

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Introducción

La urbanización vial es el conjunto de obras relacionadas a la construcción, reparación, mantenimiento y conservación de caminos, carreteras y calles, tanto a nivel urbano como rural, diseñadas para la ampliación y mejoramiento de la capacidad instalada de la infraestructura vial de una ciudad o municipio, de manera acorde al Plan de Desarrollo Municipal donde exista.

La red de caminos de un país representa un importante medio de desarrollo que permite la comunicación entre las poblaciones, el acceso a servicios y recursos y la integración territorial del país. Los caminos son inversiones importantes que demandan atención permanente a través de trabajos de mantenimiento que permitan contar, el mayor tiempo posible, con un medio de acceso en buenas condiciones que facilite la circulación de los vehículos. Son obras de infraestructura que demandan atención y mantenimiento permanente para estar en buenas condiciones y ser transitables la mayor parte del año.

Los caminos rurales tienen importancia capital para los medios donde se encuentran, ya que proporcionan significativos beneficios sociales y económicos para las comunidades de las que forman parte. Debemos admitir, sin embargo, que cuando se realizan inversiones aisladas en el sector, las mismas no son capaces de paliar los niveles de pobreza existentes en dichas regiones. Por lo tanto, se deben establecer políticas públicas más amplias que consideren entre otras medidas, el desarrollo de programas de mantenimiento de carreteras rurales con niveles mínimos de circulación para sus usuarios. De este modo, se logrará entre otras cosas, un transporte adecuado de los bienes producidos en las localidades más alejadas hacia los centros consumidores.

### 1.2 Justificación

El criterio a utilizar en esta evaluación de los proyectos de carreteras de penetración económica puede evaluarse bajo la perspectiva de desarrollo económico. Tomando en

cuenta los efectos del aprovechamiento actual y potencial para las zonas afectadas San Jacinto y Tolomosa Grande.

El beneficio para este proyecto se obtiene de la cuantificación de la producción obtenida y su incremento debido a la carretera que se registra; pueden también incorporarse en cierta medida el beneficio obtenida para la sociedad local en términos de aumento del flujo comercial y comodidad de los usuarios.

En el departamento de Tarija una gran cantidad de carreteras son no pavimentadas y debido a que no se las realiza un mantenimiento adecuado se van deteriorando cada vez más , por lo cual es necesario estudiar este tema para saber el estado de nuestros caminos no pavimentados, mediante una metodología que permita catastrar el estado de la superficie no pavimentada, a través de la medición de parámetros de deterioro funcional para luego evaluar el estado de las calzadas de ripio y tierra y obtener resultados que puedan facilitar la planificación de acciones de conservación.

El indicador de estado de camino constituye una herramienta de gestión que permitirá relacionar un valor objetivo con un estado subjetivo que refleja la urgencia y necesidad de intervención del camino estudiado. Esta herramienta es fundamental para una red vial de caminos no pavimentados bien conservada, la cual trae consigo grandes beneficios de accesibilidad y movilidad para sectores generalmente aislados.

La idea del presente trabajo es que se pueda aportar de manera significativa al área de la ingeniería vial mediante la evaluación de estado en caminos no pavimentados aplicados a tramos de la red vial del departamento de Tarija, debido a que hasta el momento se han realizado pocos estudios.

### 1.3 Planteamiento del problema

#### 1.3.1. Situación problemática

Las condiciones de la ruta Tolomosa Grande - San Jacinto presenta deterioros de todo tipo a lo largo de su trayecto, estas condiciones no permiten una buena transitabilidad para los usuarios frecuentes de dicha ruta, esto ahondado a que cuenta con una superficie de rodadura frágil lo que hace que el interperismo segregue material fino (polvo) que afecta en gran manera a la salud, generando el incremento de enfermedades

infectocontagiosas y principalmente respiratorias, además de las incomodidades de insalubridad que representa para las comunidades aledañas.

El estado actual de los caminos no pavimentados de la red vial de Tarija lamentablemente es de pésima condición por falta de mantenimiento y mejoramiento que arrastra de hace años atrás, debido a la falta del indicador de gestión que refleje la urgencia y necesidad de intervención del camino estudiado, al no tener este indicador de gestión generalmente se especula que los caminos están en buen estado y se posterga el mantenimiento y/o mejoramiento de los mismos, lo que da como consecuencia altos costos de conservación, mal estado de la carpeta de rodadura, elevados costos de operación vehicular y lo más lamentable, la inseguridad vial.

Sabiendo de los recursos importantes que se destinan a estas actividades es muy importante desarrollar metodologías ingenieriles aplicables a este tipo de caminos para que tengan un sustento científico y puedan ser la base de cualquier planificación de mantenimiento en caminos no pavimentados.

### 1.3.2. El problema

¿Se puede desarrollar una metodología de evaluación superficial de caminos no pavimentados para evaluar el estado en el que se encuentran y así poder realizar planes de conservación vial?

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

Realizar la evaluación de estado en camino no pavimentado del tramo Tolomosa Grande – San Jacinto mediante la metodología del Índice de la Condición de la Vía No Pavimentada (ICVNP) para una mejor planeación de conservación vial del mismo.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Estudiar la metodología para la determinación del estado de caminos con soluciones básicas, asimismo la teoría general y específica relacionada con los caminos no pavimentados.

- Recopilar todos los datos necesarios para la aplicación de la metodología ICVNP.
- Cuantificar las fallas y deterioros que tiene el camino estudiado en su parte superficial con la metodología planteada.
- Aplicar la metodología al tramo seleccionado de camino no pavimentado calculando el ICVNP.
- Estimar la condición del estado en el que se encuentra el tramo
- Proponer y determinar alternativas de solución para la conservación y mantenimiento que se debe realizar al tramo de estudio.

## 1.5 Hipótesis

Si se desarrolla una metodología de evaluación superficial de caminos no pavimentados entonces se logrará encontrar indicadores del estado de caminos lo cual facilitará ampliamente a los planes y programas de conservación vial.

## 1.6 Diseño metodológico

### 1.6.1 Unidad de estudio

La unidad de estudio son los caminos no pavimentados

### 1.6.2 Población

La población son los caminos no pavimentados de la red vial del departamento de Tarija.

### 1.6.3 Muestra

La muestra la comprende un tramo del camino de la red comunal.

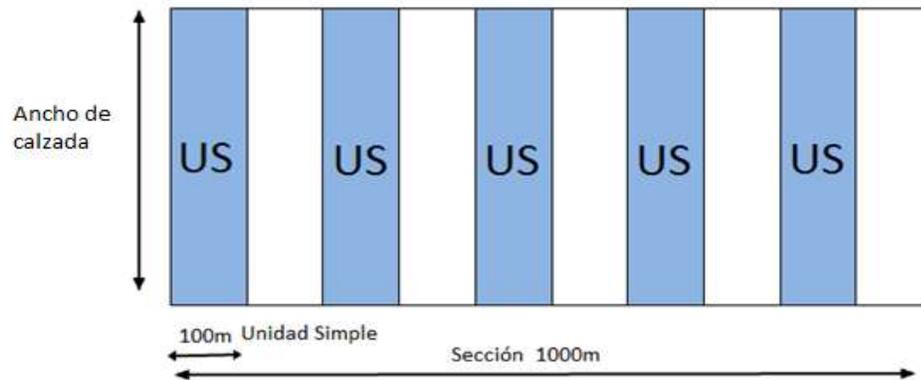
### 1.6.4 Muestreo

El criterio de muestreo que se adoptará para conseguir la muestra serán unidades muestrales de los caminos no pavimentados.

### 1.6.5 Tamaño de muestra

32 casos por todo el grupo o zona de muestreo.

Figura 1: Unidad y zona de muestreo



Fuente: Elaboración propia

Se considera toda la longitud del tramo de camino de 6,3 km y se subdivide en zonas de muestreo (1 km) y estas a su vez en áreas más pequeñas denominadas unidades de muestreo (UM), cuya longitud y ubicación está determinado por la zona que permita contar con la suficiente representatividad posible de los datos recolectados. Se define como unidad de muestreo un área rectangular de ancho igual al ancho de la calzada y de largo 100 metros inspección. El inicio de la unidad de muestreo debe coincidir, en lo posible, con el inicio del kilómetro.

#### 1.6.6 Métodos y técnicas

Existe una metodología elaborada especialmente para inspeccionar los deterioros considerados por el método de evaluación del estado, a través del ICVNP. Dicha metodología constituye un sistema de auscultación visual sistemático, que considera unidades de muestreo representativas del camino evaluado.

La propuesta formulada para la auscultación visual desarrollada a través del Manual de Técnicas Adecuadas de Mantenimiento de Caminos, se basa en los siguientes componentes principales:

- Identificación de la red.
- Inspección de las condiciones de la superficie de la circulación.
- Determinación de las prioridades de mantenimiento.
- Manejo de datos.

Particular atención merece la Inspección de las condiciones de la superficie de la circulación, permiten dimensionar los esfuerzos requeridos para el levantamiento de los deterioros.

#### 1.6.7 Medios

Los siguientes instrumentos y equipos constituyen los medios utilizados para la realización del presente proyecto:

- Planillas para los registros de los datos recopilados.
- Wincha y flexómetro.
- Reglas de metal.
- Regla de 30cm.
- Cámara fotográfica.
- Manguera de nivel de albañil.
- Hilo o lineada de albañil.
- Mapa o croquis del tramo de Google Earth.
- Movilidad auto y motocicleta.
- Computadora PC AMD A10.
- Hoja de cálculos en Excel.

#### 1.7 Alcance de estudio

Lo que se quiere con el estudio es orientar como se puede realizar una evaluación superficial de caminos no pavimentados con el fin de “reflejar el estado del camino”.

El alcance geográfico del presente proyecto abarca el tramo de Tolomosa Grande hasta San Jacinto, teniendo 6.3 km de camino no pavimentado.

El alcance técnico se enmarca en la determinación y cálculo del Índice de Estado de Caminos no Pavimentados al tramo aplicado.

Se realizará una inspección visual del tramo del camino para reconocer los desperfectos que cuenta dicho camino en su estado actual y saber un poco de la problemática que causa la misma.

Según los resultados que se obtengan se podrá saber el estado y si es necesario hacer un mantenimiento de la misma o hacer las mejoras si así lo dispone dicho camino.

En nuestro proyecto no contempla la evaluación estructural del camino solo una evaluación superficial y recomendaciones después del estudio de la misma, a su vez los costos que llevaría a hacer el mantenimiento del tramo de estudio.

El alcance del estudio pretende mostrar la necesidad de la evaluación superficial de caminos no pavimentados, por las fallas y deterioros visualizados en el camino.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Caminos no pavimentados<sup>1</sup>

Los caminos no pavimentados son las que tienen una superficie de rodadura formada por materiales granulares y que han sido sometidas a tratamientos superficiales, con trabajos previos de alineación, con apropiada sección transversal y longitudinal, y adecuado drenaje; o que han sido trabajadas sin ningún tratamiento alguno tales como los caminos de herradura o trochas que son construidos por la necesidad de acceder a lugares remotos.

#### 2.2. Tipos de caminos

Los caminos no pavimentados por las capas superiores y la superficie de rodadura, pueden ser de tres categorías:

##### 2.2.1. Caminos de tierra

Constituidas por suelos naturales y grava tratada con zarandeo.

##### 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.

##### 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.

---

<sup>1</sup> Terrazas A., Carlos S. (2018). Evaluación de Estado en Caminos de Redes Departamentales y Municipales no Pavimentadas su Aplicabilidad en el Departamento de Tarija. Tarija Bolivia.

## 2.3. Clasificación de las carreteras

### 2.3.1. Por su transitabilidad

La clasificación por su transitabilidad corresponde a las etapas de construcción de las carreteras y se divide en:

Terracerías: Cuando se ha construido una sección de proyecto hasta su nivel de subrasante transitable en tiempo de secas.

Revestida: Cuando sobre la subrasante se ha colocado ya una o varias capas de Material granular y es transitable en todo tiempo.

Pavimentada: Cuando sobre la subrasante se ha construido ya totalmente el pavimento.

### 2.3.2. Por su condición técnica<sup>2</sup>

La clasificación para diseño consulta seis categorías divididas en dos grupos, ellas son:

- Carreteras: Autopistas, Autorrutas y Primarias.
- Caminos: Colectores, Locales y de Desarrollo.

Cada categoría se subdivide según las Velocidades de Proyecto consideradas al interior de la categoría. Las Vp más altas corresponden a trazados en terrenos llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso o cuyo entorno presenta limitaciones severas para el trazado. El alcance general de dicha terminología es:

Terreno llano: Está constituido por amplias extensiones libres de obstáculos naturales y una cantidad moderada de obras construidas por el hombre, lo que permite seleccionar con libertad el emplazamiento del trazado haciendo uso de muy pocos elementos de características mínimas. El relieve puede incluir ondulaciones de la rasante para minimizar las alturas de cortes y terraplenes; consecuentemente la rasante de la vía estará comprendida mayoritariamente entre  $\pm 3\%$ .

---

<sup>2</sup> Administradora Boliviana de Carreteras (ABC). (2007). Manual de Carreteras Vol. I.

Terreno ondulado: Está constituido por un relieve con frecuentes cambios de cota que, si bien no son demasiado importantes en términos absolutos, son repetitivos, lo que obliga a emplear frecuentemente pendientes de distinto sentido que pueden fluctuar entre 3 al 6%, según la Categoría de la ruta. El trazado en planta puede estar condicionado en buena medida por el relieve del terreno, con el objeto de evitar cortes y terraplenes de gran altura lo que justificara un uso más frecuente de elementos del orden de los mínimos. Según la importancia de las ondulaciones del terreno es ondulado medio o uno franco o fuerte.

