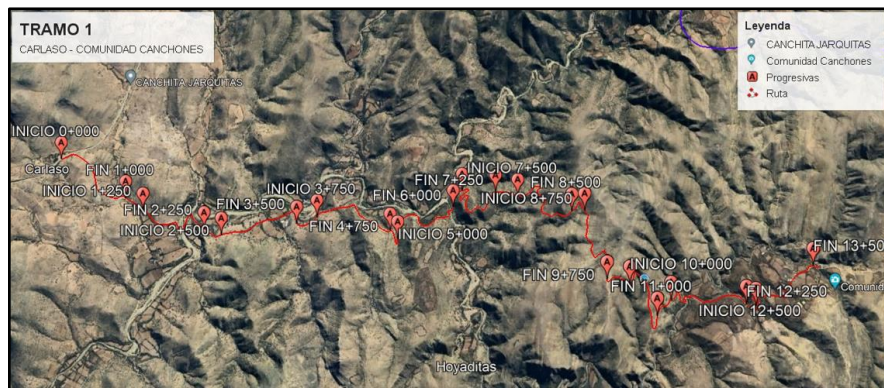
Estrato	Descripción	N población de cada tramo	Tamaño de muestra cada estrato	$i = N/n$
1	D653	14	11	1,25
2	D670	11	8	1,34
3	D610	8	6	1,33
4	D605	9	7	1,35
5	D656	8	6	1,25
6	D605	3	2	1,70
suma		53	40	

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.4. Descripción de las unidades de muestra

Tramo 1: Carlazo – Comunidad Canchones

Figura 45. Tramo 1: Carlazo – Comunidad canchones



Fuente: Elaboración propia

Longitud total del tramo 13,75 km cuenta con 11 zonas de muestreo y un total de 22 unidades de muestra.

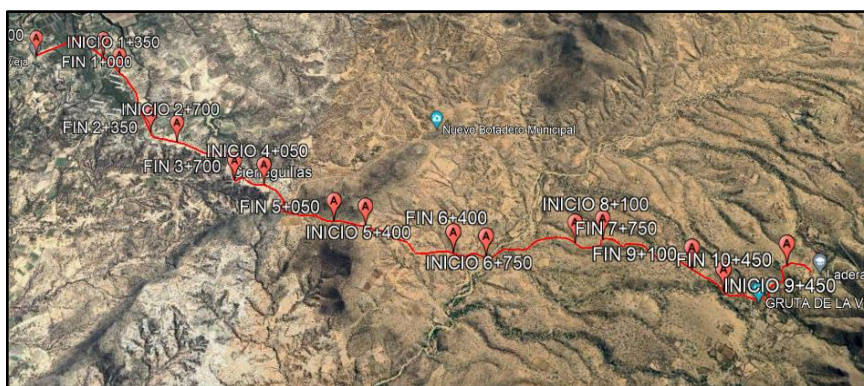
Tabla 13. Detalle de las unidades de muestra y sus coordenadas UTM

Sección	Unidades de muestra	Ancho (m)	Este	Norte	Altura (m.s.n.m.)
1	UM - 01	4.5	343607	7624054	2229.00
	UM - 02	4.6	344094	7623652	2199.00
2	UM - 03	4.5	344541	7623471	2177.00
	UM - 04	4.3	345008	7623405	2168.00
3	UM - 05	4.2	345560	7623243	2191.00
	UM - 06	4.3	346196	7623415	2200.00
4	UM - 07	4.8	346866	7623518	2229.00
	UM - 08	4.8	347073	7623339	2240.00
5	UM - 09	4.4	347455	7623436	2232.00
	UM - 10	4.0	347803	7623403	2235.00
6	UM - 11	4.2	348072	7623689	2258.00
	UM - 12	4.5	348295	7623538	2342.00
7	UM - 13	4.5	348707	7623638	2364.00
	UM - 14	4.5	349093	7623381	2439.00
8	UM - 15	4.6	349322	7623147	2477.00
	UM - 16	4.3	349518	7622966	2498.00
9	UM - 17	4.0	349842	7622768	2473.00
	UM - 18	4.0	349950	7622416	2463.00
10	UM - 19	4.0	350606	7622487	2405.00
	UM - 20	4.5	350860	7622546	2411.00
11	UM - 21	4.1	351055	7622519	2444.00
	UM - 22	4.2	351271	7622545	2451.00

Fuente: Elaboración propia

Tramo 2: Santa Ana la Vieja – Laderas Norte

Figura 46. Tramo 2: Santa Ana la Vieja – Laderas Norte



Fuente: Elaboración propia

Longitud total del tramo 10,70 km cuenta con 8 zonas de muestreo y un total de 16 unidades de muestra.

Tabla 14. Detalle de las unidades de muestra y sus coordenadas UTM

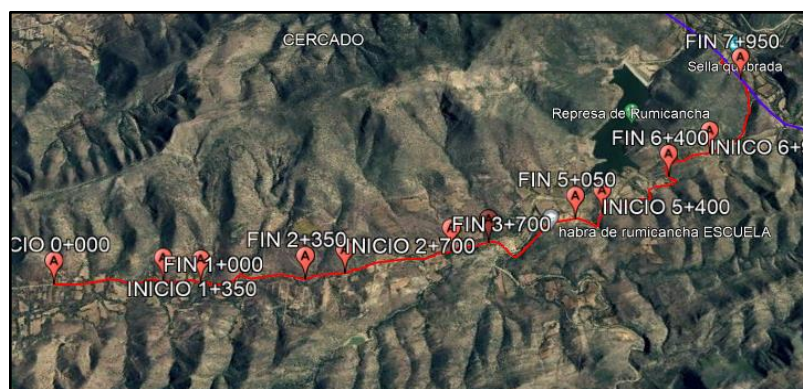
Sección	Unidades de muestra	Ancho (m)	Este	Norte	Altura (m.s.n.m.)
1	UM - 01	4.5	332728	7609577	1833.00
	UM - 02	4.5	332855	7609656	1836.00
2	UM - 03	4.9	333894	7609029	1860.00
	UM - 04	4.8	333960	7608938	1861.00
3	UM - 05	4.7	335115	7608604	1893.00
	UM - 06	6.0	335215	7608604	1889.00
4	UM - 07	5.2	336007	7608198	1919.00
	UM - 08	4.0	336085	7608106	1915.00
5	UM - 09	4.0	337522	7608056	1906.00
	UM - 10	5.5	337646	7608101	1901.00
6	UM - 11	4.0	338488	7608399	1894.00
	UM - 12	4.2	338754	7608590	1921.00
7	UM - 13	4.7	339695	7608716	2033.00
	UM - 14	4.5	339878	7608620	2053.00

8	UM - 15	4.1	340563	7608368	2103.00
	UM - 16	4.5	341012	7608737	2142.00

Fuente: Elaboración propia

### Tramo 3: San Pedro de Buena Vista – Sella Quebradas

Figura 47. Tramo 3: San Pedro de Buena Vista – Sella Quebradas



Fuente: Elaboración propia

Longitud total del tramo 8,24 km cuenta con 6 zonas de muestreo y un total de 12 unidades de muestra.

Tabla 15. Detalle de las unidades de muestra y sus coordenadas UTM

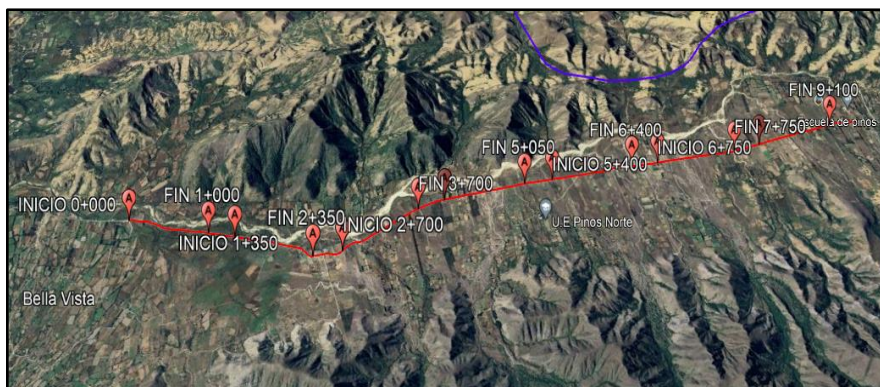
Sección	Unidades de muestra	Ancho (m)	Este	Norte	Altura (m.s.n.m.)
1	UM - 01	4.7	326616	7627860	2166.00
	UM - 02	4.4	326727	7628116	2170.00
2	UM - 03	4.2	327199	7628878	2195.00
	UM - 04	4.2	327323	7629243	2200.00
3	UM - 05	4.0	327681	7630046	2230.00
	UM - 06	4.2	327727	7630260	2230.00
4	UM - 07	4.5	328229	7631387	2210.00
	UM - 08	4.0	328117	7631735	2212.00
5	UM - 09	4.3	328220	7632320	2230.00
	UM - 10	4.6	328261	7632709	2218.00
6	UM - 11	4.1	328237	7633651	2195.00

	UM - 12	4.2	328062	7633921	2173.00
--	---------	-----	--------	---------	---------

Fuente: Elaboración propia

#### Tramo 4: Bella Vista – Pinos Sud

Figura 48. Tramo 4: Bella Vista – Pinos Sud



Fuente: Elaboración propia

Longitud total del tramo 9,46 km cuenta con 7 zonas de muestreo y un total de 14 unidades de muestra.

Tabla 16. Detalle de las unidades de muestra y sus coordenadas UTM

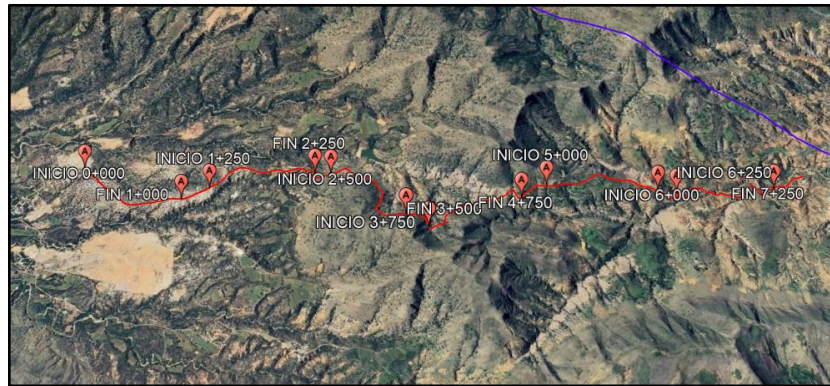
Sección	Unidades de muestra	Ancho (m)	Este	Norte	Altura (m.s.n.m.)
1	UM - 01	4.5	309099	7603798	2012.00
	UM - 02	4.7	308871	7603556	2015.00
2	UM - 03	4.8	308228	7602724	2025.00
	UM - 04	5.0	307922	7602354	2027.00
3	UM - 05	4.0	307508	7601508	2051.00
	UM - 06	4.2	307520	7601240	2054.00
4	UM - 07	5.1	307387	7600100	2059.00
	UM - 08	4.0	307249	7599654	2055.44
5	UM - 09	4.0	307003	7598970	2072.51
	UM - 10	4.2	306830	7598433	2074.84
6	UM - 11	4.8	306506	7597629	2094.00
	UM - 12	4.2	306407	7597357	2099.00

7	UM - 13	4.6	306054	7596089	2114.37
	UM - 14	4.0	305961	7595727	2122.00

Fuente: Elaboración propia

### Tramo 5: San Jacinto Sud – Abra de Mullicancha

Figura 49. Tramo 5: San Jacinto Sud – Abra de Mullicancha



Fuente: Elaboración propia

Longitud total del tramo 7,52 km cuenta con 6 zonas de muestreo y un total de 12 unidades de muestra.

Tabla 17. Detalle de las unidades de muestra y sus coordenadas UTM

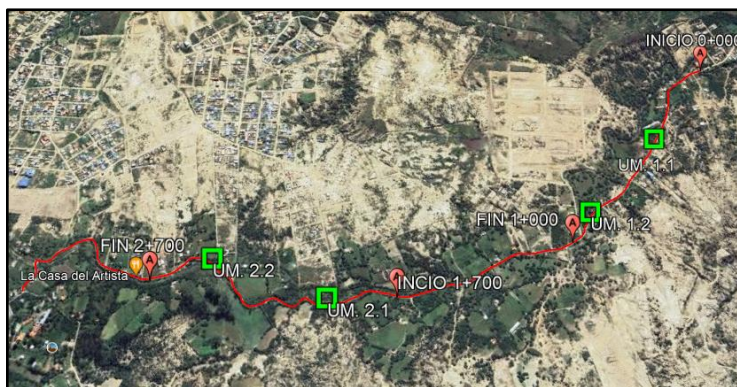
Sección	Unidades de muestra	Ancho (m)	Este	Norte	Altura (m.s.n.m.)
1	UM - 01	4.2	321690	7608497	1919.00
	UM - 02	4.3	321377	7608097	1933.00
2	UM - 03	4.0	321399	7607479	1970.00
	UM - 04	4.0	321211	7606994	2002.00
3	UM - 05	4.0	320936	7606555	2063.00
	UM - 06	4.2	320762	7606429	2066.00
4	UM - 07	4.0	320297	7606004	2120.00
	UM - 08	4.2	320270	7605580	2098.00
5	UM - 09	4.0	320151	7604903	2090.00
	UM - 10	4.0	320111	7604634	2060.00
6	UM - 11	5.2	319731	7603945	1970.00

	UM - 12	4.8	319623	7603762	1962.00
--	---------	-----	--------	---------	---------

Fuente: Elaboración propia.

### Tramo 6: La Tablada – Turumayo

Figura 50. Tramo 6: La Tablada – Turumayo



Fuente: Elaboración propia.

Longitud total del tramo 3,40 km cuenta con 2 zonas de muestreo y un total de 4 unidades de muestra.

Tabla 18. Detalle de las unidades de muestra y sus coordenadas UTM

Sección	Unidades de muestra	Ancho (m)	Este	Norte	Altura (m.s.n.m.)
1	UM - 01	4.2	318337	7614751	1922.00
	UM - 02	4.2	317893	7614624	1923.00
2	UM - 03	4.0	316937	7614876	1938.00
	UM - 04	4.0	316674	7615173	1946.00

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Control de las actividades de medición

La mayoría de errores aparecen debido a las variables extrañas que no han sido consideradas dentro de la investigación, pero que si pueden afectar los resultados casi siempre se presentan tres factores:



### **3.3.1. Factores climáticos**

Los tramos en estudio cuentan con características climáticas particulares las cuales influyen directamente en el estado y el comportamiento de la infraestructura vial. Por ejemplo, el tramo Carlazo – Comunidad Canchones cuenta con un clima seco, se observa presencia de lluvias en las cumbres rocosas ya que su altura oscila entre los 2.485 m.s.n.m.

Por otro lado, el tramo Santa Ana la Vieja – Laderas Norte, denota un clima más cálido y húmedo, se observa la presencia de lluvias intensas durante la temporada de lluvia.

El tramo San Pedro de Buena Vista – Sella Quebradas, denota un clima cálido y seco, las lluvias en este sector son escasas dado que el tramo no cuenta con mucha vegetación y sembradíos, mismos que aprovechan el agua de la represa de Rumicancha.

El tramo Bella Vista – Pinos Sud, cuenta con un clima cálido y húmedo se observa presencia de lluvias intensas, existe en la zona sembradíos en casi todo el tramo, alimentado por el Rio Pinos. No se aprecia vientos fuertes en la zona en estudio.

El tramo comprendido entre San Jacinto Sud y Abra de Mullicancho, se caracteriza por un clima húmedo y con presencia de abundantes lluvias, vientos suaves y presencia de cultivos en casi todo el tramo.

Por último, el tramo La Tablada – Turumayo se caracteriza por tener un clima cálido y húmedo la presencia de ganado y cultivos aún son predominantes en esta zona que se encuentra aledaña a la ciudad de Tarija, poca presencia de viento y precipitaciones recurrentes son causantes de los empozamientos y olores fétidos en la zona.

### **3.3.2. Calibración de los equipos**

Los equipos utilizados en el trabajo de investigación son:

Cinta métrica de 50 metros de longitud, el cual sirvió para medir distancias de cada unidad de muestra en tanto a su longitud como para las fallas encontradas en cada una de ellas, con una precisión de +/- 1 mm.

Flexómetro de 5m que sirvió de gran utilidad en la toma de datos de las fallas presentes en los caminos no pavimentados en estudio, con una precisión de +/- 1 mm, a 20°C.

Regla metálica el cual fue revisada con anticipación que no presente deformaciones y que no sea de una longitud menor a la que se pide por la norma.

Nivel de Ingeniero Sokkia SDL50, la calibración de este equipo de medición topográfica fue realizado en el laboratorio de Topografía de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, ya que es fundamental para garantizar la precisión de las mediciones topográficas.

### **3.3.3. Operador**

Se llevó a cabo una capacitación exhaustiva del personal involucrado en las tareas de medición y cuantificación de las fallas superficiales. Esta capacitación tuvo como objetivo estandarizar los procedimientos y asegurar la calidad de los datos recopilados.

Los principales aspectos abordados durante la capacitación fueron. - Identificación de Tipos de Deterioros Superficiales. - Se proporcionó a los operadores una guía detallada sobre los diferentes tipos de deterioros superficiales que pueden presentarse en caminos no pavimentados, como baches, calaminado, pérdida de agregados, entre otros.

Se capacitó a los operadores en el uso adecuado de los equipos de medición, como cintas métricas, flexómetros y reglas metálicas, se enseñaron los procedimientos para medir con precisión las dimensiones (longitud, ancho y profundidad) de los diferentes deterioros superficiales.

Se instruyó a los operadores en el correcto llenado de formatos y planillas de campo para el registro de los deterioros identificados y sus respectivas mediciones, se capacitó en el uso de herramientas de georreferenciación, como GPS, para documentar la ubicación de los deterioros.

### 3.3.4. Materiales y equipos

Los siguientes instrumentos constituyen los medios utilizados para la medición de deterioros, en los tramos estudiados.

Flexómetro



Wincha



GPS GARMIN



Conos de Seguridad



Nivel de Ingeniero SOKKIA



Estadal



### 3.4. Resultados

A continuación, se presentan las planillas de resultados de la condición actual de los tramos en estudio por las tres metodologías.

#### 3.4.1. Resumen de resultados URCI

Tabla 19. Resumen de resultados método URCI

N°	Tramos		URCI promedio	Calificación promedio
	Inicio	Fin		
1	Carlazo	Comunidad Canchones	39,77	Pobre
2	Santa Ana la Vieja	Laderas Norte	43,94	Regular
3	San Pedro de Buena Vista	Sella Quebradas	43,67	Regular
4	Bella Vista	Pinos Sud	45,36	Regular
5	San Jacinto Sud	Abra de Mullicancha	45,75	Regular
6	L a Tablada	Turumayo	34,75	Pobre

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento de cálculo paso a paso del URCI de una unidad de muestra se indica en el anexo N° 2 – A.

El cálculo de todas las unidades de muestra con la planilla resumen de cada tramo se indica del anexo N° 2 – B, hasta el anexo N° 2 – G.

### 3.4.2. Resumen de resultados ICNP

Tabla 20. Resumen de resultados método ICNP

N°	Tramos		ICNP promedio	Calificación promedio
	Inicio	Fin		
1	Carlazo	Comunidad Canchones	3,52	Malo
2	Santa Ana la Vieja	Laderas Norte	5,19	Regular
3	San Pedro de Buena Vista	Sella Quebradas	4,31	Regular
4	Bella Vista	Pinos Sud	5,30	Regular
5	San Jacinto Sud	Abra de Mullicancha	4,99	Malo
6	L a Tablada	Turumayo	4,49	Malo

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento de cálculo paso a paso del URCI de una unidad de muestra se indica en el anexo N° 3 – A.

El cálculo de todas las unidades de muestra con la planilla resumen de cada tramo se indica del anexo N° 3 – B hasta el anexo N° 3 – G.

### 3.4.3. Resumen de resultados VIZIRET

Tabla 21. Resumen de resultados método VIZIRET

N°	Tramos		Iv. promedio	Calificación promedio
	Inicio	Fin		
1	Carlazo	Comunidad Canchones	2	Malo
2	Santa Ana la Vieja	Laderas Norte	3	Fallado
3	San Pedro de Buena Vista	Sella Quebradas	2	Malo
4	Bella Vista	Pinos Sud	3	Fallado
5	San Jacinto Sud	Abra de Mullicancha	2	Malo
6	L a Tablada	Turumayo	2	Malo

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento de cálculo paso a paso del URCI de una unidad de muestra se indica en el anexo

N° 4 – A.