Terreno montañoso: Está constituido por cordones montañosos o "Cuestas" en las cuales el trazado salva desniveles considerables en términos absolutos. La rasante del proyecto presenta pendientes sostenidas de 4 a 9%, según la Categoría del Camino, ya sea subiendo o bajando. La planta está controlada por el relieve del terreno (Puntillas, laderas de fuerte inclinación transversal, Quebradas profundas, etc.) y también por el desnivel a salvar" que en oportunidades puede obligar al uso de curvas de retorno. En consecuencia, el empleo de elementos de características mínimas será frecuente y obligado. En trazados por donde se atraviesan zonas urbanas o suburbanas" salvo casos particulares, no es el relieve del terreno el que condiciona el trazado, siendo el entorno de la ciudad, barrio industrial, uso de suelo, etc., el que los impone. Situaciones normalmente reguladas por el Plan Regulador y su Seccional correspondiente.

### 2.3.3. Por su administración

En Bolivia existe una clasificación definida en el Decreto Supremo 25134 de 1998 que define el Sistema Nacional de Carretera. Esta clasificación no está orientada al diseño, sino a la administración de las redes viales del país,

Definiendo tres niveles dentro del sistema:

- Red fundamental.
- Redes departamentales.
- Redes Municipales.

La Red Fundamental está bajo la responsabilidad de la Administración Boliviana de Carreteras, la Red Departamental está bajo la responsabilidad de las Gobernaciones y las Redes Municipales bajo la responsabilidad de las Alcaldías.

#### 2.4. Defectos más comunes en caminos rurales<sup>3</sup>

La clasificación de los defectos que se adoptarán en este proyecto es sugerida por el “U.S. Army Corps of Engineers” (Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América) en el documento titulado “Special Report 87-15”, divulgado en el año 1987 y actualizado en diciembre del año 1992 en el “Special Report 92-96”.

La adopción de esta clasificación se fundamenta en su amplitud y propiedad, así como en la metodología basada en parámetros muy específicos desarrollados por dicha institución. Dicha clasificación está destinada a evaluar la magnitud y gravedad de los defectos y género la consolidación de directrices que posibilitan una mejor gestión de las intervenciones de mantenimientos en una red de caminos.

A continuación, trataremos la naturaleza de cada una de estas situaciones y sus causas probables. La clasificación estableció siete situaciones-problema, tipificadas de la siguiente manera:

##### 2.4.1. Defecto 81: Sección transversal impropia

Una vía no pavimentada debe tener su sección transversal configurada con una pendiente transversal suficiente para que las aguas superficiales sean rápidamente evacuadas hacia afuera del cuerpo de la plataforma. De modo que las secciones transversales de las vías en los tramos en tangente presentan el centro de la pista con cotas superior a los bordes. Se exceptúan los segmentos en curva, donde el recurso del peralte altera tal condición.

---

<sup>3</sup> Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992). Unsurfaced Road Maintenance Management.

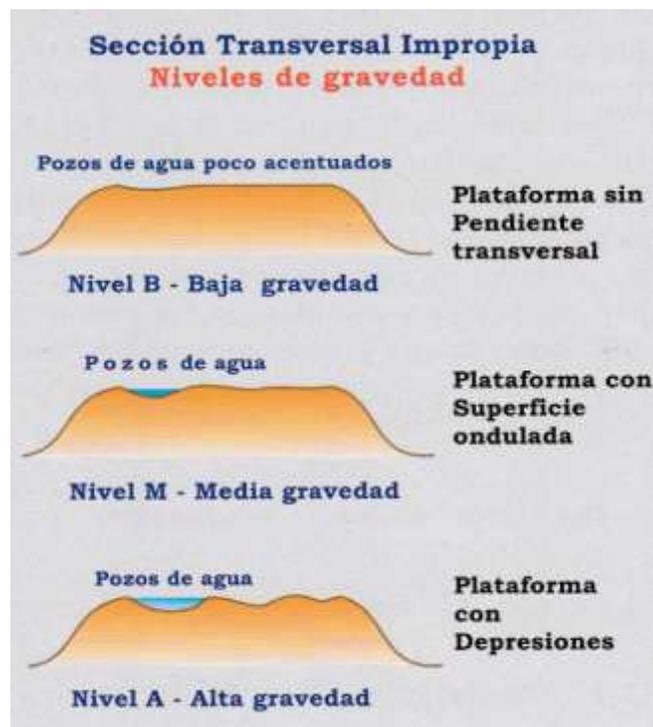
#### 2.4.1.1. Niveles de gravedad

Nivel B (Bajo): (i) baja cantidad de pozos de agua u (ii) observación de áreas húmedas que indican la formación de pozos en la superficie de la vía, o (iii) la vía no presenta ningún declive transversal;

Nivel M (Medio): (i) cantidad moderada de pozos de agua o (ii) o indicación de que estos hayan aparecido en la superficie de la vía, o (iii) la sección transversal de la vía presenta formas parabólicas;

Nivel A (Alto): (i) cantidad elevada de pozos o (ii) indicación de que estos hayan aparecido en las superficies de la vía o (iii) la vía contiene graves depresiones en la pista.

*Figura 2: Sección Transversal Impropia*



- Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

#### 2.4.1.2. Formas de medición

El defecto Sección Transversal Impropia se mide en metros lineales (m) por unidad simple (a lo largo de la vía o paralelamente a este). Diferentes niveles de gravedad pueden coexistir en una misma unidad simple.

#### 2.4.2. Defecto 82: Drenaje inadecuado

Un drenaje ineficaz causa depósitos de agua en sectores de la plataforma. El drenaje comienza a ser un problema cuando el drenaje superficial y las alcantarillas no están en condiciones de evacuar las aguas que llegan a la plataforma o que la atraviesan.

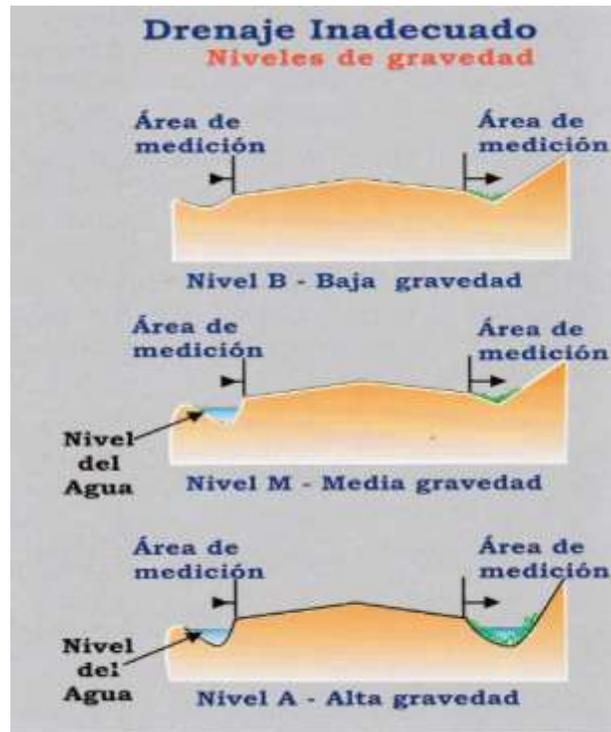
##### 2.4.2.1. Niveles de gravedad

Nivel B (Bajo): (i) baja cantidad de pozos de agua o (ii) comprobación de problemas en los dispositivos de drenaje, o (iii) vegetación, desechos o fragmentos de piedras depositadas sobre los dispositivos de drenaje.

Nivel M (Medio): (i) cantidad moderada de pozos de agua o, (ii) comprobación de problemas en los dispositivos de drenaje, (iii) vegetación, desechos o fragmentos de piedras depositados sobre los dispositivos de drenaje y, (iv) erosiones en los dispositivos de drenaje.

Nivel A (Alto): (i) cantidad elevada de pozos de agua o. (ii) comprobación de problemas en los dispositivos de drenaje, (iii) vegetación, desechos o fragmentos de piedras depositados sobre los dispositivos de drenaje y, (iv) erosiones en los dispositivos de drenaje, (v) agua fluyendo superficialmente hacia la pista o infiltrándose en la plataforma.

Figura 3: Drenaje Inadecuado



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

#### 2.4.2.2. Formas de medición

Los problemas de drenaje se miden en metros lineales (m) paralelamente al eje de la pista de la vía. El largo máximo de drenaje medido es el doble del largo de la unidad simple.

#### 2.4.3. Defecto 83: Ondulaciones

Las ondulaciones son depresiones transversales en la pista que ocurren a intervalos regulares. Éstas sinuosidades perpendiculares a la dirección del tráfico causan gran incomodidad al usuario. Estas se originan normalmente debido a la acción combinada del tráfico y de las precipitaciones.

##### 2.4.3.1. Niveles de gravedad

Nivel B (Bajo): las depresiones originadas en las ondulaciones tienen una altura inferior a 3cm;

Nivel M (Medio): las depresiones originadas en las ondulaciones tienen una altura entre 3 a 8cm;

Nivel A (Alto): las depresiones originadas en las ondulaciones tienen una altura superior a 8cm.

*Figura 4: Ondulaciones*



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

#### 2.4.3.2. Formas de medición

Las ondulaciones se miden en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) para una determinada unidad simple, la cantidad medida no podrá exceder el área de la unidad simple.

#### 2.4.4. Defecto 84: Exceso de polvo

El paso del tráfico causa la pérdida de partículas finas integrantes de la mezcla de materiales que componen la superficie de la pista de circulación. El exceso de polvo puede causar riesgos a los usuarios de la vía y significativos problemas al orden ambiental.

#### 2.4.4.1. Niveles de gravedad

Nivel B (Bajo): el tráfico produce polvo en niveles que no perjudiquen la visibilidad de los usuarios;

Nivel M (Medio): el tráfico produce una nube moderada de polvo, lo que provoca la obstrucción parcial de la visibilidad del usuario y disminuye sensiblemente la velocidad operativa de la vía;

Nivel A (Alto): el tráfico produce una gran nube de polvo y causa obstrucción grave de la visibilidad, lo que produce a un tráfico lento o parado.

*Figura 5: Exceso de Polvo*



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

#### 2.4.4.2. Formas de medición

Quien realice la evaluación debe transitar con un vehículo a una velocidad entre los 40 a 50 km/h. el nivel de gravedad entonces debe evaluarse como bajo (B), medio (M) o alto (A) para una determinada unidad simple.

#### 2.4.5. Defecto 85: Baches

Los baches son depresiones en la superficie de la vía. Poseen normalmente menos de 1 metro de diámetro. Aumentan rápidamente al represarse las aguas provenientes de las lluvias, ocasionando la desintegración de la pista por la pérdida de los materiales constituyentes en la capa/superficie.

##### 2.4.5.1. Niveles de gravedad

Los niveles de gravedad se basan en las dimensiones de los baches y se miden según la cantidad de defectos en gravedad baja, media o alta por unidad simple.

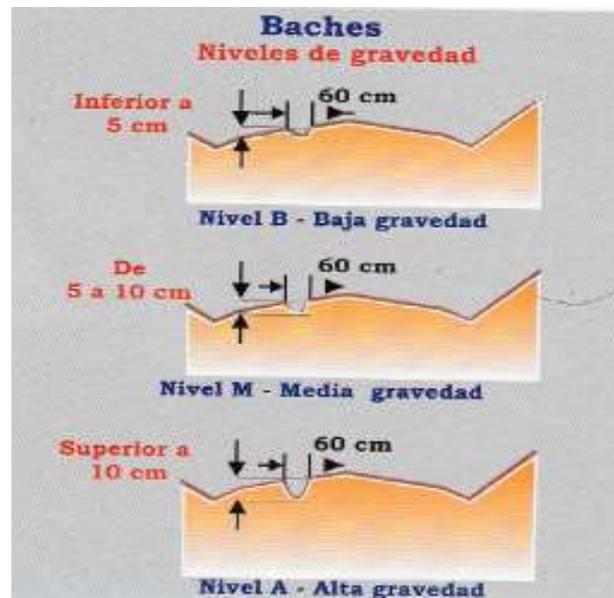
Tabla 1: Niveles de gravedad de los baches

Altura Máxima (h)	Diámetro promedio (m)			
	$\leq 0,30$	Entre 0,30 e 0,60	Entre 0,60 e 0,90	$> 0,90^*$
$1\text{cm} \leq h < 5\text{cm}$	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>M</b>	<b>M</b>
$5\text{cm} \leq h < 10\text{cm}$	<b>B</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
$h > 10\text{cm}$	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>

Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

\*si el bache tuviera un diámetro superior a 90cm, el área puede medirse en m<sup>2</sup> por 0,64, para la determinación del número equivalente de baches

Figura 6: Baches



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

#### 2.4.5.2. Formas de medición

Se miden según la cantidad de defectos que existen en cada unidad simple del tramo.

#### 2.4.6. Surcos de rueda

Los surcos de rueda o ahuellamiento es una depresión que ocurre paralelamente al eje de la pista. Se caracteriza por la presencia de deformaciones en la capa de revestimiento o en la base/sub-lecho de la vía. Es causado por la acción combinada del tráfico repetitivo junto a deficiencias de compactación y/o fragilidad relacionada con la capacidad de soporte de los materiales de la superficie de circulación o de las capas subyacentes.

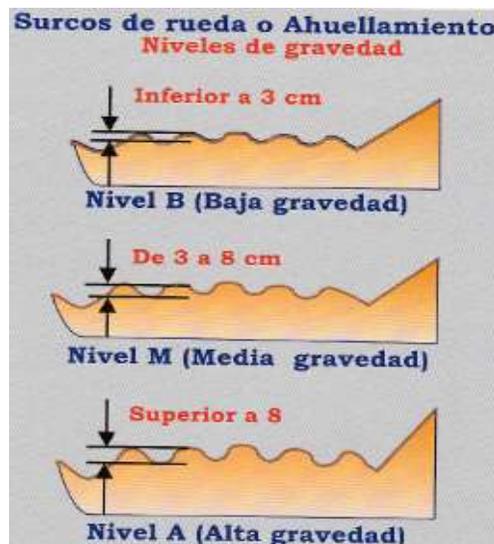
##### 2.4.6.1. Niveles de gravedad

Nivel B (Bajo)- surcos de rueda con altura inferior a 3 cm.

Nivel M (Medio)- surcos de rueda con altura entre 3 a 8 cm.

Nivel A (Alto)- surcos de rueda con altura superior a 8 cm.

*Figura 7: Surcos de Rueda*



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

#### 2.4.6.2. Formas de medición

Los surcos de ruedas se miden en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de área con defecto en una determinada unidad simple.

#### 2.4.7. Defecto 87: Pérdida de agregados

El tráfico intenso y continuo en las vías no pavimentadas puede causar eventualmente la pérdida de agregados de la superficie de circulación. Como consecuencia las fracciones desagregadas tienden a concentrarse paralelamente en la dirección del tráfico formando bermas en el centro y a lo largo de los bordes de la pista.

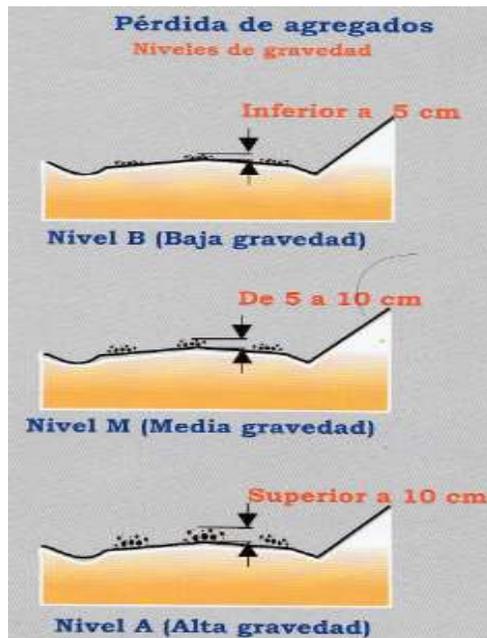
##### 2.4.7.1. Niveles de gravedad

Nivel Bajo (B): poca pérdida de agregados en la superficie de la pista, o bermas de agregados con de hasta 5 cm en el arcén o en las áreas utilizadas en menor escala por el tráfico.

Nivel Medio (M): pérdida moderada de agregados en la superficie de la pista, o bermas de agregados con altura entre los 5 y 10 cm con el arcén o en las áreas utilizadas en menor escala por tráfico. Con frecuencia se encuentra una gran cantidad de partículas finas en la superficie de la pista.

Nivel Alto (A): bermas de agregados con alturas superiores a 10 cm en el arcén/carril lateral o en las áreas utilizadas en menor escala por tráfico.

*Figura 8: Pérdida de Agregados*



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

#### 2.4.7.2. Forma de medición

El defecto pérdida de agregados, se mide en metros lineales paralelamente al eje de la vía en una unidad simple. Por ejemplo, una unidad simple con 100m de largo tiene tres bermas con gravedad media, una en cada lado de la pista y otra en el medio, entonces la medida del defecto deberá ser de 300m con gravedad media.

### 2.5. Técnicas de conservación para caminos no pavimentados<sup>4</sup>

#### 2.5.1. Conservación Rutinaria

Está conformada por todas aquellas operaciones destinadas a reparar o reponer situaciones de deterioro que se producen a lo largo de todo el año, cualquiera sea el nivel de tránsito y condiciones meteorológicas. Entre otras, se incluyen en este grupo, la limpieza de la faja, el perfilado de capas de rodadura granulares, bacheos, limpieza de obras de drenaje, reparación y reemplazo de señales camineras, reemplazo de barreras de contención, despeje de la nieve y remoción de derrumbes, entre otras.

En lo que respecta sólo a la conservación de la calzada, a continuación, se describen las acciones consideradas dentro de esta categoría:

#### 2.5.2. Reperfilado

El reperfilado consiste en reconformar la plataforma del camino, incluyendo las cunetas, a condiciones similares a las originales de diseño o a un diseño mínimo. Incluye la restitución de bombeos y peraltes, reacondicionamientos de las cunetas, eliminación de las deformaciones longitudinales, tales como: ahuellamiento y acumulación de materiales y de las deformaciones transversales, tales como: ondulaciones (calamina) y el emparejamiento de baches.

El trabajo incluye los eventuales escarificados de las zonas consolidadas que impidan lograr la sección transversal propuesta. Este escarificado se debe ejecutar sólo hasta

---

<sup>4</sup> MOP. Ministerio de obras Públicas (2008). Política de Conservación Vial – Caminos no Pavimentados, Etapa 3. Chile.

una profundidad que permita obtener los propósitos deseados, sin comprometer los suelos subyacentes.

En el caso de la reconformación de las cunetas existentes, se deben remover todos los materiales depositados en ella, de manera de asegurar una sección transversal uniforme y una pendiente longitudinal libre de obstáculos. También contempla la rehabilitación o construcción de ventanas o sangrías, que permitan evacuar el agua de las cunetas en forma rápida y eficiente.

*Figura 9: Reperfilado*



Fuente: Terrazas A., Carlos S. (2018).

### 2.5.3. Escarificado y riego

Si la reperfiladura incluye un escarificado y riego del material, la plataforma debe escarificarse primero hasta una profundidad no inferior a 100 mm, o hasta que se logre eliminar el ahuellamiento y los baches. Si aparece material de tamaño superior a 75 mm (3”), éste debe retirarse manualmente y llevarse a botaderos autorizados. Posteriormente, se procede a revolver el material resultante, adicionándole agua de manera de humedecerlo homogéneamente, a continuación, se prosigue con el perfilado de modo similar al reperfilado.

### 2.5.4. Reperfilado con compactación

Previo a la reperfiladura con compactación, se escarifica toda la superficie de la calzada existente en una profundidad de 0,15 m o hasta que se logre eliminar el ahuellamiento

y los baches existentes, eliminando de paso el sobre tamaño superior a 75 mm (3"). Posteriormente, se procede a revolver, acordonar y regar el material existente, homogeneizándolo hasta que alcance la humedad óptima de compactación. Luego, se perfila igual como lo descrito anteriormente y se compacta hasta alcanzar, a lo menos, el 95% de la D.M.C.S. o el 80% de la Densidad Relativa. La consolidación del material se debe realizar desde los bordes de la calzada hacia el eje del camino.

*Figura 10: Riego*



Fuente: Terrazas A., Carlos S. (2018).

*Figura 11: Compactación*



Fuente: Terrazas A., Carlos S. (2018).

#### 2.5.5. Reperfilado con Compactación de Calzada con Adición de Material Plástico

Esta operación de conservación consiste, primero en escarificar hasta una profundidad mínima de 0,15 m o hasta lograr eliminar el ahuellamiento y baches en la calzada, y de paso, eliminar todo el sobretamaño superior a 75mm. Dependiendo de la calidad y cantidad del material, se requerirá la adición entre 5 y 10 l/m<sup>2</sup> de material plástico de IP mayor o igual a 5. A continuación, el material se revuelve, acordona y riega, luego se extiende y compacta hasta lograr como mínimo el 95 % de la D.M.C.S. o el 80 % de la densidad relativa.

El rodillo debe comenzar a ejecutar la compactación desde el borde de la calzada hacia el eje del camino.

La acción de conservación de tipo reperfilado debe considerar, en particular, el retiro del material acumulado que altere el normal drenaje y evacuación de las aguas superficiales hacia las obras de saneamiento. Además, todos los materiales de desecho o escombros provenientes de la reperfiladura deben ser transportados hasta un botadero.

#### 2.5.6. Bacheo de capas de rodadura granulares

Esta actividad consiste en la eliminación de los baches aislados o zonas de baches, en caminos no pavimentados, con el objetivo de restablecer las condiciones originales de la superficie.

En el caso en que los baches se presenten con cierta frecuencia, se recomienda realizar antes un diagnóstico que dé cuenta de las posibles causas de dicho fenómeno, con el propósito de solucionar el problema desde su origen y evitar con esto costos no previstos.

### 2.6. Conservación periódica

Corresponden a esta categoría, todas aquellas operaciones que pueden, en cierta medida, programarse con alguna anticipación, pues son determinadas por el tránsito y/o las condiciones meteorológicas. Son repetitivas cada cierto tiempo que puede predefinirse. Se incluyen en esta categoría, entre otras, la reparación de áreas inestables, el recebo de capas granulares, reparación de la calzada con material integral y la

reparación de defensas fluviales. A continuación, se describen sólo las acciones de conservación periódica sobre la calzada, consideradas dentro de esta categoría:

#### 2.6.1. Reparación de áreas inestables

Esta tarea consiste en la reparación de áreas de una calzada no pavimentada que manifiestan inestabilidad, debido a factores ajenos a la carpeta de rodadura propiamente tal. Por lo general, en dichas áreas, la capa de rodadura granular se deforma, se suelta y se ahueca, debido a la inestabilidad de los suelos subyacentes o porque ellos han contaminado significativamente los suelos granulares de la superficie de rodadura.

Estas operaciones están orientadas a reparar las zonas que han experimentado las fallas anteriormente señaladas. Sin embargo, es recomendable que antes de repararlas se investigue las causas que originaron los defectos. Fallas en el sistema de saneamiento y drenaje, suelos con baja capacidad de soporte y/o saturados, espesores de capas granulares inadecuados, son algunos de los factores que pueden generar la inestabilidad, y cuya identificación es necesaria para lograr una reparación adecuada y duradera.

Esta actividad consiste en la reposición de áreas inestables de una capa de rodadura granular, Incluye las excavaciones para remover los estratos superficiales requeridos, la preparación del sello de fundación y los rellenos con material apropiado para capas de rodadura, así como cualquier otra actividad o trabajo necesario para cumplir con lo especificado.

*Figura 12: Reparación de áreas inestables*



Fuente: Terrazas A., Carlos S. (2018).

### 2.6.2. Recebo de capas de rodadura y bermas granulares

Esta operación consiste en reconformar la plataforma de una calzada no pavimentada, incluyendo las cunetas, a una condición cercana a la original de diseño, en cuanto a dimensiones y características. Considera la adición de material de reemplazo del material perdido. El objetivo es devolverle a la capa de rodadura las condiciones de transitabilidad y geometría original. En este sentido existen varios tipos de recebo según el tamaño máximo del árido considerado: con adición de material chancado, con incorporación de suelo plástico, con adición de estabilizador, recebo de carpetas de maicillo y recebo con provisión externa de material, entre otros.

*Figura 13: Recebo Granular*



Fuente: Terrazas A., Carlos S. (2018).

En materia de recibos, los hay con tamaño máximo de 1 1/2" y 3". En el caso del recebo con adición de suelo plástico éste incluye un escarificado previo del material existente, Luego de incorporar el suelo plástico el material se humedece y homogeniza, Esta operación también comprende la limpieza y reconformación de las cunetas incluyendo la rehabilitación o construcción de ventanas o sangrías todas las labores de retiro y transporte a botadero del material sobre 75 mm y el perfilado a todo el ancho de la calzada, así como su posterior compactación.

El recebo de capas de rodadura con maicillo consiste en la preparación de la calzada existente suministro y colocación del maicillo para recebo humectación y homogenización compactación y perfilado de la calzada,

En el caso del recebo de capas granulares con provisión externa de material éste comprende los trabajos para reconformar la plataforma incluyendo cunetas a una condición similar a la original utilizando material provisto externamente.

El recebo de con adición de estabilizador considera las tareas para reconformar la plataforma incluyendo cunetas a una condición similar a la original adicionando material para reponer aquel perdido por la calzada incorporando un estabilizador,

### 2.6.3. Reparación de la calzada con material integral

Esta tarea consiste en el relleno de los reventones profundos que se producen en la calzada, También puede emplearse para levantar la rasante cuando se requiera.

El sector a ser reparado debe ser preparado en lo posible extrayendo el agua o barro acumulado y nivelar el terreno cuando corresponda y las condiciones lo permitan antes de aplicar el material integral.

*Figura 14: Reparación de calzada con material integral*



Fuente: Terrazas A., Carlos S. (2018).

## 2.7. Cambio de estándar

Si bien es cierto que no corresponde a una tarea de conservación propiamente tal, el cambio de estándar en un camino no pavimentado, constituye un mejoramiento de las condiciones estructurales, geométricas y superficiales de éste. En este caso, la decisión de elevar el nivel de servicio del camino no pavimentado, considera otro tipo de umbrales, ligados principalmente a factores de rentabilidad social que consideran al tránsito (TMDA) como uno de los parámetros fundamentales.

### 2.7.1. Cambio de estándar de tierra a ripio

Consiste en actualizar un camino de tierra a uno de ripio aplicando cierta cantidad de material granular (generalmente 15 cm de espesor) sobre la explanada y compactándolo, El cambio de estándar se puede realizar en un momento fijo de tiempo o al cumplirse algún criterio de intervención definido.

### 2.7.2. Cambio de estándar de ripio a pavimento

Consiste en actualizar un camino de ripio a uno pavimentado. El cambio de estándar se puede realizar en un momento fijo de tiempo o al cumplirse algún criterio de intervención definido. Además, se debe considerar al momento de implementar ésta política de mejoramiento, al menos una actividad de conservación para dicho pavimento.