El cálculo de todas las unidades de muestra con la planilla resumen de cada tramo se indica del anexo

N° 4 – B hasta el anexo N° 4 – G.

# **CAPÍTULO IV**

## **ANÁLISIS DE**

### **RESULTADOS**

## Capítulo IV: Análisis de Resultados

### 4.1. Análisis comparativo

El análisis comparativo consiste en evaluar la consistencia y confiabilidad de la metodología URCI en comparación con las metodologías ICNP y VIZIRET.

#### 4.1.1. Comparación de metodologías URCI e ICNP

##### a) Parámetros de tipo de falla

Para relacionar los parámetros medibles, se compara los tipos de falla que presentan las metodologías URCI e ICNP.

Tabla 22. Tipos de falla similitud y diferencias URCI - ICNP

Parámetros	Metodología	
	URCI	ICNP
Sección transversal inadecuada/ Erosión	x	x
Drenaje lateral inadecuado/ Bombeo	x	x
Calamina	x	-
Polvo	x	-
Baches	x	-
Ahuellamiento	x	x
Perdida de material	x	-
IRI	-	x
Clima	-	x

Fuente: Elaboración propia

Existe similitud en tres parámetros de falla en URCI e ICNP las cuales son Sección transversal inadecuada/Erosión, Drenaje lateral inadecuado/Bombeo y ahuellamiento donde la metodología URCI ofrece una evolución más detallada y específica de varios aspectos del camino, ICNP complementa esta evolución con parámetros adicionales como IRI y clima.



b) Parámetro de unidad de muestra

En cuanto al método URCI plantea una unidad de muestra basado en una determinada sección de vía, en esta unidad está constituida por unidades simples para la inspección de las condiciones, El tamaño de la unidad simple de muestra varia de 140 a 320 m<sup>2</sup>.

Por otro lado, en la metodología ICNP se evalúa por longitud de 30m de vía no pavimentada considerando sus deterioro y tipos de falla según su nivel de gravedad, se describe la vía no pavimentada para darle una calificación de su condición.

Tabla 23. Unidad de muestra diferencias URCI - ICNP

Metodología	Unidad de muestra
URCI	140 a 320 m <sup>2</sup>
ICNP	30 m

Fuente: Elaboración propia

c) Criterios de la magnitud de los tipos de falla

Tabla 24. Magnitud según tipo de falla URCI - ICNP

Parámetros	Metodología	
	URCI	ICNP
Sección transversal inadecuada/ Erosión	m <sup>2</sup>	Se ingresa 1 si la erosión es importante y 0 si no lo es.
Drenaje lateral inadecuado/ Bombeo	m	Si el bombeo es malo 1 Si es regular 0,5 Si es malo 0
Calamina	m <sup>2</sup>	-
Polvo	Nube de polvo	-
Baches	Nº de baches	-
Ahuellamiento	m <sup>2</sup>	Se ingresa la profundidad media, en cm

Perdida de material	m	-
IRI	-	m/km
Clima	-	Según la región (seco, húmedo o mediterráneo)

Fuente: Elaboración propia

El método URCI utiliza unidades de medida precisas como metros cuadrados (m<sup>2</sup>) y número de baches, proporcionando una evaluación detallada y cuantitativa del estado del camino. En contraste, ICNP emplea escalas cualitativas y métricas como la profundidad media en centímetros (cm) y el índice de rugosidad internacional (IRI) en metros por kilómetro (m/km), así como indicadores binarios para factores como el clima. Este enfoque más subjetivo y menos granular de ICNP permite una implementación más rápida y sencilla, pero puede no capturar el mismo nivel de detalle que URCI.

#### 4.1.2. Comparación de metodologías URCI y VIZIRET

##### a) Parámetros de tipo de falla

Para relacionar los parámetros medibles, se compara los tipos de falla que presentan las metodologías URCI e VIZIRET

Tabla 25. Tipo de falla similitud y diferencias URCI - VIZIRET

Parámetros	Metodología	
	URCI	VIZIRET
Sección transversal inadecuada/Surcos longitudinales	x	x
Drenaje lateral inadecuado/Erosión de cunetas	x	x
Calamina/Ondulaciones	x	x
Polvo	x	-
Baches	x	x
Ahuellamiento	x	x

Perdida de material	x	x
Hundimientos	-	x

Fuente: Elaboración propia

Las metodologías URCI y VIZIRET comparten varios parámetros comunes, como la sección transversal inadecuada/surcos longitudinales, drenaje lateral inadecuado/erosión de cunetas, calamina/ondulaciones, baches, ahuellamiento y pérdida de material, lo que permite una evaluación detallada de la condición del camino. Sin embargo, URCI incluye la evaluación del polvo, crucial en áreas polvorientas, mientras que VIZIRET incorpora la evaluación de hundimientos, proporcionando una visión más completa de los problemas estructurales graves.

b) Parámetro de unidades de muestra

En cuanto al método URCI plantea una unidad de muestra basado en una determinada sección de vía, en esta unidad está constituida por unidades simples para la inspección de las condiciones, El tamaño de la unidad simple de muestra varia de 140 a 320 m<sup>2</sup>.

Por otro lado, en la metodología VIZIRET se evalúa por longitud de 100m de vía no pavimentada considerando sus deterioro y tipos de falla según su nivel de gravedad, se describe la vía no pavimentada para darle una calificación de su condición.

Tabla 26. Unidad de muestra diferencias URCI - VIZIRET

Metodología	Unidad de muestra
URCI	140 a 320 m <sup>2</sup>
VIZIRET	100 m

Fuente: Elaboración propia.

c) Criterio de la magnitud de los tipos de falla

Tabla 27. Magnitud según tipo de falla URCI - VIZIRET

Parámetros	Metodología	
	URCI	VIZIRET
Sección transversal inadecuada/Surcos longitudinales	m <sup>2</sup>	Profundidad en cm
Drenaje lateral inadecuado/Erosión de cunetas	m	m
Calamina/Ondulaciones	m <sup>2</sup>	Profundidad en cm
Polvo	Nube de polvo	-
Baches	Nº de baches	Nº de baches y diámetro en cm
Ahuellamiento	m <sup>2</sup>	Profundidad en cm
Perdida de material	m	Altura en cm
Hundimientos	-	Profundidad en cm

Fuente: Elaboración propia

Las unidades de magnitud utilizadas en las metodologías URCI y VIZIRET reflejan diferencias significativas en la forma de medir y evaluar los parámetros. URCI emplea principalmente unidades de área (m<sup>2</sup>) y longitud (m) para parámetros como sección transversal inadecuada, calamina, ahuellamiento y pérdida de material, proporcionando una evaluación cuantitativa del área afectada. En contraste, VIZIRET utiliza unidades de profundidad (cm) para parámetros como surcos longitudinales, ondulaciones, ahuellamiento, pérdida de material y hundimientos, lo que permite una evaluación más detallada de la severidad de las fallas.

#### 4.1.3. Índice de condición

El cuadro de condición de estado compara las clasificaciones de las metodologías URCI, ICNP y VIZIRET para evaluar la condición de los caminos. URCI utiliza

un rango de 0 a 100, donde 85 a 100 indica un estado “Excelente” y 0 a 10 significa que el camino “Falló”. ICNP emplea una escala de 1 a 10, con 8,0 a 10,0 representando “Muy bueno” y 1,0 a 1,9 indicando “Muy malo”. VIZIRET utiliza una escala de 0 a 3, donde 0 es “Muy bueno” y 3 es “Muy malo”.

Tabla 28. Clasificación del índice de condición según metodología

URCI		Clima seco		Clima húmedo		VIZIRET
85 a 100	Excelente	8,0 a 10,0	Muy bueno	8,0 a 10,0	Muy bueno	0
70 a 85	Muy bueno	5,0 a 7,9	Bueno	7,0 a 7,9	Bueno	1
55 a 70	Bueno	4,0 a 4,9	Regular	5,0 a 6,9	Regular	2
40 a 55	Regular	2,0 a 3,9	Malo	3,5 a 4,9	Malo	3
25 a 40	Pobre	1,0 a 1,9	Muy malo	1,0 a 3,4	Muy malo	
10 a 25	Muy pobre					
0-10	Falló					

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4. Comparación de resultado métodos URCI – ICNP

a) Tramo 1: Carlazo – Comunidad Canchones

Tabla 29. Porcentaje de coincidencia tramo 1

Comparación clima seco				
Calificación	URCI	ICNP	Coincidencias	Porcentaje
Bueno	0	0	0	0%
Regular	11	9	9	41%
Pobre/Malo	11	13	11	50%
Total	22	22	20	91%

Fuente: Elaboración propia

b) Tramo 2: Santa Ana la Vieja – Laderas Norte

Tabla 30. Porcentaje de coincidencia tramo 2

Comparación clima húmedo				
Calificación	URCI	ICNP	Coincidencias	Porcentaje
Bueno	0	1	0	0%
Regular	12	7	7	44%
Pobre/Malo	4	8	4	25%
Total	16	16	11	69%

Fuente: Elaboración propia

c) Tramo 3: San pedro de Buena Vista – Sella Quebradas

Tabla 31. Porcentaje de coincidencia tramo 3

Comparación clima seco				
Calificación	URCI	ICNP	Coincidencias	Porcentaje
Bueno	1	3	1	8%
Regular	7	4	4	33%
Pobre/Malo	4	5	4	33%
Total	12	12	9	75%

Fuente: Elaboración propia

d) Tramo 4: Bella Vista – Pinos Sud

Tabla 32. Porcentaje de coincidencia tramo 4

Comparación clima húmedo				
Calificación	URCI	ICNP	Coincidencias	Porcentaje
Bueno	1	1	1	7%
Regular	9	9	9	64%
Pobre/Malo	4	4	4	29%
Total	14	14	14	100%

Fuente: Elaboración propia

e) Tramo 5: San Jacinto Sud – Pinos Sud

Tabla 33. Porcentaje de coincidencia tramo 5

Comparación clima húmedo				
Calificación	URCI	ICNP	Coincidencias	Porcentaje
Bueno	2	1	1	8%
Regular	7	5	5	42%
Pobre/Malo	3	6	3	25%
Total	12	12	9	75%

Fuente: Elaboración propia

f) Tramo 6: La Tablada – Turumayo

Tabla 34. Porcentaje de coincidencia tramo 6

Comparación clima húmedo				
Calificación	URCI	ICNP	Coincidencias	Porcentaje
Bueno	0	0	0	0%
Regular	2	1	1	25%
Pobre/Malo	2	3	2	50%
Total	4	4	3	75%

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.5. Comparación de resultado métodos URCI – VIZIRET

a) Tramo 1: Carlazo – Comunidad Canchones

Tabla 35. Porcentaje de coincidencia tramo 1

Comparación				
Calificación	URCI	VIZIRET	Coincidencias	Porcentaje
Bueno	0	2	2	9%
Regular	11			

Malo/Malo a muy malo	11	20	11	50%
Fallado	0	0	0	0%
Total	22	22	14	59%

Fuente: Elaboración propia

b) Tramo 2: Santa Ana la Vieja – Laderas Norte

Tabla 36. Porcentaje de coincidencia tramo 2

Comparación				
Calificación	URCI	VIZIRET	Coincidencias	Porcentaje
Bueno	0	7	7	44%
Regular	12			
Malo/Malo a muy malo	4	7	4	25%
Fallado	0	2	0	0%
Total	16	16	11	69%

Fuente: Elaboración propia

c) Tramo 3: San Pedro de Buena Vista – Sella Quebradas

Tabla 37. Porcentaje de coincidencia tramo 3

Comparación				
Calificación	URCI	VIZIRET	Coincidencias	Porcentaje
Bueno	1	6	6	50%
Regular	7			
Malo/Malo a muy malo	4	6	4	33%
Fallado	0	0	0	0%
Total	12	12	10	83%

Fuente: Elaboración propia



d) Tramo 4: Bella Vista – Pinos Sud

Tabla 38. Porcentaje de coincidencia tramo 4

Comparación				
Calificación	URCI	VIZIRET	Coincidencias	Porcentaje
Bueno	1	3	3	21%
Regular	9			
Malo/Malo a muy malo	4	9	4	29%
Fallado	0	2	0	0%
Total	14	14	7	50%

Fuente: Elaboración propia

e) Tramo 5: San Jacinto Sud – Abra de Mullican

Tabla 39. Porcentaje de coincidencia tramo 5

Comparación				
Calificación	URCI	VIZIRET	Coincidencias	Porcentaje
Bueno	2	4	4	33%
Regular	7			
Malo/Malo a muy malo	3	8	3	25%
Fallado	0	0	0	0%
Total	12	12	7	58%

Fuente: Elaboración propia.

f) Tramo 6: La Tablada – Turumayo

Tabla 40. Porcentaje de coincidencia tramo 6

Comparación				
Calificación	URCI	VIZIRET	Coincidencias	Porcentaje
Bueno	0	1	1	25%
Regular	2			
Malo/Malo a muy malo	2	3	2	50%
Fallado	0	0	0	0%
Total	4	4	3	75%

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.6. Validación de resultados URCI

Tabla 41. Comparación de coincidencia

Tramos	Porcentaje de coincidencia	
	URCI - ICNP	URCI-VIZIRET
1	91%	59%
2	69%	69%
3	75%	83%
4	100%	50%
5	75%	58%
6	75%	75%

Fuente: Elaboración propia

Tramo 1: La alta coincidencia entre URCI e ICNP (91%) sugiere una fuerte correlación en la evaluación de este tramo, validando los resultados de URCI. Sin embargo, la menor coincidencia con VIZIRET (59%) indica posibles diferencias en los criterios de evaluación o en la interpretación de los parámetros.

Tramo 2: La coincidencia igual (69%) entre ambas metodologías sugiere una consistencia similar en la evaluación de este tramo, lo que refuerza la validez de los resultados de URCI.

Tramo 3: La coincidencia con VIZIRET (83%) es mayor que con ICNP (75%), lo que sugiere que VIZIRET puede estar más alineada con URCI en la evaluación de este tramo específico, proporcionando una validación adicional.

Tramo 4: La coincidencia perfecta entre URCI e ICNP (100%) indica una evaluación idéntica para este tramo, validando completamente los resultados de URCI. La menor coincidencia con VIZIRET (50%) podría reflejar diferencias en los criterios de evaluación.

Tramo 5: La mayor coincidencia con ICNP (75%) en comparación con VIZIRET (58%) sugiere que ICNP está más alineada con URCI en este tramo, validando los resultados de URCI de manera más consistente.

Tramo 6: La coincidencia es (75%) entre ambas metodologías indica una evaluación idéntica para este tramo, validando los resultados de URCI.

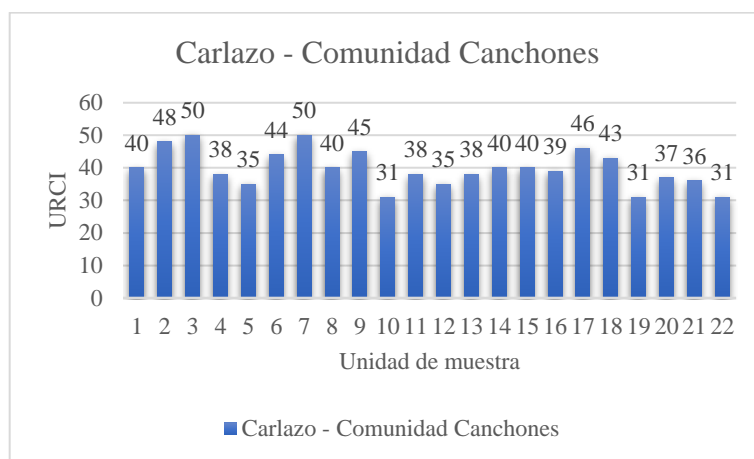
El análisis de los porcentajes de coincidencia muestra que la metodología URCI tiene una alta correlación con ICNP en la mayoría de los tramos, lo que sugiere que ICNP puede validar de manera efectiva los resultados obtenidos con URCI. La coincidencia con VIZIRET varía más, pero en algunos tramos (como el Tramo 3 y Tramo 6) también proporciona una validación sólida. Estas diferencias en los porcentajes de coincidencia indican que, aunque VIZIRET puede complementar y validar los resultados de URCI, existen diferencias en los criterios de evaluación que pueden afectar la alineación de los resultados.

## 4.2. Análisis descriptivo

A continuación, se presentará la síntesis de estos resultados, distribuyéndolos mediante representaciones gráficas por tramos y unidades de muestra, cantidad de fallas y calificación; con lo cual, se tendrá un panorama más detallado que permitirá realizar las interpretaciones correspondientes, así como estimar las causas primarias de las fallas encontradas, de tal modo que se planteen las soluciones necesarias para lograr el nivel de transitabilidad adecuado para los tramos en estudio.

Tramo 1: Carlazo – Comunidad Canchones

Figura 51. Gráfico de URCI por unidad de muestra para el tramo 1



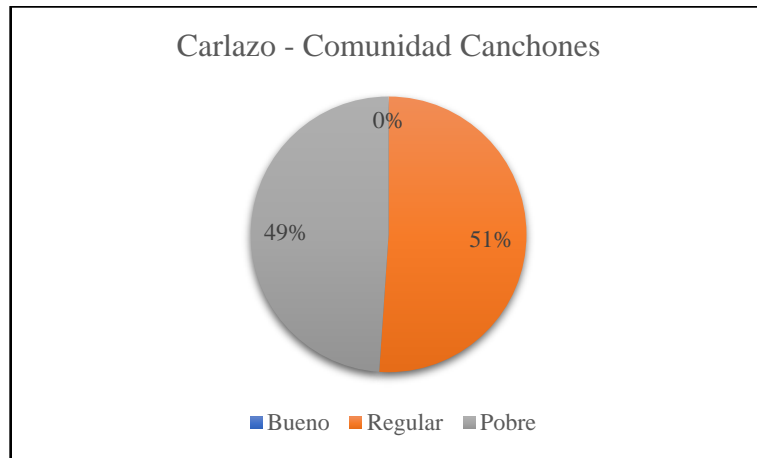
Fuente: Elaboración propia

Las unidades de muestra con un URCI más bajo son: 4, 5, 10, 11, 12, 13, 19, 20, 21, 22. Con un estado de condición pobre, para los cuales se presentaron las fallas con severidades más altas, así como mayor cantidad de fallas.

Además, se aprecia que en ninguna unidad de muestra se pudo determinar un URCI de calificación buena o superior, por tal razón el tramo requiere una intervención inmediata.

Tampoco fueron identificadas unidades de muestra con un URCI de calificación muy pobre, por lo que afín de evitar agravamiento de las fallas existentes, se deben programar actividades de mantenimiento.

Figura 52. Gráfico de porcentajes de condición tramo 1

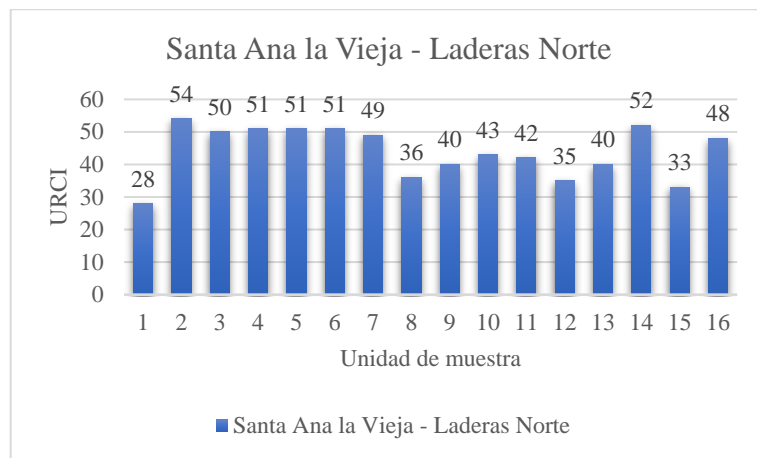


Fuente: Elaboración propia

Se puede evidenciar que el tramo se encuentra con un 51% de su recorrido en condición regular y un 49% en estado pobre, es decir que la mitad del tramo de Carlazo – Comunidad Canchones se encuentra en estado pobre.