## 2.8. Sistemas de administración del mantenimiento (método ICVNP)

Este sistema suministra una herramienta de gestión para el mantenimiento de caminos no pavimentados. La misma a que el administrador priorice las inversiones que se harán en la red vial.

### 2.8.1. Contenido del Sistema

Este sistema se basa en los siguientes componentes principales:

#### 2.8.1.1. Identificación de la red

Se establecen parámetros para la división de la red no pavimentada en segmentos, y se determinan los requisitos para su mantenimiento y su correcta priorización

#### 2.8.1.2. Inspección de las condiciones de la superficie de circulación.

Describe el proceso de inspección de un camino no pavimentado y el modo para determinar el Índice de la Condición de la Vía No Pavimentada (ICVNP), parámetro este que mide la integridad y las condiciones de operación de la vía.

#### 2.8.1.3. Determinación de las prioridades de mantenimiento.

Establece criterios para la definición de las vías que deberán priorizarse. Esta determinación se basa en el ICVNP, el cual, entre otros parámetros que intervienen, considera: (i) el volumen de tráfico, (ii) la capacidad de carga y, (iii) la estructura de la vía.

#### 2.8.1.4. Manejo de datos.

Orienta al encargado del sistema sobre cómo registrar las informaciones recabadas sobre las vías de la red y sobre el modo de almacenar los datos en un orden racional.

### 2.8.2. Componentes de la red<sup>5</sup>

#### 2.8.2.1. Ramal

Un ramal es una parte identificable de la red no pavimentada. Es una entidad distinta y posee una función definida dentro de la red considerada.

#### 2.8.2.2. Sección

Una sección es una división de un ramal que contiene determinadas características que se repite en toda su extensión. Estas características son:

(i) Composición estructural del revestimiento (espesor y tipo de material), (ii) volumen del tráfico, (iii) antecedentes de la construcción y, (iv) condiciones de la pista de circulación.

#### 2.8.2.3. Unidad Simple

La unidad simple es una parte identificable de una determinada sección de vía. Es el menor componente de la red. Cada sección está dividida en unidades simples para la

---

<sup>5</sup> Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992). *Unsurfaced Road Maintenance Management*.

ejecución de las inspecciones de las condiciones de la vía. Para vías no pavimentadas, una unidad simple se define como un tramo de vía con aproximadamente 250 m<sup>2</sup> (cerca de 50m de extensión).

Es necesario algún juicio en la selección de unidades simples de muestreo, se debe tratar de elegir la muestra típica de toda la sección. Por ejemplo, si la sección tiene problemas de drenaje a lo largo de parte de su longitud, se incluirá algo de eso en la unidad simple.<sup>6</sup>

La idea es elegir las unidades simples de muestra de manera que las mediciones den una estimación razonable para la sección entera. De ese modo que en este proyecto se consideró 5 unidades simples por cada sección de un kilómetro y tener las mediciones de las fallas más exactas y precisas para cada sección y a la vez del tramo entero.

### 2.8.3. Examen de las condiciones de la vía y procedimientos de evaluación

Un importante componente en el sistema de gerenciamiento en el mantenimiento de las vías es el examen de las condiciones de la superficie y el procedimiento para su evaluación. Los datos obtenidos en estas evaluaciones son los elementos básicos para la definición de las necesidades del mantenimiento y de su priorización en la red en su totalidad. En esta etapa se tiene una idea de cómo realizar mejor las inspecciones para la evaluación de las condiciones de la vía, así como para la determinación del Índice de la Condición de la Vía No Pavimentada ICVNP

### 2.8.4. Evaluación de las condiciones de la Vía

La condición de la superficie de la vía está relacionada a varios factores, entre ellos: (i) la integridad estructural de la vía, (ii) su capacidad estructural, (iii) las ondulaciones y su nivel de deterioro. La evaluación cualitativa y/o cuantitativa de algunos de estos factores puede exigir de uso de equipos costosos y por consiguiente de personal altamente capacitado. Sin embargo, estos factores pueden evaluarse empíricamente a través de la observación, teniendo en cuenta la experiencia de campo.

---

<sup>6</sup> Sánchez T., Darwin Y. (2018). Evaluación de la Condición Superficial de la Carretera No Pavimentada

El Método unsurfaced road raintenance management es de inspección visual, es objetivo, por su descripción y procesamiento detallados de cada falla, con un área de estudio o unidad simple de muestra, no requiere de la experiencia de un inspector de fallas.<sup>7</sup>

Sin embargo, en este proyecto se consideró auxiliares o ayudantes de campo con base de conocimientos de mantenimiento de caminos, caminos rurales o que sean estudiantes al área que corresponde (Ingeniería Civil), que con una capacitación previa e intensiva del tema en específico puedan comprender de manera rápida el modo de proceder a evaluar.

#### 2.8.5. Índice de la Condición de la Vía No Pavimentada – ICVNP

Como ya se indicó, la condición de la superficie de rodadura está relacionada a varios factores, incluyendo la capacidad estructural, rugosidad, grado de deterioro y otros. La medición de estos factores requiere tiempo y sobre todo costos por el uso de equipos y personal especializado. Sin embargo, una alternativa más económica para la determinación de estos factores, son las inspecciones visuales.

Con este tipo de inspecciones se puede obtener el Índice de Condición de vías No-Pavimentadas (URCI) con sus siglas en inglés y en español (ICVNP). El URCI, al igual que el PCI, es un indicador numérico que le da una calificación a las condiciones superficiales de las vías no pavimentadas que varía desde cero (0) hasta cien (100), obteniéndose de esta manera un valor que la integridad estructural de la carpeta granular y de la condición operacional de la superficie.<sup>8</sup>

El ICVNP es un método norteamericano publicado por el cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, en el año 1992, que describe un sistema de gestión de mantenimientos de carreteras no pavimentadas, mencionada y recomendada por el Manual de Carreteras (Volumen V) Manual de Diseño de Conservación Vial por la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC).

---

<sup>7</sup> Sánchez T. Darwin Y. (2018). Evaluación de la Condición Superficial de la Carretera No Pavimentada

<sup>8</sup> Administradora Boliviana de Carreteras (ABC). (2011). Manual de Carreteras Vol. V.

Este manual aplica a los elementos del ejército responsables del mantenimiento y reparación de carreteras sin pavimentar, calles, estacionamientos, senderos y caminos de montaña <sup>9</sup>. El desafío que presenta está dirigido a movilizar la atención hacia un abordaje innovador de las actividades de mantenimientos de caminos de esta naturaleza, cuyas superficies de circulación esta constituidas por: agregados naturales, agregados artificialmente producidos, suelos naturalmente estabilizados o, suelos constituidos por materiales de su propia base o sub-lecho.<sup>10</sup>

Este sistema puede ser aplicado por los responsables de caminos municipales y los departamentales no pavimentados, las vías urbanas no pavimentadas y los pequeños caminos de acceso que atraviesan propiedades rurales.

El ICVNP (Índice de la Condición de la Vía No Pavimentada) describe una metodología bien completa y detallada. La aplicación de la metodología además de ser visual también es aplicativa en campo, por lo que los niveles de intervención son más exactos, además que posee un área de unidad simple de muestra para su evaluación por kilómetro.

El Índice de la Vía No Pavimentada – ICVNP es un índice numérico basado en una escala que varía de 0 (cero) a 100 (cien). Indica la integridad de la vía y sus condiciones de operación. Esta escala y la clasificación asociada a ella se presentan en la figura siguiente figura de abajo.

---

<sup>9</sup> Eaton, Robert A. y. Beaucham, Ronald E (1992). Unsurfaced Road Maintenance Management.

<sup>10</sup> Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992). Unsurfaced Road Maintenance Management.

Figura 15: Índice de la Condición de la Vía No Pavimentada



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

#### 2.8.6. Determinación del ICVNP

El índice de la Condición de la Vía No Pavimentada se determina a través de la medición de los defectos de la superficie de la vía. El método, en ensayos de campo, ha demostrado su eficacia para la determinación de las necesidades de mantenimiento de la infraestructura rural no pavimentada, así como para la priorización posterior de las alternativas que más se ajusten a las limitaciones de orden económico-operacional.

##### 2.8.6.1. Inspección de la vía

Previo a la inspección de la vía, esta deberá dividirse en secciones y unidades simples. Una vez realizada la división, se pueden obtener los datos del examen y determinar el ICVNP para cada sección.

##### 2.8.6.1.1. Procedimiento para la Inspección de la Vía

El camino a evaluar, es dividido en tramos, los cuales son divididos a su vez en secciones. Cada sección es nuevamente dividida en unidades de muestreo. Para carreteras no pavimentadas, el área de la unidad de muestreo debe ser de 230 m<sup>2</sup>.

Las unidades de muestra se pueden inspeccionar de dos maneras: de forma rápida en vehículos y de forma detallada, a pie, realizando mediciones. Las mediciones en

vehículo deberían realizarse por lo menos cuatro veces al año, para poder obtener a partir de ellas datos de las necesidades y prioridades de mantenimiento.

Las inspecciones a detalle por lo menos deben realizarse una vez al año. De acuerdo a la metodología desarrollada por el US Army Corps of Engineers, se miden siete (7) tipos de deterioros en vías no pavimentadas, y establece las definiciones y guías para la cuantificación de las fallas y posterior determinación del ICVNP.

- Sección transversal impropia o bombeo insuficiente
- Drenaje inadecuado o insuficiente
- Ondulaciones (calaminado)
- Polvo
- Baches
- Ahuellamiento
- Pérdida de agregado

Una hoja de datos se requiere por cada unidad de muestra. El inspector llena el formulario de datos caminando por cada unidad de muestra y registrando los deterioros medidos. El deterioro se clasifica como gravedad baja, media o alta. Si dos o más deterioros suceden en un mismo lugar, se anotan por separado. En vías no pavimentadas es importante que se siga estrictamente la definición de los deterioros indicados en la metodología y marcarlos para posteriores inspecciones.<sup>11</sup>

Se recomienda la ejecución de la inspección de dos maneras. La primera consiste en un examen rápido de la vía desde un vehículo en movimiento. La segunda se refiere a la medición detallada de los defectos de una determinada unidad simple. Al efectuarse la inspección rápida, el vehículo usado debe circular en toda la extensión de la vía a una velocidad promedio de 45km./h. dependiendo de las condiciones de la vía y de los límites de velocidad permitidos, esta velocidad puede ser menor o mayor (40km./h o 50km./h).

---

<sup>11</sup> Administradora Boliviana de Carreteras (ABC). (2011) Manual de Carreteras Vol. V.

A lo largo del trayecto deben registrarse todos los problemas que se vayan identificando. La periodicidad de esta inspección debe ser de 4 veces al año, una en cada estación. Los resultados obtenidos pueden usarse para la elaboración de una estimación de las necesidades de mantenimiento de la red en su totalidad. La medición en detalle y relativa a las unidades simples se efectúa anualmente, y se recomienda hacerlo siempre en la misma época del año. El profesional responsable por la evaluación, cuando hace las mediciones, debe ser capaz de reconocer ciertos tipos de problemas, que de aquí en adelante denominaremos “defectos”. Para efectos de la evaluación en el presente sistema, se clasificaron los defectos que pueden aparecer en caminos no pavimentados en 7 “defectos-tipo”, de acuerdo a lo establecido en la tabla que se presenta a continuación:

*Tabla 2: Tipo de Defectos*

Defecto Tipo	Denominación
Defecto 81	Sección Transversal Impropia
Defecto 82	Drenaje Inadecuado
Defecto 83	Ondulaciones
Defecto 84	Exceso de Polvo
Defecto 85	Baches
Defecto 86	Surcos de Rueda
Defecto 87	Perdida de Agregados

Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

Las definiciones de los niveles de gravedad que el sistema estableció para cada tipo de defectos se definieron en el numeral 2.4 considerando que el ICVNP es calculado con base a estas definiciones, es imperativo que el técnico responsable por las inspecciones siga los procedimientos recomendados en aquel numeral. El material necesario para la inspección consta de una cinta métrica para obtener las medidas, y una regla plástica de 30cm para la medición de la profundidad de los baches, el espesor de surcos de rueda y la pérdida de agregados. Se recomienda el uso de una hoja de inspección para cada evaluación, hecha en campo, para cada unidad simple.

Se sugiere el uso de una hoja de inspección utilizando el modelo presentado en anexos. El profesional responsable por la evaluación debe completar correctamente las informaciones de identificación de la unidad simple al inicio de la hoja de inspección.

A continuación, debe hacer un croquis de esta unidad, correlacionando las distancias hasta un punto de referencia o una intersección de la vía. Se usa una columna del formulario para representar cada tipo de defecto identificado en la unidad simple. El número de los defectos que corresponden al rango del 81 al 87 está indicado en la parte superior del formulario sobre cantidad de defectos y nivel de gravedad. Las respectivas cantidades de los niveles de gravedad deberán registrarse en la parte inferior del formulario “Calculo del ICVNP” a título de ejemplo.

Procedimiento en campo:

El proceso que se realizó en campo fue la recolección de datos de todas las fallas del tramo a inspeccionar: tales como baches, ondulaciones, transversales, piedras, etc., que disminuyan la comodidad y la seguridad del usuario.

Lo primero que se realizó fue una capacitación intensiva en conjunto al personal de apoyo (en total 8, datos colocados en anexos) que colaboraron en el levantamiento de datos específicamente sobre las fallas mencionadas, con el apoyo de la ingeniera Gabriela Mamani Choque y mi persona tomando muy en cuenta la gravedad de los tipos de fallas y el efecto que causan éstas.