Tramo 2: Santa Ana la Vieja – Laderas Norte

Figura 53. Gráfico de URCI por unidad de muestra para el tramo 2

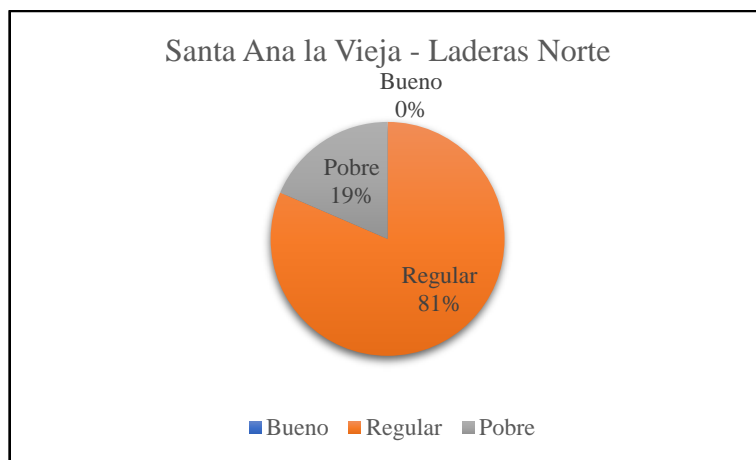


Fuente: Elaboración propia

Las unidades de muestra 1, 8, 12 y 15, con un URCI igual a 26, 36, 35 y 33, respectivamente son las unidades que presentan un estado de calificación pobre, las unidades de muestra 2,3 4, 5, 6, 7, Con un valor URCI igual a 54,50, 51, 51, 51 y 49 respectivamente en condición regular.

El tramo no cuenta con ninguna unidad en estado de calificación buena o superior.

Figura 54. Gráfico de porcentajes de condición tramo 2

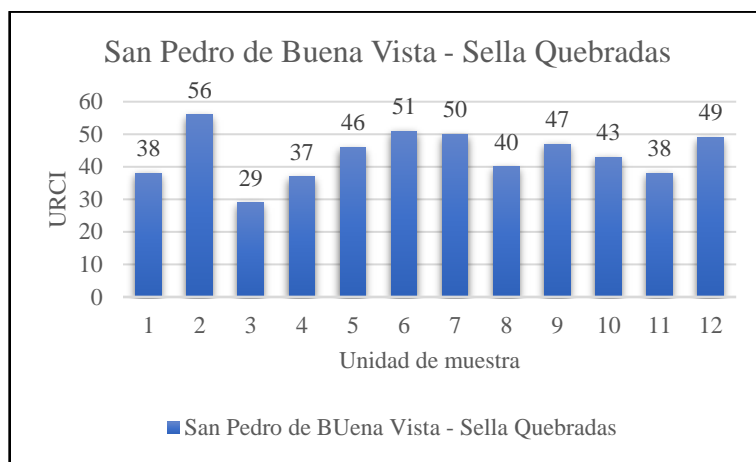


Fuente: Elaboración propia

Un gran porcentaje del tramo se encuentra en estado regular con un 81% y 19% del tramo se encuentra en estado pobre.

Tramo 3: San Pedro de Buena Vista – Sella Quebradas

Figura 55. Gráfico de URCI por unidad de muestra para el tramo 3

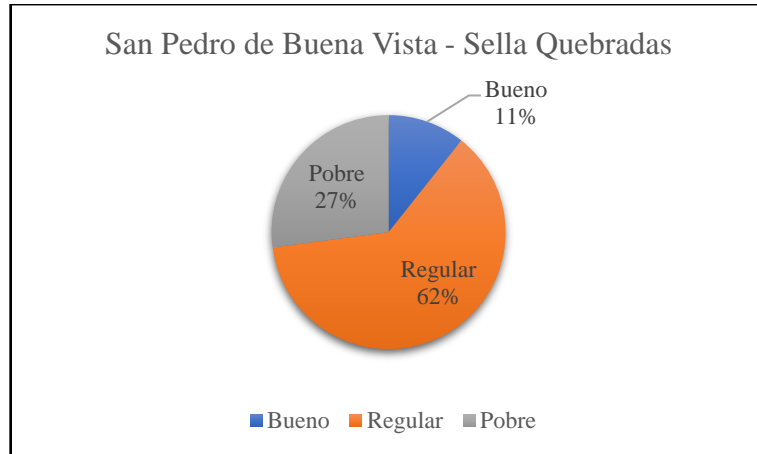


Fuente: Elaboración propia

Las unidades de muestra: 1, 3, 4 y 11, con un URCI igual a 38, 29, 37 y 38, en condición pobre, mientras que las unidades de muestra 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 12 con un URCI igual a 46,

51, 50, 40, 47, 43 y 49 respectivamente se encuentra con calificación regular, se puede evidenciar que la unidad de muestra 2 tiene un URCI de 56 lo cual califica como bueno.

Figura 56. Gráfico de porcentajes de condición tramo 3

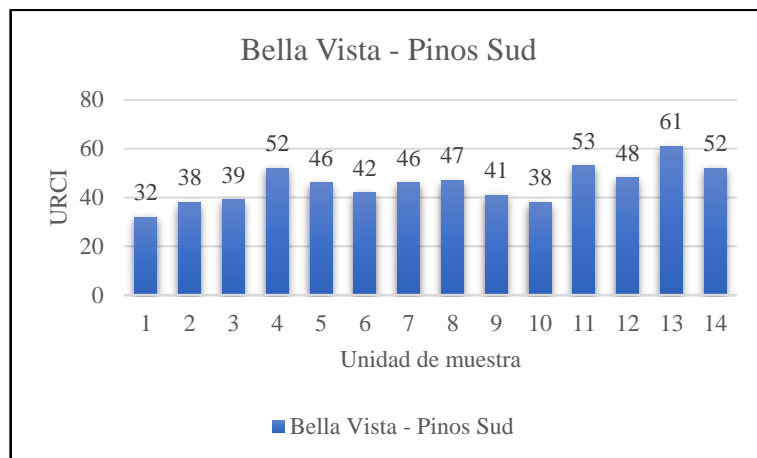


Fuente: Elaboración propia

El 62% del tramo se encuentra en condición regular, un 27% se encuentra en condición pobre y 11% para condición bueno.

Tramo 4: Bella Vista – Pinos Sud

Figura 57. Gráfico de URCI por unidad de muestra para el tramo 4

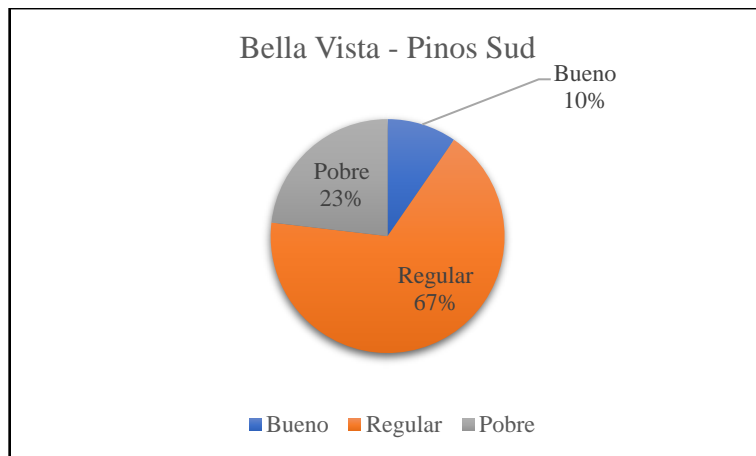


Fuente: Elaboración propia

Las unidades de muestra 1, 2 y 3, con un URCI igual a 32, 38 y 39 respectivamente se encuentran en estado pobre, mientras que las unidades siguientes de 4 a 14 se encuentran

en estado regular, excepto la unidad de muestra 13 con un URCI de 61 en calificación de Bueno.

Figura 58. Gráfico de porcentajes de condición tramo 4

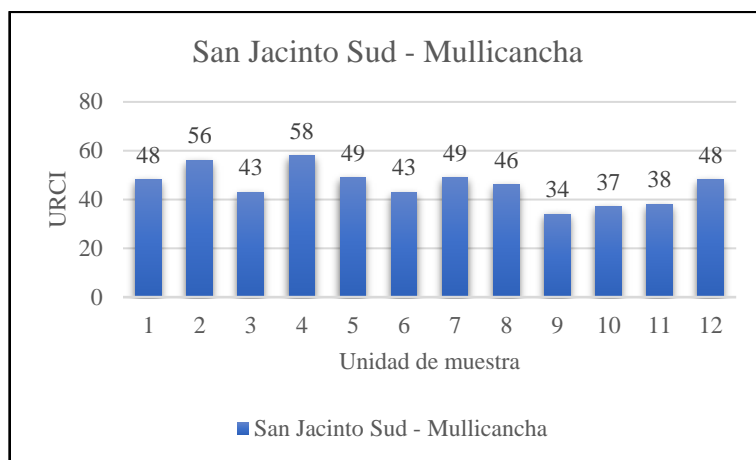


Fuente: Elaboración propia

El 67% del tramo se encuentra en estado regular, un 23% se encuentra en condición pobre y 10% del tramo se encuentra en condición bueno.

Tramo 5: San Jacinto Sud -Abra de Mullicancha

Figura 59. Gráfico de URCI por unidad de muestra para el tramo 5



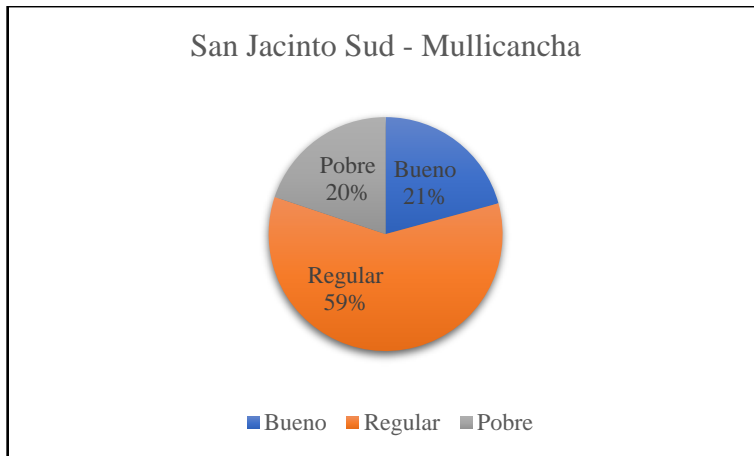
Fuente: Elaboración propia

Las unidades de muestra 9, 10 y 11 con un URCI de 34, 37 y 38 respectivamente se encuentran con una calificación pobre, las unidades de muestra 2 y 4 con un URCI de 56



y 58, se encuentra con calificación bueno y las unidades demuestr 1,3,5,6,7 y12, se encuentran en condición regular.

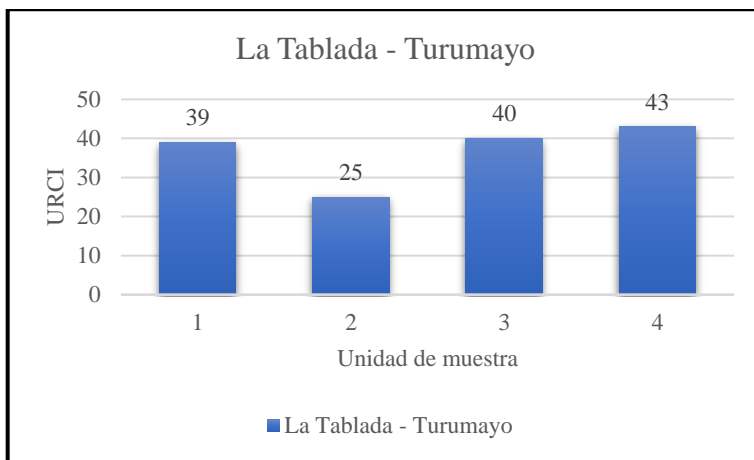
Figura 60. Gráfico de porcentajes de condición tramo 5



Fuente: Elaboración propia

EL 59% del tramo se encuentra en estado de condición regular, el 21% del tramo se encuentra en estado bueno y un 20% del tramo se encuentra en condición pobre.

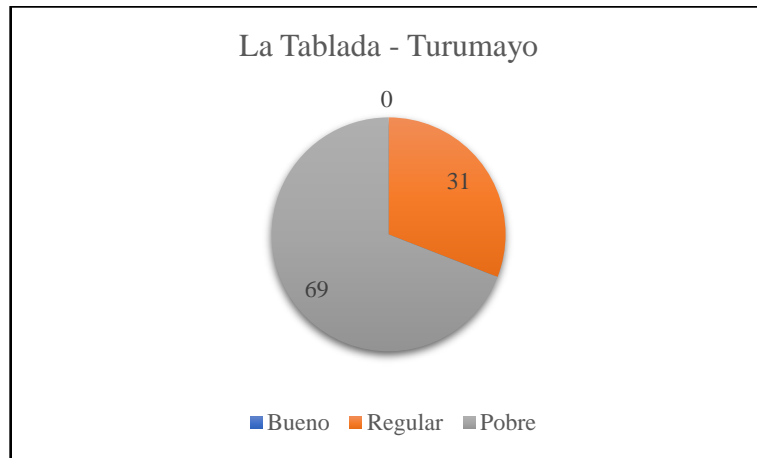
Figura 61. Gráfico de URCI por unidad de muestra para el tramo 6



Fuente: Elaboración propia

La unidad de muestra 4 con un URCI de 43 se encuentra con calificación regular, las unidades de muestra 1,2 y 3 con un URCI de 39, 25 y 32 respectivamente se encuentran con calificación pobre.

Figura 62. Gráfico de porcentajes de condición tramo 6



El 69% del tramo se encuentra en estado de condición pobre, mientras que el 31% del tramo se encuentra en estado de condición regular.

### 4.3. Medidas de tendencia central y medidas de dispersión

Se realizará el cálculo de las medidas tanto centrales como de dispersión por el análisis descriptivo y posterior para el análisis inferencial.

#### 4.3.1. Media

La media (también llamada promedio o media aritmética) de un conjunto de datos es una medida de posición central. La definiremos como el valor característico de la serie de datos resultado de la suma de todas las observaciones dividido por el número total de datos.

$$Media(X) = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

#### 4.3.2. Moda

En la estadística, la moda es el valor que aparece con mayor frecuencia en un conjunto de datos.

### 4.3.3. Mediana

La mediana es un estadístico de posición central que parte la distribución en dos, es decir, deja la misma cantidad de valores a un lado que a otro.

$$M_e = \frac{\sum_{i=1}^N X_i * f_i}{N}$$

### 4.3.4. Desviación estándar

La desviación estándar o desviación típica es una medida que ofrece información sobre la dispersión media de una variable. La desviación estándar es siempre mayor o igual que cero.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i * f_i)^2}{N}}$$

### 4.3.5. Varianza

La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media. Formalmente se calcula como la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de observaciones.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i * f_i)^2}{N}$$

### 4.3.6. Rango

El rango es un valor numérico que indica la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de una población o muestra estadística.

$$R = \text{Max}(X_i) - \text{Min}(X_i)$$

### 4.3.7. Coeficiente de Variación

Se utiliza para determinar la dispersión de un conjunto de datos respecto a su media.

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} * 100$$

Tabla 42. Medidas centrales y de dispersión

Unidad de muestra	Tramos					
	1	2	3	4	5	6
	URCI	URCI	URCI	URCI	URCI	URCI
1	40	28	38	32	48	39
2	48	54	56	38	56	25
3	50	50	29	39	43	40
4	38	51	37	52	58	43
5	35	51	46	46	49	
6	44	51	51	42	43	
7	50	49	50	46	49	
8	40	36	40	47	46	
9	45	40	47	41	34	
10	31	43	43	38	37	
11	38	42	38	53	38	
12	35	35	49	48	48	
13	38	40		61		
14	40	52		52		
15	40	33				
16	39	48				
17	46					
18	43					
19	31					
20	37					
21	36					
22	31					
Observaciones	22	16	12	14	12	4
Media	40	44	44	45	46	37
Moda	40	51	38	38	48	-
Mediana	40	46	45	46	47	40
Desviación estándar	5.69	7.95	7.56	7.64	7.24	8.02
Varianza	32.37	63.13	57.15	58.40	52.39	64.25
Valor máximo	50	54	56	61	58	43
Valor mínimo	31	28	29	32	34	25
Rango	19	26	27	29	24	18
Error estándar	1.21	1.99	2.18	2.04	2.09	4.01
Coefficiente de Variación	14.31	18.08	17.31	16.85	15.82	21.81

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación se expresa en porcentaje, se considera que un coeficiente de variación menor a 50% significa baja dispersión, Es decir que la media aritmética es una buena representación de un conjunto de datos si es mayor a 50% significa alta dispersión, la media en tal caso no es una buena representación.

Como se puede observar en la tabla 40 el conjunto de datos de los tramos en estudio evaluados es una buena representación ya que el coeficiente de variación es menor al 50%

#### 4.4. Estadística de inferencial

##### 4.4.1. Prueba de Hipótesis

para realizar la prueba de hipótesis, se hará uso de la prueba **chi – cuadrado** ya que permite evaluar la asociación entre variables categóricas, no requiere de los datos cumplan supuestos de normalidad o igualdad de varianzas, se basa en la comparación de frecuencias observadas vs. Frecuencias esperadas bajo la hipótesis nula y es una prueba adecuada para datos cualitativos.

Tabla 43. Estado de condición de las zonas de muestreo

Unidad de muestra	Tramos					
	1	2	3	4	5	6
	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado
1	Regular	Pobre	Pobre	Pobre	Regular	Pobre
2	Regular	Regular	Bueno	Pobre	Bueno	Pobre
3	Regular	Regular	Pobre	Pobre	Regular	Regular
4	Pobre	Regular	Pobre	Regular	Bueno	Regular
5	Pobre	Regular	Regular	Regular	Regular	
6	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	
7	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	
8	Regular	Pobre	Regular	Regular	Regular	
9	Regular	Regular	Regular	Regular	Pobre	
10	Pobre	Regular	Regular	Pobre	Pobre	
11	Pobre	Regular	Pobre	Regular	Pobre	
12	Pobre	Pobre	Regular	Regular	Regular	
13	Pobre	Regular		Bueno		
14	Regular	Regular		Regular		

15	Regular	Pobre				
16	Pobre	Regular				
17	Regular					
18	Regular					
19	Pobre					
20	Pobre					
21	Pobre					
22	Pobre					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla de contingencia de valores observados:

*Tabla 44.* Contingencia de datos observados

Muestras observadas				
muestras analizadas	Calificación			Total
	Bueno	Regular	Pobre	
Tramo 1	0	11	11	22
Tramo 2	0	12	4	16
Tramo 3	1	7	4	12
Tramo 4	1	9	4	14
Tramo 5	2	7	3	12
Tramo 6	0	2	2	4
Total	4	48	28	80

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la tabla de contingencia de datos esperados.

Tabla 45. Contingencia de valores esperados

Muestras esperadas				
muestras analizadas	Calificación			Total
	Bueno	Regular	Pobre	
Tramo 1	1.10	13.20	7.70	22
Tramo 2	0.80	9.60	5.60	16
Tramo 3	0.60	7.20	4.20	12
Tramo 4	0.70	8.40	4.90	14
Tramo 5	0.60	7.20	4.20	12
Tramo 6	0.20	2.40	1.40	4
Total	4.00	48	28	80

Fuente: Elaboración propia

Hipótesis de investigación:

- H1: Los tramos seleccionados de caminos no pavimentados en la provincia Cercado presentan una buena condición superficial.

Hipótesis nula:

- H0: Los tramos seleccionados de caminos no pavimentados en la provincia Cercado no presentan una buena condición superficial.