Capacitación que comprendió en observación visual de todo el tramo ida y vuelta, tipos de fallas, medición de gravedad de cada una de las fallas, velocidad requerida del vehículo en movimiento para su evaluación visual y a la vez el modo de evaluación de la falla Exceso de polvo medido desde el interior de la movilidad, llenado correctamente de la ficha de inspección, uso correcto de los materiales a utilizar.

A la hora de hacer el levantamiento de datos hubo casi nada de diferencia de criterios en las mediciones de gravedad, ya que el manual presenta una forma detallada de medición de gravedad que hace que la evaluación sea objetiva, eso aportando que cada una de las mediciones que se realizaba estaba presente mi persona para coordinar e inspeccionar dicha medición.

Con todos los datos obtenidos de las mediciones se llevó a gabinete donde se analizó el respectivo indicador resultante de la condición superficial.

### 2.8.6.1.2. Observaciones

Es importante que cada Unidad Simple se identifique con precisión para que se la pueda ubicar en caso de nuevas inspecciones. Una estaca de manera, un marco de hormigón o cualquier otro referente permanente puede usarse para fijar el punto inicial y final de la unidad simple. También deberá elaborarse un croquis de la sección con la ubicación de las unidades simples para registrarles y ubicarlas en campo. Es imperativo que las definiciones de los defectos enumerados en el punto 2.4 se utilicen fielmente para que los resultados de las inspecciones arrojen un ICVNP representativo. Deben hacerse observaciones sobre todo aquello que no sea común, como agua estancada sobre el drenaje, erosiones con probabilidad de dañar la pista, etc. Si dos o más defectos aparecen juntos, deben medirse separadamente. Si resultara difícil determinar a cuál defecto se está refiriendo, se especificará y se evaluará con claridad.

### 2.8.7. Cálculo del ICVNP para una unidad simple

Paso 1:

Se calcula la densidad para cada tipo de defecto (con excepción del defecto-tipo, exceso de polvo).

$$Densidad = \frac{Cantidad\ de\ defectos\ x\ 100}{k\ x\ Area\ de\ la\ unidad\ simple}$$

Donde K es un coeficiente de corrección de unidades métricas, cuyo valor para cada tipo de defecto se presenta en la tabla de abajo.

*Tabla 3: Valores de k para cada defecto*

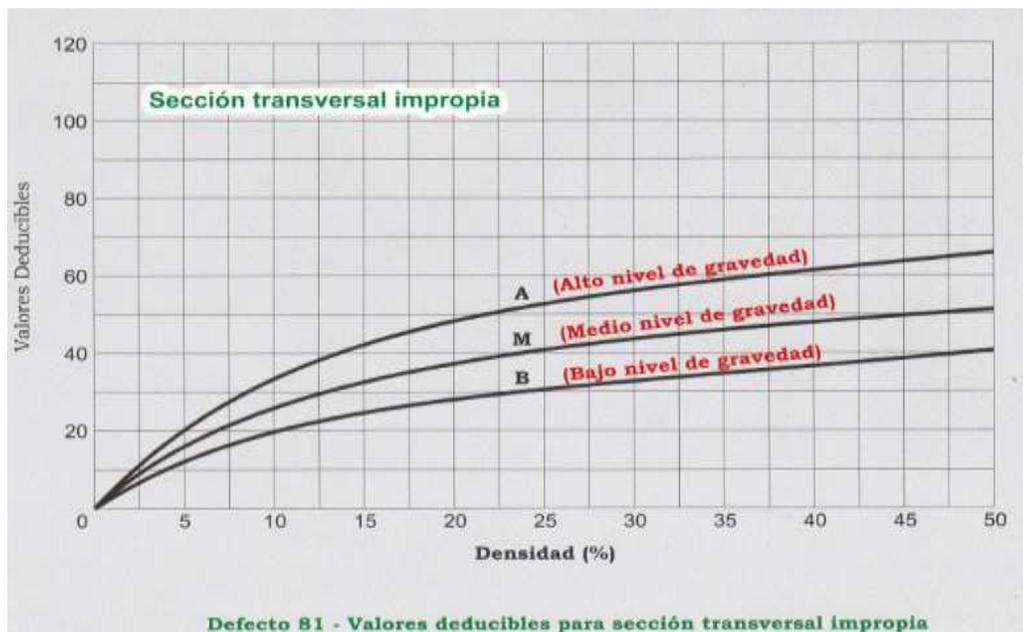
Tipo de Defecto	Valor de K
81- Sección Transversal Impropia	3,281
82- Drenaje Inadecuado	3,281
83- Ondulaciones	1,000
84- Exceso de Polvo	-
85- Baches	10,764
86- Surcos de Rueda	1,000
87- Pérdida de Agregados	3,281

Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

Paso 2:

Utilizando las curvas de deducción de valores, se buscan los valores deducibles para cada tipo de defecto y el nivel de gravedad. Las curvas de valores deducibles se presentan en las figuras de abajo para cada tipo de defectos. Se ubica la densidad en el eje de las abscisas, después levante una línea vertical hasta encontrar la curva de gravedad correspondiente. A partir de ese punto, trace otra línea horizontal hasta encontrar el eje de las ordenadas.

*Figura 16: Sección Transversal Impropia*



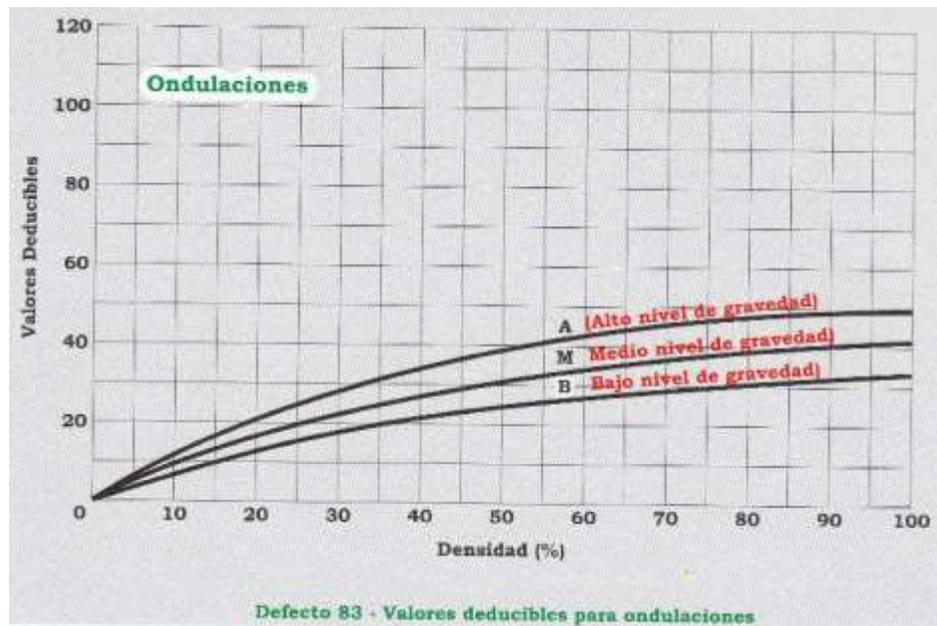
Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

Figura 17: Drenaje Inadecuado



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

Figura 18: Ondulaciones



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

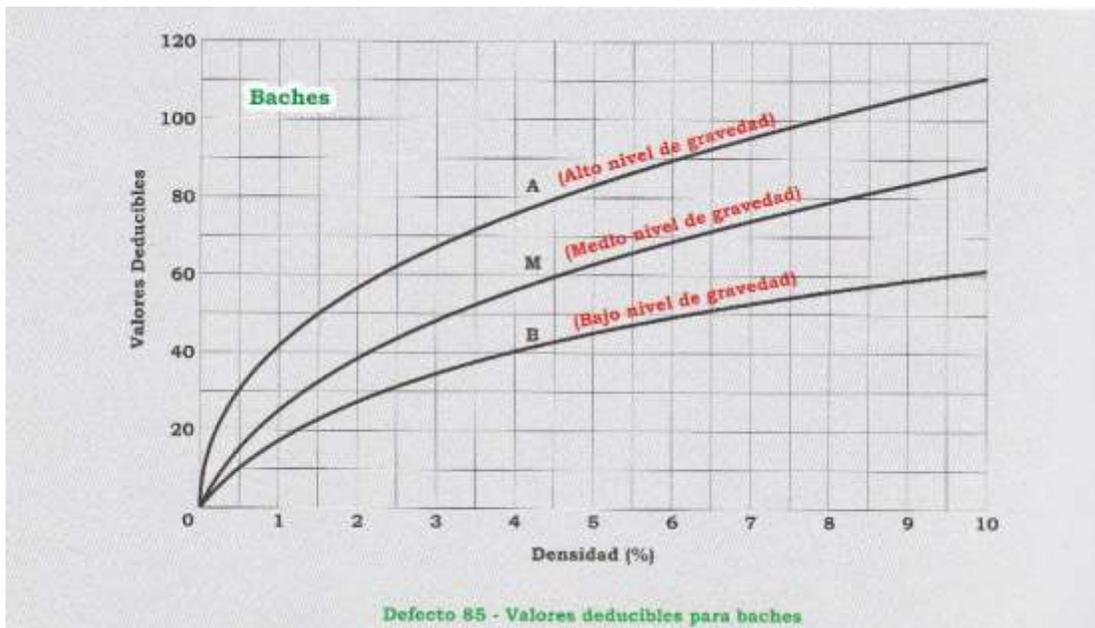
Los valores deducibles para el defecto Exceso de Polvo no serán evaluados a través del criterio de la densidad, como utilizado para los demás defectos. Los valores de deducción se establecieron de acuerdo con los parámetros de abajo.

Tabla 4: Valores deducibles para exceso de polvo

Exceso de polvo (valores deducibles)	
Niveles de gravedad	Valores deducibles
Bajo (B)	2 puntos
Medio (M)	4 puntos
Alto (A)	15 puntos

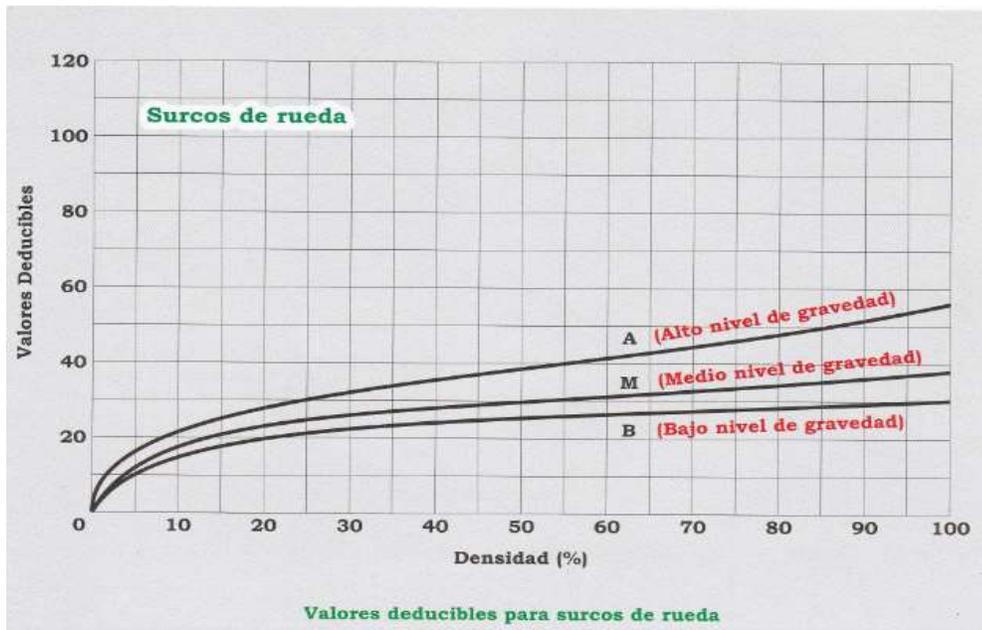
Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

Figura 19: Baches



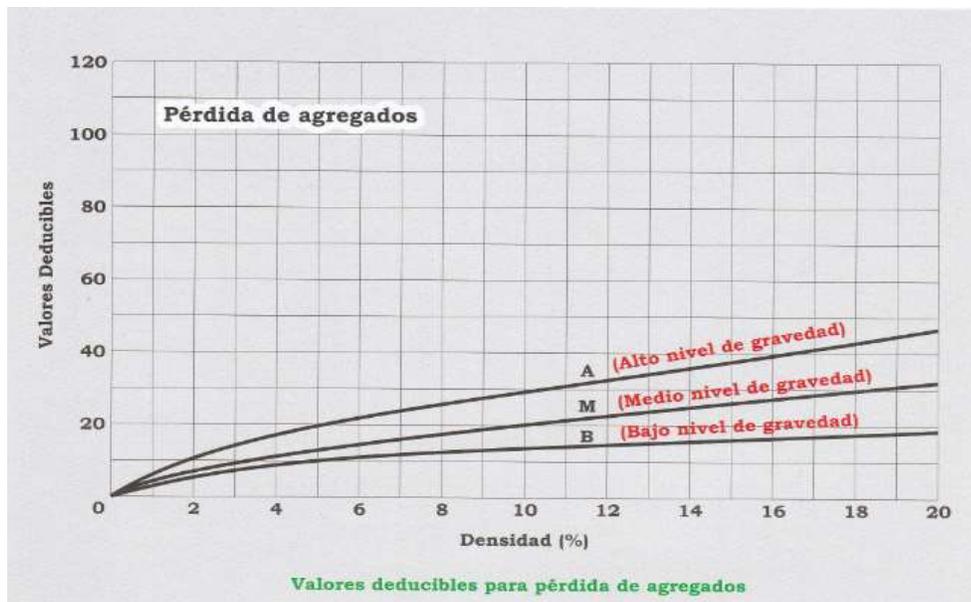
Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