Calculo estadístico de prueba chi – cuadrado:

$$X_c^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Donde:

$f_o$  = Frecuencia observada

$f_e$  = Frecuencia esperada

Tabla 46. Valor chi – cuadrado calculado

Chi - cuadrado				
muestras analizadas	Calificación			Total
	Bueno	Regular	Pobre	
Tramo 1	1.10	0.37	1.41	2.88
Tramo 2	0.80	0.60	0.46	1.86
Tramo 3	0.27	0.01	0.01	0.28
Tramo 4	0.13	0.04	0.17	0.34
Tramo 5	3.27	0.01	0.34	3.62
Tramo 6	0.20	0.07	0.26	0.52
<b>Total</b>	<b>5.76</b>	<b>1.09</b>	<b>2.65</b>	<b>9.50</b>

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de grados de libertad:

Grado de libertad = (Número de filas - 1) × (Número de columnas - 1)

Grado de libertad = (3 - 1) × (6 - 1) = 10

Significancia = 5 %



Tabla 47. Resumen de Valores de  $X^2$

V/p	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0168	0.102	0.455	1.32	2.71	3.81	5.02	6.63	7.88
2	0.211	0.575	1.39	2.77	4.61	5.99	7.38	9.21	10.5
3	0.584	1.21	2.37	4.11	6.25	7.81	9.35	11.3	12.8
4	1.05	1.92	3.36	5.39	7.78	9.49	11.1	13.3	14.9
5	1.81	2.67	4.35	6.63	9.24	11.1	12.8	15.1	16.7
6	2.20	3.45	5.35	7.84	10.6	12.6	14.1	16.0	18.5
7	2.83	4.25	6.35	9.04	12.0	14.1	16.0	18.5	20.3
8	3.49	5.07	7.34	10.2	13.4	15.5	17.5	20.1	22.0
9	4.17	5.90	8.34	11.4	14.7	16.9	19.0	21.7	23.6
10	4.67	6.74	9.34	12.5	18.0	<b>18.307</b>	20.5	23.2	25.2

Fuente: Probabilidad y estadística para ingeniería, Walpole.2012

Comparación del valor calculado de chi - cuadrado con el valor crítico:

$$X_C^2 > X^2$$

$$18,307 > 9,50$$

Dado que el valor chi-cuadrado calculado (9,50) es menor que el valor crítico (18,307), con un nivel de significancia del 5% y 10 grados de libertad, no se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula:

Los tramos seleccionados de caminos no pavimentados en la provincia Cercado no presentan una buena condición superficial.

Y se rechaza la hipótesis de investigación:

Los tramos seleccionados de caminos no pavimentados en la provincia Cercado presentan una buena condición superficial.

#### 4.5. Propuesta de gestión de mantenimiento en caminos no pavimentados

Esta propuesta de gestión tiene como objetivo mejorar y mantener los caminos no pavimentados de la provincia Cercado. A continuación, se presentan una serie de pasos que abarcan desde la evaluación de las condiciones actuales hasta la implementación de actividades de mantenimiento.

##### 4.5.1. Evaluación superficial

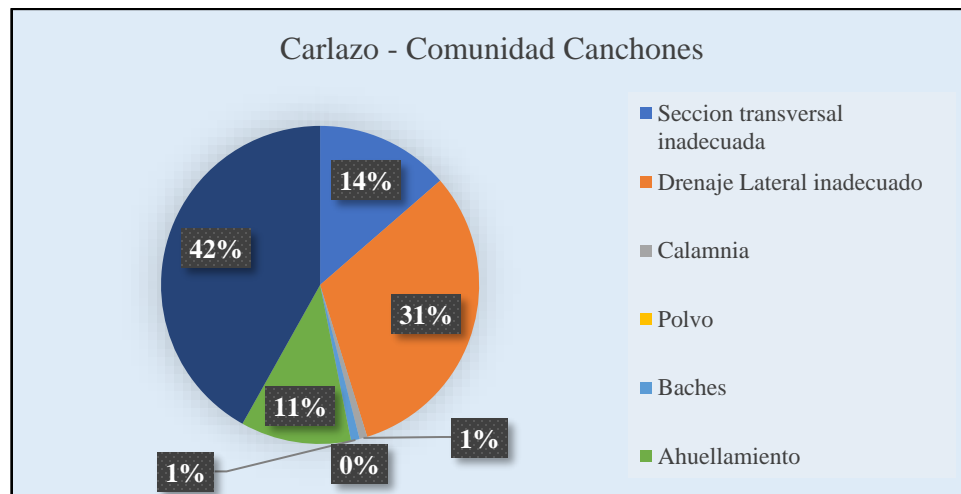
1. Aplicación de la metodología URCI.
2. Selección de unidades de muestra.
3. Identificación de fallas superficiales.
4. Clasificación de la severidad de las fallas.
5. Cálculo del URCI.
6. Resultados de la evaluación.

##### 4.5.2. Priorización de fallas

La priorización de fallas en caminos no pavimentados es fundamental para una gestión de mantenimiento eficiente.

Tramo 1: Carazo Comunidad canchones

Figura 63. Gráfica de fallas encontradas en el tramo 1

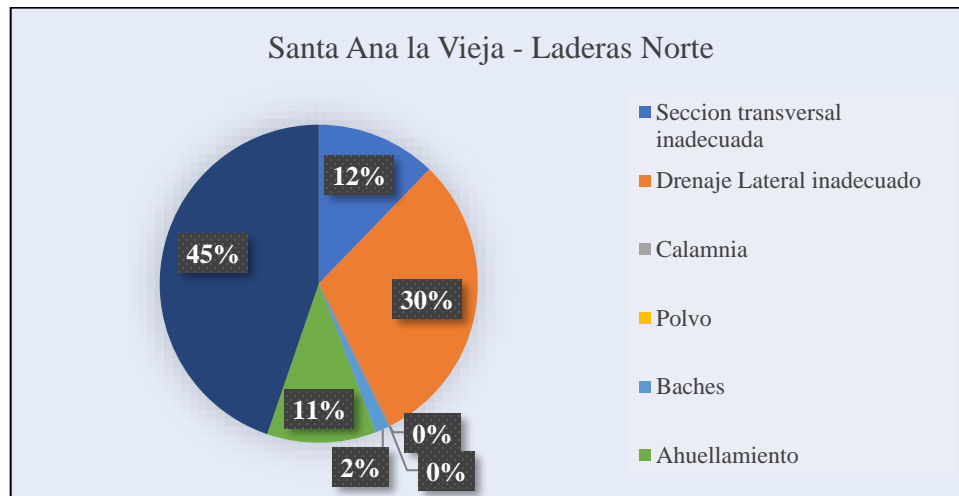


Fuente: Elaboración propia

Las fallas de desprendimiento de agregad, drenaje lateral inadecuado y sección transversal inadecuada, contemplan mayor porcentaje de deterioro en el tramo.

Tramo 2: Santa Ana la Vieja – Laderas Norte

Figura 64. Gráfica de fallas encontradas en el tramo 2

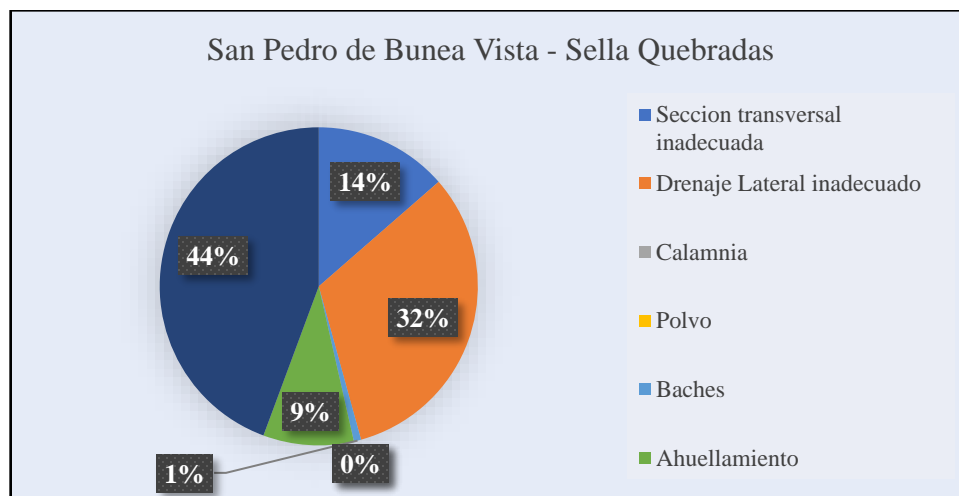


Fuente: Elaboración propia

Las fallas de agregado suelto y drenaje lateral inadecuado son las que tiene mayor porcentaje de deterioro en relación a las demás fallas.

Tramo 3: San Pedro de Buena Vista – Sella Quebradas

Figura 65. Gráfica de fallas encontradas en el tramo 3

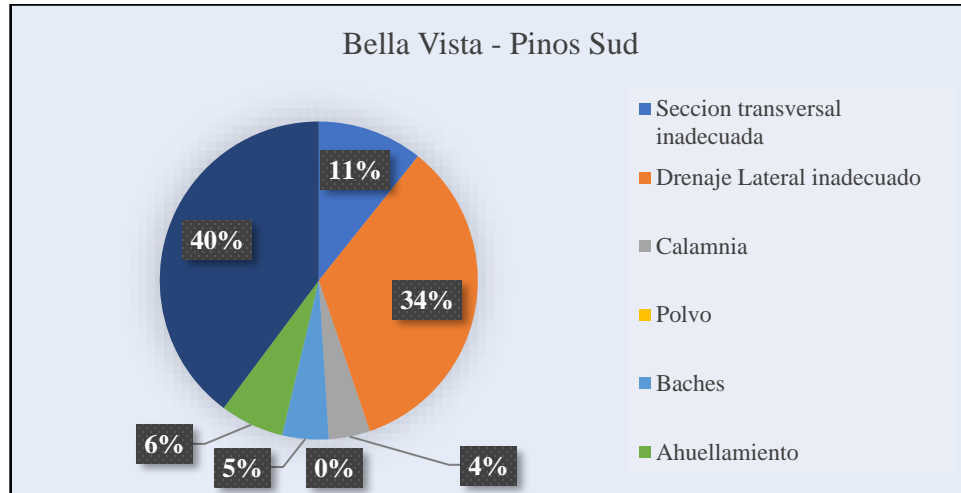


Fuente: Elaboración propia

Las principales fallas son agregado suelto y drenaje lateral inadecuado.