Figura 20: Surcos de Rueda



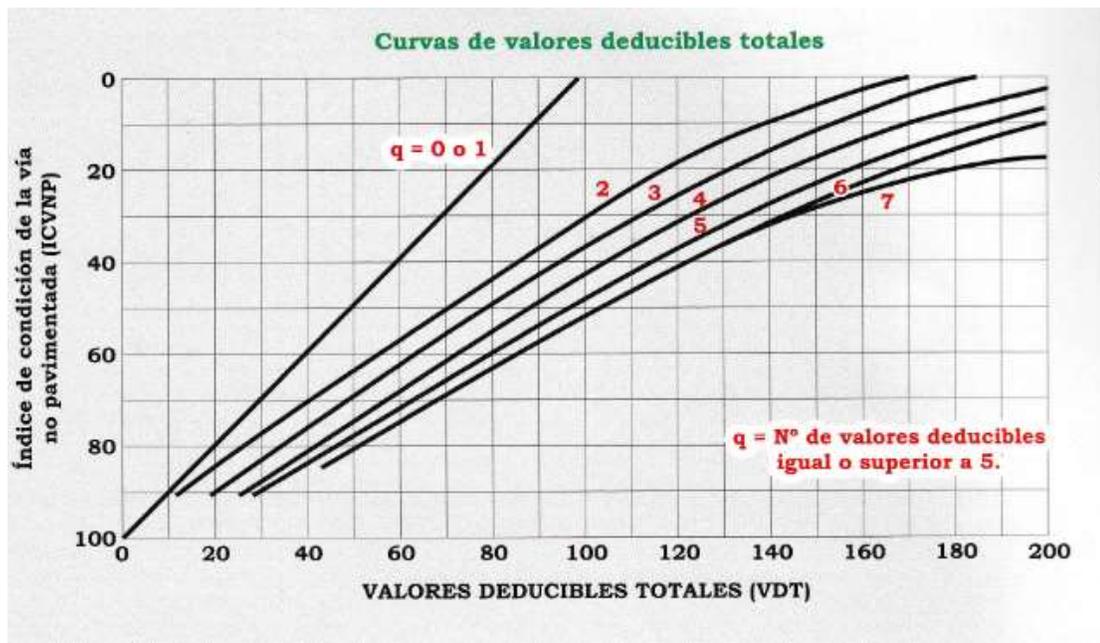
Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

Figura 21: Pérdida de Agregado



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

Figura 22: Curvas de Valores Deducibles Totales



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

Paso 3:

Para iniciar esta etapa, encuentre el Valor Deducible Final (VDF) y el valor “q”. El VDF es la suma de todos los valores deducibles, mientras que “q” es el número de valores individuales de Valores Deducibles que con un valor mayor o igual a 5.

Paso 4:

Obtención de Índice de la Condición de la Vía No Pavimentada (ICVNP) en la curva del ICVNP.

Esta es la clasificación para una unidad simple. La clasificación para la sección es el promedio de las clasificaciones de todas las unidades simples que componen la sección. Con el promedio ponderado de la clasificación de las secciones se halla el índice de estado para todo el tramo.

**CAPÍTULO III**  
**APLICACIÓN PRÁCTICA**

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y PROCESO METODOLÓGICO

#### 3.1. Ubicación de los tramos de estudio

La ubicación del tramo en estudio consta de una longitud de 6,3 km. se encuentra ubicado en el municipio de Tarija perteneciente a la provincia Cercado.

*Tabla 5: Coordenadas del tramo en estudio*

Coordenadas	Latitud	Longitud
Inicio	21°37'41.81"S	64°46'11.28"O
Fin	21°36'16.44"S	64°43'56.29"O

Fuente: Elaboración propia

*Figura 23: Mapa político del estado plurinacional de Bolivia*



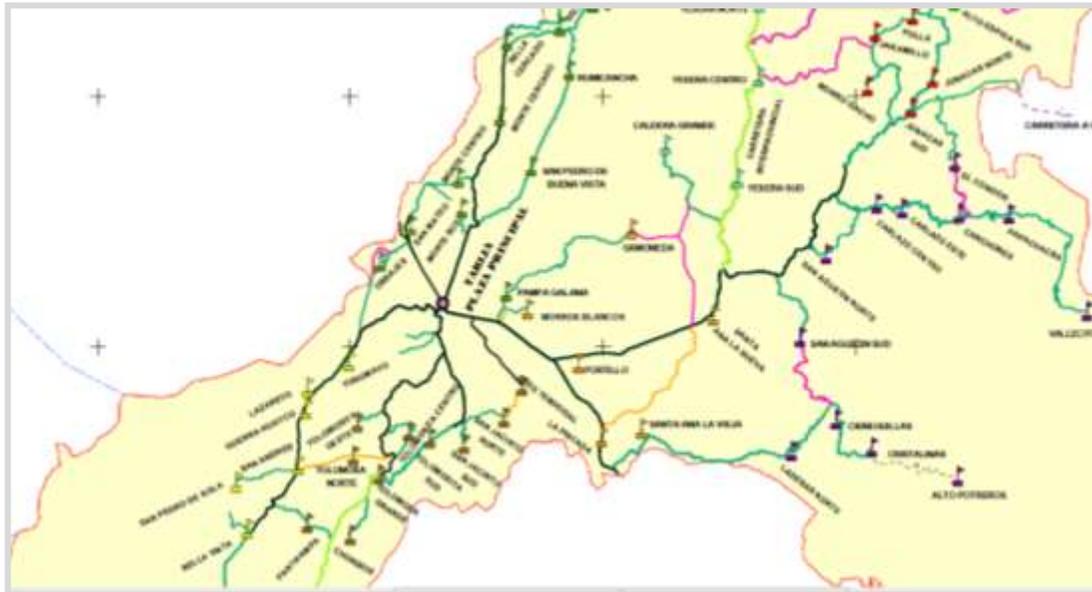
Fuente: Elaboración propia

Figura 24: Mapa político del departamento de Tarija y del tramo en estudio ‘Tolomosa Grande-San Jacinto’



Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Mapa provincia Cercado del departamento de Tarija



Fuente: Elaboración propia

*Figura 26: Mapa Satelital del tramo en estudio*



Fuente: Google Earth Pro

### 3.2. Características del tramo en estudio

El camino actual Tolomosa Grande –San Jacinto que consta de 6,3 km de longitud en su totalidad es de ripio, rodeado con vegetación y viviendas a lo largo del camino.

El ancho del camino varía entre 4 a 7 metros a lo largo de su recorrido.

*Figura 27: Tramo en estudio*



Fuente: Elaboración propia

### 3.3.Evaluación de los tramos de estudio

#### 3.3.1. Definición de los tramos

El tramo de estudio seleccionado pertenece a caminos municipales del departamento de Tarija con una longitud de 6,3 km, es dividida en 7 secciones, seis secciones son de 1 km cada una y una sección de 300m, en total 32 US (unidades simples) de 100 m.

*Figura 28: Imagen satelital*



Fuente: Google Earth Pro

Progresivas del tramo:

*Tabla 6: Progresivas unidades simples. US*

N° US.	Progresiva inicial	Progresiva final
1	0+000	0+100
2	0+200	0+300
3	0+400	0+500
4	0+600	0+700
5	0+800	0+900
6	1+000	1+100
7	1+200	1+300
8	1+400	1+500
9	1+600	1+700

10	1+800	1+900
11	2+000	2+100
12	2+200	2+300
13	2+400	2+500
14	2+600	2+700
15	2+800	2+900
16	3+000	3+100
17	3+200	3+300
18	3+400	3+500
19	3+600	3+700
20	3+800	3+900
21	4+000	4+100
22	4+200	4+300
23	4+400	4+500
24	4+600	4+700
25	4+800	4+900
26	5+000	5+100
27	5+200	5+300
28	5+400	5+500
29	5+600	5+700
30	5+800	5+900
31	6+000	6+100
32	6+200	6+300

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2. Procedimiento de evaluación en campo

El proceso que se realizó en campo fue la recolección de datos de todas las fallas del tramo a inspeccionar: tales como baches, ondulaciones, transversales, piedras, etc., que disminuyan la comodidad y la seguridad del usuario.

Lo primero que se realizó fue una capacitación intensiva en conjunto al personal de apoyo (en total 8, datos colocados en anexos) que colaboraron en el levantamiento de

datos específicamente sobre las fallas mencionadas, con el apoyo de la ingeniera Gabriela Mamani Choque y mi persona tomando muy en cuenta la gravedad de los tipos de fallas y el efecto que causan éstas.

Capacitación que comprendió en observación visual de todo el tramo ida y vuelta, tipos de fallas, medición de gravedad de cada una de las fallas, velocidad requerida del vehículo en movimiento para su evaluación visual y a la vez el modo de evaluación de la falla Exceso de polvo medido desde el interior de la movilidad, llenado correctamente de la ficha de inspección, uso correcto de los materiales a utilizar.

A la hora de hacer el levantamiento de datos hubo casi nada de diferencia de criterios en las mediciones de gravedad, ya que el manual presenta una forma detallada de medición de gravedad que hace que la evaluación sea objetiva, eso aportando que cada una de las mediciones que se realizaba estaba presente mi persona para coordinar e inspeccionar dicha medición.

Con todos los datos obtenidos de las mediciones se llevó a gabinete donde se analizó el respectivo indicador resultante de la condición superficial.

#### 3.4. Medición y cuantificación de fallas en el tramo de estudio

##### Sección Transversal Impropia

*Figura 29: Sección Transversal Impropia*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Datos de Sección Transversal Impropia

Sección Transversal Impropia					
Progresiva	Longitud de U.S.	Ancho de carril	Área (m <sup>2</sup> )	Longitud de Defecto (m)	Nivel de Gravedad
0+000 - 0+100	100	3,60	360	48,30	Medio
0+200 - 0+300	100	4,90	490	-	-
0+400 - 0+500	100	2,75	275	54,00	Medio
0+600 - 0+700	100	3,85	385	-	-
0+800 - 0+900	100	5,70	570	32,00	Alto
1+000 - 1+100	100	4,90	490	-	-
1+200 - 1+300	100	5,60	560	37,00	Medio
1+400 - 1+500	100	4,90	490	73,00	Medio
1+600 - 1+700	100	5,20	520	-	-
1+800 - 1+900	100	8,20	820	-	-
2+000 - 2+100	100	5,90	590	-	-
2+200 - 2+300	100	5,10	510	37,00	Medio
2+400 - 2+500	100	4,40	440	53,00	Alto
2+600 - 2+700	100	5,10	510	-	-
2+800 - 2+900	100	6,80	680	-	-
3+000 - 3+100	100	5,40	540	27,00	Alto
3+200 - 3+300	100	6,10	610	35,00	Medio
3+400 - 3+500	100	7,60	760	-	-
3+600 - 3+700	100	7,30	730	40,00	Medio
3+800 - 3+900	100	4,40	440	48,00	Medio
4+000 - 4+100	100	6,90	690	-	-
4+200 - 4+300	100	5,40	540	-	-
4+400 - 4+500	100	5,90	590	-	-
4+600 - 4+700	100	5,70	570	-	-
4+800 - 4+900	100	6,20	620	35,00	Medio
5+000 - 5+100	100	7,50	750	27,00	Medio
5+200 - 5+300	100	5,80	580	-	-
5+400 - 5+500	100	6,00	600	-	-
5+600 - 5+700	100	6,00	600	-	-
5+800 - 5+900	100	6,00	600	20,00	Bajo
6+000 - 6+100	100	6,00	600	-	-
6+200 - 6+300	100	6,00	600	-	-

Fuente: Elaboración propia

## Drenaje Inadecuado

*Figura 30: Drenaje Inadecuado*



Fuente: Elaboración propia

*Tabla 8: Datos de Drenaje Inadecuado*

Drenaje Inadecuado							
Progresiva	Longitud de U.S.	Ancho de carril	Área (m <sup>2</sup> )	Longitud de Defecto (m)	Lados	Longitud total (m)	Nivel de Gravedad
0+000 - 0+100	100	3,60	360	100	1	100	Medio
0+200 - 0+300	100	4,90	490	80	1	80	Medio
0+400 - 0+500	100	2,75	275	67	2	134	Alto
0+600 - 0+700	100	3,85	385	-	-	-	-
0+800 - 0+900	100	5,70	570	60	1	60	Alto
1+000 - 1+100	100	4,90	490	45	2	90	Medio
1+200 - 1+300	100	5,60	560	50	2	100	Alto
1+400 - 1+500	100	4,90	490	80	1	80	Alto
1+600 - 1+700	100	5,20	520	-	-	-	-
1+800 - 1+900	100	8,20	820	78	1	78	Alto
2+000 - 2+100	100	5,90	590	-	-	-	-
2+200 - 2+300	100	5,10	510	-	-	-	-
2+400 - 2+500	100	4,40	440	45	1	45	Alto
2+600 - 2+700	100	5,10	510	-	-	-	-
2+800 - 2+900	100	6,80	680	58	1	58	Alto

3+000 - 3+100	100	5,40	540	60	1	60	Medio
3+200 - 3+300	100	6,10	610	35	1	35	Medio
3+400 - 3+500	100	7,60	760	-	-	-	-
3+600 - 3+700	100	7,30	730	50	1	50	Alto
3+800 - 3+900	100	4,40	440	55	1	55	Medio
4+000 - 4+100	100	6,90	690	20	2	40	Medio
4+200 - 4+300	100	5,40	540	50	1	50	Alto
4+400 - 4+500	100	5,90	590	100	1	100	Alto
4+600 - 4+700	100	5,70	570	50	1	50	Medio
4+800 - 4+900	100	6,20	620	20	2	40	Bajo
5+000 - 5+100	100	7,50	750	40	2	80	Bajo
5+200 - 5+300	100	5,80	580	40	1	40	Medio
5+400 - 5+500	100	6,00	600	-	-	-	-
5+600 - 5+700	100	6,00	600	-	-	-	-
5+800 - 5+900	100	6,00	600	70	1	70	Alto
6+000 - 6+100	100	6,00	600	100	1	100	Alto
6+200 - 6+300	100	6,00	600	60	1	60	Alto

Fuente: Elaboración propia

## Ondulaciones

*Figura 31: Ondulaciones*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Datos de Drenaje Inadecuado

Progresiva	Longitud de U.S.	Ancho de carril	Área (m2)	Ondulaciones			Profundidad Ondulación (cm)	Nivel de Gravedad
				Longitud de Ondulación (m)	Ancho de Ondulación (m)	Área de Ondulación (m2)		
0+000 - 0+100	100	3,60	360	-	-	-	-	-
0+200 - 0+300	100	4,90	490	-	-	-	-	-
0+400 - 0+500	100	2,75	275	35	0,25	8,75	2,8	Bajo
0+600 - 0+700	100	3,85	385	-	-	-	-	-
0+800 - 0+900	100	5,70	570	-	-	-	-	-
1+000 - 1+100	100	4,90	490	-	-	-	-	-
1+200 - 1+300	100	5,60	560	-	-	-	-	-
1+400 - 1+500	100	4,90	490	18	0,6	10,8	6,3	Medio
1+600 - 1+700	100	5,20	520	-	-	-	-	-
1+800 - 1+900	100	8,20	820	27	0,55	14,85	5,5	Medio
2+000 - 2+100	100	5,90	590	29	0,53	15,37	9,1	Alto
2+200 - 2+300	100	5,10	510	41	0,35	14,35	4,1	Medio
2+400 - 2+500	100	4,40	440	36	0,32	11,52	4,9	Medio
2+600 - 2+700	100	5,10	510	33	0,27	8,91	8,1	Alto
2+800 - 2+900	100	6,80	680	-	-	-	-	-
3+000 - 3+100	100	5,40	540	-	-	-	-	-
3+200 - 3+300	100	6,10	610	44	0,55	24,2	6,5	Medio
3+400 - 3+500	100	7,60	760	68	0,22	14,96	2,8	Bajo
3+600 - 3+700	100	7,30	730	28	0,35	9,8	6,0	Medio
3+800 - 3+900	100	4,40	440	22	0,7	15,4	6,5	Medio
4+000 - 4+100	100	6,90	690	-	-	-	-	-
4+200 - 4+300	100	5,40	540	28	0,4	11,2	2,6	Bajo
4+400 - 4+500	100	5,90	590	-	-	-	-	-
4+600 - 4+700	100	5,70	570	-	-	-	-	-
4+800 - 4+900	100	6,20	620	28	0,3	8,4	2,8	Bajo
5+000 - 5+100	100	7,50	750	-	-	-	-	-
5+200 - 5+300	100	5,80	580	-	-	-	-	-
5+400 - 5+500	100	6,00	600	-	-	-	-	-
5+600 - 5+700	100	6,00	600	-	-	-	-	-
5+800 - 5+900	100	6,00	600	37	0,35	12,95	4,5	Medio
6+000 - 6+100	100	6,00	600	44	0,25	11	3,5	Medio
6+200 - 6+300	100	6,00	600	48	0,25	12	4,0	Medio

Fuente: Elaboración propia

## Exceso de Polvo

Figura 32: Exceso de Polvo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Datos de Exceso de Polvo

Exceso de Polvo				
Progresiva	Longitud de U.S.	Ancho de carril	Área (m2)	Nivel de Gravedad
0+000 - 0+100	100	3,60	360	Alto
0+200 - 0+300	100	4,90	490	Alto
0+400 - 0+500	100	2,75	275	Alto
0+600 - 0+700	100	3,85	385	Medio
0+800 - 0+900	100	5,70	570	Alto
1+000 - 1+100	100	4,90	490	Alto
1+200 - 1+300	100	5,60	560	Alto
1+400 - 1+500	100	4,90	490	Alto
1+600 - 1+700	100	5,20	520	Alto
1+800 - 1+900	100	8,20	820	Alto
2+000 - 2+100	100	5,90	590	Alto
2+200 - 2+300	100	5,10	510	Alto
2+400 - 2+500	100	4,40	440	Alto
2+600 - 2+700	100	5,10	510	Alto
2+800 - 2+900	100	6,80	680	Alto

3+000 - 3+100	100	5,40	540	Alto
3+200 - 3+300	100	6,10	610	Alto
3+400 - 3+500	100	7,60	760	Alto
3+600 - 3+700	100	7,30	730	Alto
3+800 - 3+900	100	4,40	440	Alto
4+000 - 4+100	100	6,90	690	Medio
4+200 - 4+300	100	5,40	540	Alto
4+400 - 4+500	100	5,90	590	Alto
4+600 - 4+700	100	5,70	570	Alto
4+800 - 4+900	100	6,20	620	Alto
5+000 - 5+100	100	7,50	750	Bajo
5+200 - 5+300	100	5,80	580	Bajo
5+400 - 5+500	100	6,00	600	Bajo
5+600 - 5+700	100	6,00	600	Bajo
5+800 - 5+900	100	6,00	600	Bajo
6+000 - 6+100	100	6,00	600	Bajo
6+200 - 6+300	100	6,00	600	-

Fuente: Elaboración propia

## Baches

*Figura 33: Baches*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Datos de Baches

Baches							
Progresiva	Longitud de U.S.	Ancho de carril (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad de Baches	Diámetro Bache	Profundidad Bache (cm)	Nivel de Gravedad
0+000 - 0+100	100	3,60	360	-	-	-	-
0+200 - 0+300	100	4,90	490	-	-	-	-
0+400 - 0+500	100	2,75	275	-	-	-	-
0+600 - 0+700	100	3,85	385	-	-	-	-
0+800 - 0+900	100	5,70	570	40	0,6	5,0	Alto
1+000 - 1+100	100	4,90	490	37	0,55	5,4	Medio
1+200 - 1+300	100	5,60	560	47	0,45	5,5	Medio
1+400 - 1+500	100	4,90	490	34	0,6	8,1	Alto
1+600 - 1+700	100	5,20	520	51	0,62	5,4	Alto
1+800 - 1+900	100	8,20	820	-	-	-	-
2+000 - 2+100	100	5,90	590	53	0,68	5,7	Alto
2+200 - 2+300	100	5,10	510	-	-	-	-
2+400 - 2+500	100	4,40	440	-	-	-	-
2+600 - 2+700	100	5,10	510	-	-	-	-
2+800 - 2+900	100	6,80	680	27	0,62	5,1	Alto
3+000 - 3+100	100	5,40	540	-	-	-	-
3+200 - 3+300	100	6,10	610	24	0,5	6,7	Medio
3+400 - 3+500	100	7,60	760	-	-	-	-
3+600 - 3+700	100	7,30	730	35	0,42	5,6	Medio
3+800 - 3+900	100	4,40	440	39	0,44	5,5	Medio
4+000 - 4+100	100	6,90	690	42	0,65	8,1	Alto
4+200 - 4+300	100	5,40	540	-	-	-	-
4+400 - 4+500	100	5,90	590	-	-	-	-
4+600 - 4+700	100	5,70	570	36	0,7	8,1	Alto
4+800 - 4+900	100	6,20	620	27	0,52	5,8	Medio
5+000 - 5+100	100	7,50	750	-	-	-	-
5+200 - 5+300	100	5,80	580	-	-	-	-
5+400 - 5+500	100	6,00	600	18	0,35	5,1	Medio
5+600 - 5+700	100	6,00	600	17	0,32	2,8	Bajo
5+800 - 5+900	100	6,00	600	19	0,4	4,2	Bajo
6+000 - 6+100	100	6,00	600	15	0,36	2,8	Bajo
6+200 - 6+300	100	6,00	600	22	0,61	5,6	Alto

Fuente: Elaboración propia

## Surcos de Rueda

*Figura 34: Surcos de Rueda*



Fuente: Elaboración propia

*Tabla 12: Datos de Surcos de Rueda*

Progresiva	Surcos de Rueda								
	Longitud de U.S.	Ancho de carril (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Número de surcos	Longitud Surco (m)	Ancho Surco	Área Surco	Prof. Surco	Nivel de Gravedad
0+000 - 0+100	100	3,60	360	-	-	-	-	-	-
0+200 - 0+300	100	4,90	490	-	-	-	-	-	-
0+400 - 0+500	100	2,75	275	-	-	-	-	-	-
0+600 - 0+700	100	3,85	385	-	-	-	-	-	-
0+800 - 0+900	100	5,70	570	-	-	-	-	-	-
1+000 - 1+100	100	4,90	490	-	-	-	-	-	-
1+200 - 1+300	100	5,60	560	-	-	-	-	-	-
1+400 - 1+500	100	4,90	490	2	36	0,6	21,6	9,1	Alta
1+600 - 1+700	100	5,20	520	2	42	0,45	18,9	4,1	Medio
1+800 - 1+900	100	8,20	820	-	-	-	-	-	-
2+000 - 2+100	100	5,90	590	2	64	0,35	22,4	3,0	Bajo
2+200 - 2+300	100	5,10	510	2	58	0,42	24,36	2,8	Bajo
2+400 - 2+500	100	4,40	440	3	48	0,48	23,04	3,2	Medio
2+600 - 2+700	100	5,10	510	2	43	0,52	22,36	2,7	Bajo
2+800 - 2+900	100	6,80	680	2	40	0,57	22,8	8,1	Alta

3+000 - 3+100	100	5,40	540	2	48	0,63	30,24	6,7	Medio
3+200 - 3+300	100	6,10	610	2	90	0,66	59,4	5,7	Medio
3+400 - 3+500	100	7,60	760	-	-	-	-	-	-
3+600 - 3+700	100	7,30	730	-	-	-	-	-	-
3+800 - 3+900	100	4,40	440	2	35	0,65	22,75	4,3	Medio
4+000 - 4+100	100	6,90	690	-	-	-	-	-	-
4+200 - 4+300	100	5,40	540	-	-	-	-	-	-
4+400 - 4+500	100	5,90	590	-	-	-	-	-	-
4+600 - 4+700	100	5,70	570	-	-	-	-	-	-
4+800 - 4+900	100	6,20	620	2	30	0,51	15,3	2,9	Bajo
5+000 - 5+100	100	7,50	750	-	-	-	-	-	-
5+200 - 5+300	100	5,80	580	-	-	-	-	-	-
5+400 - 5+500	100	6,00	600	-	-	-	-	-	-
5+600 - 5+700	100	6,00	600	3	120	0,42	50,4	5,5	Medio
5+800 - 5+900	100	6,00	600	-	-	-	-	-	-
6+000 - 6+100	100	6,00	600	3	120	0,3	36	4,8	Medio
6+200 - 6+300	100	6,00	600	2	40	0,5	20	7,1	Medio

Fuente: Elaboración propia

### Pérdida de Agregados

*Figura 35: Pérdida de Agregados*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Datos de Pérdida de agregados

Pérdida de Agregados							
Progresiva	Longitud de U.S.	Ancho carril (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Número de bermas	Longitud Defecto (m)	Altura de agregado (cm)	Nivel de Gravedad
0+000 - 0+100	100	3,60	360	1	72	2,0	Bajo
0+200 - 0+300	100	4,90	490	1	82	3,2	Bajo
0+400 - 0+500	100	2,75	275	1	70	5,1	Medio
0+600 - 0+700	100	3,85	385	1	78	3,5	Medio
0+800 - 0+900	100	5,70	570	2	160	5,2	Medio
1+000 - 1+100	100	4,90	490	3	210	5,3	Medio
1+200 - 1+300	100	5,60	560	2	140	3,4	Bajo
1+400 - 1+500	100	4,90	490	2	120	5,0	Medio
1+600 - 1+700	100	5,20	520	3	180	5,2	Medio
1+800 - 1+900	100	8,20	820	1	80	4,4	Bajo
2+000 - 2+100	100	5,90	590	3	210	5,7	Medio
2+200 - 2+300	100	5,10	510	1	88	4,7	Bajo
2+400 - 2+500	100	4,40	440	2	150	8,5	Medio
2+600 - 2+700	100	5,10	510	3	225	5,0	Medio
2+800 - 2+900	100	6,80	680	3	234	5,0	Medio
3+000 - 3+100	100	5,40	540	3	210	5,3	Medio
3+200 - 3+300	100	6,10	610	2	160	5,1	Medio
3+400 - 3+500	100	7,60	760	3	270	5,4	Medio
3+600 - 3+700	100	7,30	730	-	-	-	-
3+800 - 3+900	100	4,40	440	3	180	4,1	Bajo
4+000 - 4+100	100	6,90	690	3	240	5,5	Medio
4+200 - 4+300	100	5,40	540	4	360	4,5	Bajo
4+400 - 4+500	100	5,90	590	3	270	5,2	Medio
4+600 - 4+700	100	5,70	570	2	160	4,6	Bajo
4+800 - 4+900	100	6,20	620	3	300	4,8	Bajo
5+000 - 5+100	100	7,50	750	2	100	3,8	Bajo
5+200 - 5+300	100	5,80	580	-	-	-	-
5+400 - 5+500	100	6,00	600	-	-	-	-
5+600 - 5+700	100	6,00	600	-	-	-	-
5+800 - 5+900	100	6,00	600	-	-	-	-
6+000 - 6+100	100	6,00	600	-	-	-	-
6+200 - 6+300	100	6,00	600	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Procesamiento de los datos obtenidos en campo