Tramo 4: Bella Vista – Pinos Sud

Figura 66. Gráfica de fallas encontradas en el tramo 4

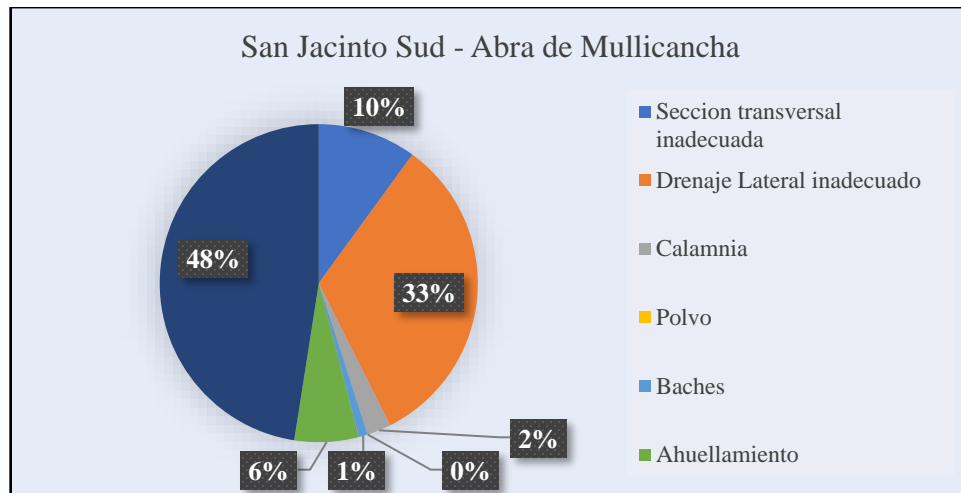


Fuente: Elaboración propia

Las fallas de agregado suelto y drenaje lateral inadecuado son las que tiene mayor porcentaje de deterioro en relación a las demás fallas.

Tramo 5: San Jacinto Sud – Abra de Mullicancha

Figura 67. Gráfica de fallas encontradas en el tramo 5

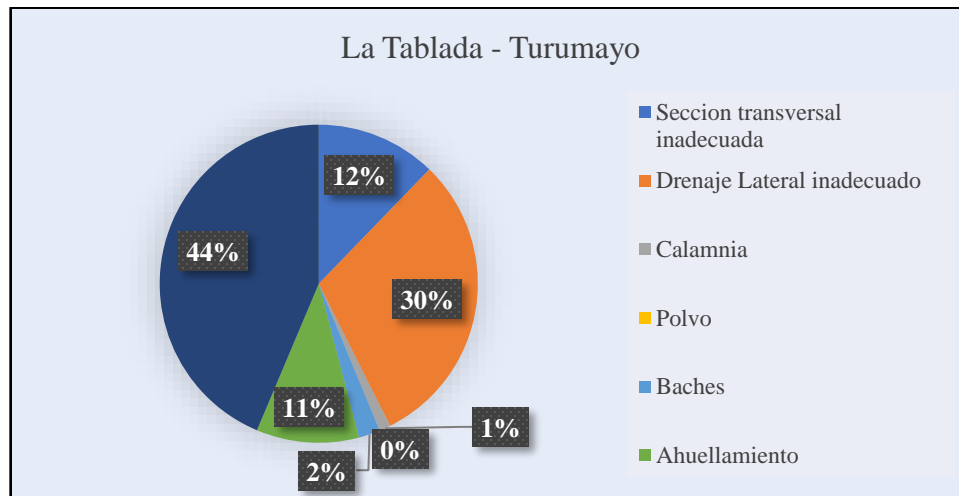


Fuente: Elaboración propia

Principales fallas encontradas en el tramo son agregado suelto y sección transversal inadecuada.

Tramo 6: La Tablada – Turumayo

Figura 68. Gráfica de fallas encontradas en el tramo 6



Fuente: Elaboración propia

Las fallas de agregado suelto y drenaje lateral inadecuado requieren mayor urgencia de mantenimiento.

#### 4.5.3. Actividades de mantenimiento según el tipo de falla

La siguiente tabla muestra las actividades de mantenimiento según la falla.

Tabla 48. Actividades de mantenimiento y frecuencia

Falla	Actividad de mantenimiento	Frecuencia
Sección transversal inadecuada	Perfilado y compactación	Trimestral
	Adición de material granular	Anual
Drenaje lateral inadecuado	Limpieza y reconfiguración de cunetas	anual
Calamina	Perfilado y compactación	Dos veces al año

Polvo	Aplicación de agua	Según necesidad
	Uso de estabilizadores	
Baches	Relleno y compactado	Según necesidad
Ahuellamiento	Perfilado y compactación	Según necesidad
	Adición de material granular	
Agregado suelto	Re aplicación de material granular	Anual

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.4. Actividades de mantenimiento según la severidad

Tabla 49. Alternativas de mantenimiento

Deterioros	Severidad	Recursos	Descripción de mantenimiento
Sección transversal inadecuada	L	B	Solo calificación
	M	B/C	Nivelar / Nivelar y agregar materiales (agua, agregado o ambos), y compactar.
	H	C	Excavar hasta la base, añadir agregado, darle forma, agua y compactar.
Drenaje lateral inadecuado	L	A/B	Limpiar las zanjas cada 1 o 2 años.
	M	B	Limpieza de alcantarillas. Cambiar la forma, construir, compactar o ensanchar la zanja
	H	C	Instale drenaje inferior, alcantarilla más grande, presa de zanja, escollera o geotextiles.
Calamina	L	B	Solo calificación.
	M	B/C	Nivelar/ Nivelar y agregar material (agua o agregado o ambos) y compactar
	H	C	Excavar hasta la base, añadir agregado, darle forma, agua y compactar.

Polvo	L	C	Agregar agua.
	M	C	Agregar estabilizador.
	H	C	Incrementar el uso de estabilizadores. Excavar hasta la base, añadir agregado, darle forma, agua y compactar.
Baches	L	B	Solo calificación.
	M	B/C	Nivelar/ nivelar y agregar material (agua, agregado o una mezcla 50/50 de cloruro de calcio y grava triturada) y compactar.
	H	C	Excavar hasta la base, añadir agregado, darle forma, agua y compactar.
Ahuellamiento	L	B	Solo calificación.
	M	B/C	Nivelar/nivelar, agregar material y compactar.
	H	C	Excavar hasta la base, añadir agregado, darle forma, agua y compactar.
Pérdida de agregado	L	B	Solo calificación.
	M	B/C	Nivelar/nivelar, agregar material y compactar.
	H	C	Excavar hasta la base, añadir agregado, darle forma, agua y compactar.
Recursos: A = mano de obra, gastos generales; B = mano de obra, equipo, gastos generales, C = mano de obra, equipo, materiales, gastos generales			

Fuente: Adaptado de USACE TM 5-626 (1995)

**CAPÍTULO V**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**



## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- En el presente proyecto de grado se logró evaluar la condición superficial de los tramos seleccionados de caminos no pavimentados de la provincia Cercado, por medio de la metodología URCI.
- Se pudo identificar los tramos de estudio, fueron seleccionados en diferentes zonas de la provincia cercado para obtener resultados representativos.
- La aplicación del método URCI permitió evaluar de manera sistemática y objetiva la condición superficial de los tramos seleccionados, proporcionando resultados esenciales para su posterior análisis.

Tramo	Longitud (km)	URCI Promedio	Calificación promedio
Carlazo – Comunidad Canchones	13,75	39,77	Pobre
Santa Ana la Vieja – Laderas Norte	10,70	43,94	Regular
San Pedro de Buena Vista – Sella Quebradas	8,24	43,67	Regular
Bella Vista – Pinos Sud	9,46	45,36	Regular
San Jacinto Sud – Abra de Mullicancha	7,52	45,75	Regular
La Tablada – Turumayo	3,40	34,75	Pobre

- Las metodologías ICNP y VIZIRET fueron implementadas y aplicadas correctamente, permitiendo una evaluación comparativa de la condición superficial de los caminos no pavimentados.
- La comparación y análisis de los resultados obtenidos mediante las metodologías ICNP y VIZIRET con la metodología URCI revelaron diferencias y similitudes mostradas en la siguiente tabla.

Tramo	URCI		ICNP		VIZIRET	
	URCI	Estado	ICNP	Estado	Iv.	Estado
1	39,77	Pobre	3,52	Malo	2	Malo
2	43,94	Regular	5,19	Regular	3	Fallado
3	43,67	Regular	4,31	Regular	2	Malo
4	45,36	Regular	5,30	Regular	3	Fallado
5	45,75	Regular	4,99	Malo	2	Malo
6	34,75	Pobre	4,49	Malo	2	Malo

- Se determinó que el método URCI es confiable para evaluar la condición superficial de caminos no pavimentados en la provincia Cercado, ya que los resultados en los tramos seleccionados demuestran porcentajes elevados de similitud, sobre todo con la metodología ICNP.

Tramos	Porcentaje de coincidencia	
	URCI - ICNP	URCI-VIZIRET
1	91%	59%
2	69%	69%
3	75%	83%
4	100%	50%
5	75%	58%
6	75%	75%

- El análisis descriptivo de los resultados, dieron resultados de coeficiente de variación por debajo del 50% lo que denota una buena representación de datos, el análisis inferencial con un valor de chi – cuadrado critico igual a 18,307 menor a 9,50 chi cuadrado calculado, indica que la hipótesis de investigación se rechaza.

- Se desarrolló una propuesta de gestión de mantenimiento basada en los siguientes pasos:
  1. Evaluación superficial.
  2. Establecimiento del índice de condición URCI.
  3. Priorización de mantenimiento.
  4. Alternativas de actividades de mantenimiento.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda hacer uso del software EvalURCI para maximizar tiempos en el proceso de cálculo del URCI y su calificación.
- Se recomienda el uso del software ProVAL, es de fácil aplicación para el cálculo del IRI.
- Los resultados del URCI e ICNP tienen mayor porcentaje de similitud en comparación de la metodología VIZIRET, entonces la metodología ICNP puede ser utilizado como alternativa a la metodología URCI, obteniendo resultados confiables.
- La metodología VIZIRET tiene una gran desventaja la cual solo evalúa los deterioros estructurales y no así los deterioros de drenaje, lo que dificulta una evaluación superficial precisa.
- El personal asignado a la recolección de datos de campo, deben previamente ser capacitados y deben portar las planillas correspondientes para su llenado.
- Los equipos y materiales empleados para el levantamiento de datos, deben ser siempre los mismos, para garantizar una uniforme recolección de datos de campo.
- Se recomienda el empleo del manual descrito en el anexo N° 1, ya que detalla los pasos a seguir para evaluar caminos no pavimentados mediante la metodología URCI.
- Los resultados de la investigación deben utilizarse para informar y priorizar las acciones de mantenimiento. Los tramos identificados como “pobres” deben recibir atención inmediata para mejorar la seguridad y la transitabilidad.

- Las acciones de mantenimiento rutinario, teniendo en cuenta el estado actual de la vía, no deben considerarse como soluciones definitivas para restaurar la transitabilidad en la carretera mencionada, sino como medidas paliativas.