Cálculo del estado de los tramos por el método ICVNP

A continuación, se realizará el proceso detallado de cálculo para una de las unidades simples: (Prog. 0+800 – 0+900):

Datos de la sección N° 1 y la unidad simple N° 5

Tipo de Defecto		81	82	83	84	85	86	87
Cantidad y Gravedad	B							
	M							160
	A	32	60		x	40		

Donde:

*Tabla 14: Tipos de defectos*

Defecto Tipo	Denominación
defecto 81	Sección Transversal Impropia (m)
defecto 82	Drenaje Inadecuado (m)
defecto 83	Ondulaciones (m <sup>2</sup> )
defecto 84	Exceso de Polvo
defecto 85	Baches (unid.)
defecto 86	Surcos de Rueda (m <sup>2</sup> )
defecto 87	Pérdidas de agregados (m)

Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

Cálculo de la Densidad del Defecto:

$$K = \frac{\text{Cantidad de Defectos} \times 100}{\text{Área de la Unidad Simple}}$$

Donde K es un coeficiente de corrección de unidades métricas, cuyo valor para cada tipo de defecto se presenta en la tabla de abajo

Tabla 15: Valores de K según el tipo de defecto

Tipo de Defecto	Valor de K
81	3,281
82	3,281
83	1,000
84	-
85	10,764
86	1,000
87	3,281

Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

Para 32 m de sección transversal impropia (defecto 81), con gravedad alta, la densidad es la siguiente:

$$\frac{32 \times 100}{3,281 \times 570} = 1,71$$

Con este dato de densidad y el nivel de gravedad de la falla en esta unidad simple (Alta) se entra a la tabla siguiente para hallar el Valor Deducible de acuerdo al tipo de gravedad:

Figura 36: Valor deducible sección transversal impropia



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

El valor deducible de acuerdo a la densidad del defecto 81 es de 8,5

Para 60 m de Drenaje Inadecuado (defecto 82), con gravedad alta, la densidad es la siguiente:

$$\frac{60 \times 100}{3,281 \times 570} = 3.21$$

Con este dato de densidad se entra a la tabla siguiente para hallar el Valor Deducible de acuerdo al tipo de gravedad:

Figura 37: Valor deducible de Drenaje inadecuado



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

El valor deducible de acuerdo a la densidad del defecto 82 es de 9,5

Para el Defecto-Tipo Exceso de Polvo (defecto 84) no es necesario el respectivo cálculo de densidad. Los valores deducibles para este defecto se establecieron de acuerdo a los parámetros que indica abajo:

Tabla 16: Valores deducibles de exceso de polvo según niveles de gravedad

Niveles de gravedad	Valores deducibles
Bajo (B)	2 puntos
Medio (M)	4 puntos
Alto (A)	15 puntos

Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992). Unsurfaced Road Maintenance Management.

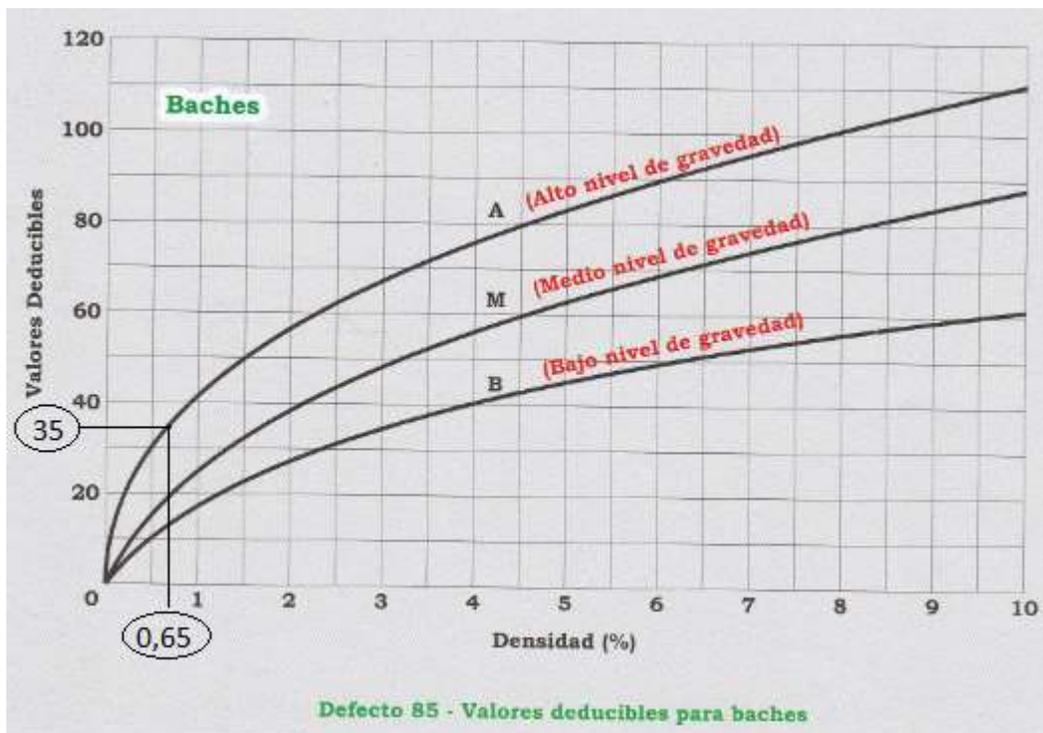
En este caso la gravedad de defecto 84 es Alta (A) lo que quiere decir que su Valor Deducible es de 15.

Para 40 unidades de baches (defecto 85), con gravedad alta, la densidad es la siguiente:

$$\frac{40 \times 100}{10,764 \times 570} = 0,65$$

Con este dato de densidad se entra a la tabla siguiente para hallar el Valor Deducible de acuerdo al tipo de gravedad:

Figura 38: Valor deducible de Baches



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

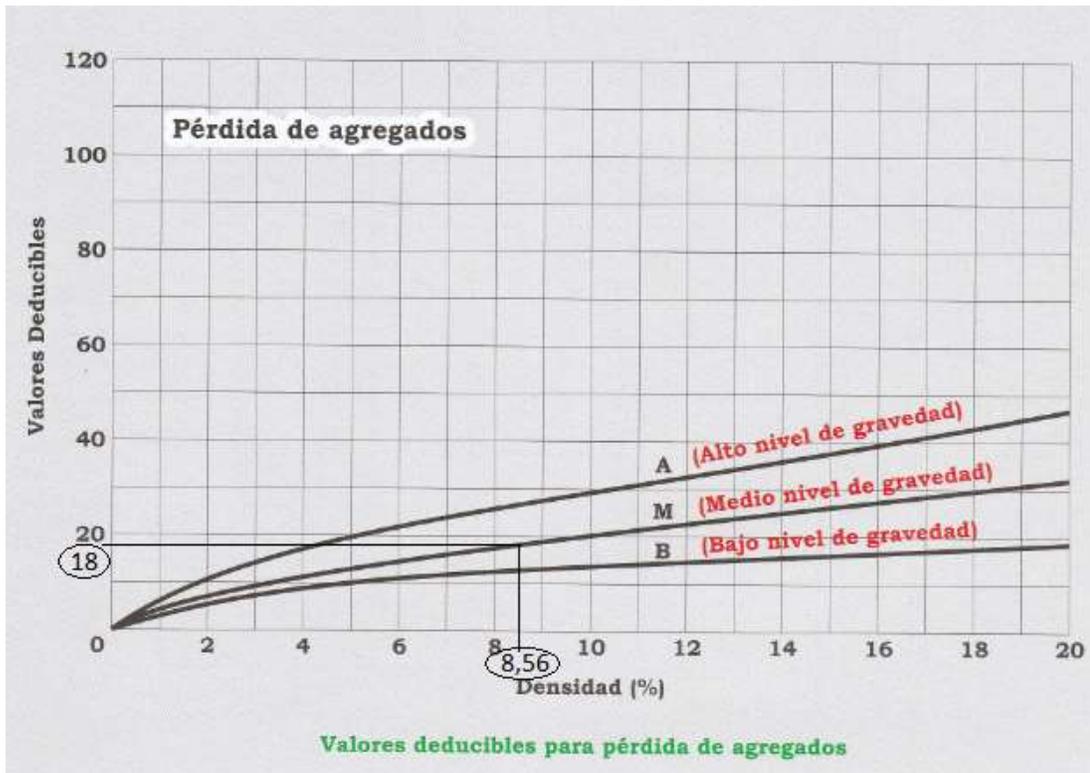
El Valor Deducible de acuerdo a la densidad y la gravedad del defecto 85 es de 35.

Para 160 m de Perdida de Agregados (defecto 87), con gravedad media, la densidad es la siguiente:

$$\frac{160 \times 100}{3.281 \times 570} = 8,56$$

Con este dato de densidad se entra a la tabla siguiente para hallar el Valor Deducible de acuerdo al tipo de gravedad:

Figura 39: Valor deducible de Pérdida de agregados



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

El Valor Deducible de acuerdo a la densidad del defecto 87 es de 18.

Cálculo del ICVNP de la Unidad Simple seleccionada es la sumatoria de los valores deducibles hallados para cada falla, en este caso la sumatoria es 86.

Tabla 17: Valores deducibles de la unidad simple 5

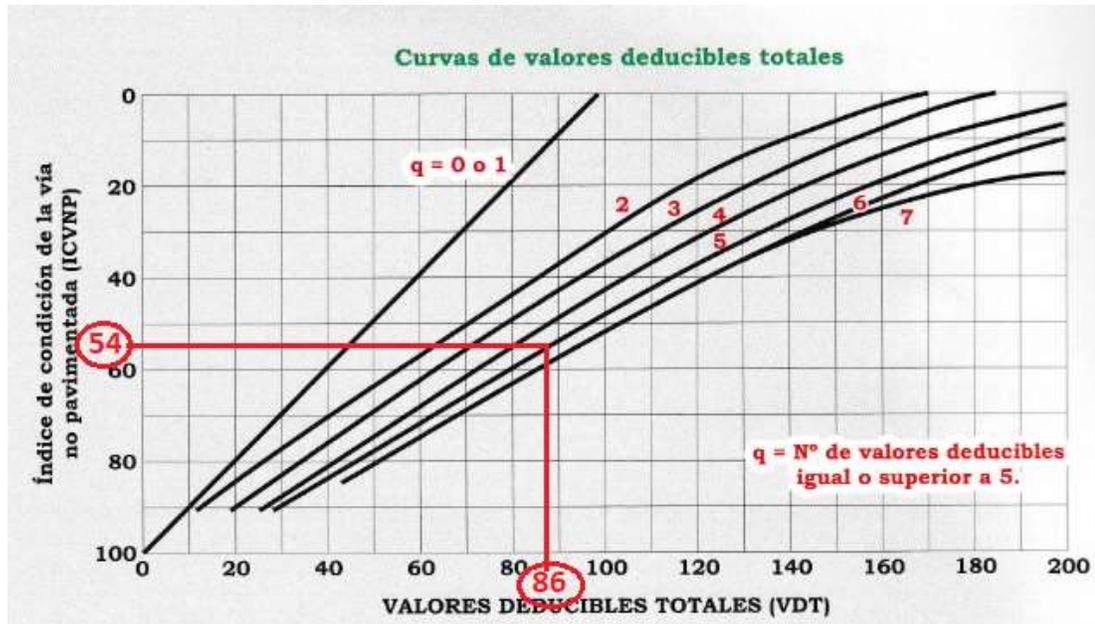
Tipo de Defecto	Valor de k	Densidad	Gravedad	Valor Deducible
81	3,281	1,71	A	8,5
82	3,281	3,21	A	9,5
83	1,000			
84	-		A	15
85	10,764	0,65	A	35
86	1,000			
87	3,281	8,56	M	18
Total del valor deducible				86

Fuente: Elaboración propia

Ahora se halla el valor de “q” que es la cantidad de valores deducibles de las fallas que son mayores a “5”. En este caso todos los valores deducibles son mayores a 5, por lo tanto, tenemos un valor de  $q=5$ .

Teniendo estos valores de Total de valores deducibles de 86 y un  $q=5$  ingresamos a la siguiente tabla para hallar el ICVNP de la unidad simple.

Figura 40: Valores deducibles totales



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

El ICVNP hallado es de 54, con este valor ingresamos a la siguiente gráfica para hallar la integridad y condición de operación de esta unidad simple.

Figura 41: Índice de Condición de la unidad simple N° 5



Fuente: Eaton, Robert A. y Beaucham, Ronald E. (1992).

Para un ICVNP de 54 obtenemos que la integridad y condición de la unidad simple analizada es “Regular”.

Todo este procedimiento se realiza para cada unidad simple (32), estos cálculos se encuentran en la sección de anexos.

A continuación, se procede a hallar el ICVNP para cada sección (7), que no es más que el promedio de todos los valores de ICVNP hallados de cada unidad simple correspondientes a cada sección.

Tabla 18: Resultados de la sección N° 1

Sección 1	
Unidad Simple	ICVNP
1	69
2	78
3	48
4	77
5	54
Promedio	65,2

Fuente: Elaboración propia

Con este valor ingresamos nuevamente a la tabla de índice del ICVNP y obtenemos la integridad y condición de la sección, en este caso “Bueno”.

Finalmente hallamos el ICVNP para todo el tramo (6,3 km) con el promedio ponderado de los ICVNP de cada sección.

*Tabla 19: valores de ICVNP de cada sección y su extensión*

Sección	ICVNP	Long. (km)
1	65,2	1
2	60	1
3	65,6	1
4	69,4	1
5	64,2	1
6	89	1
7	71,5	0,3

Fuentes: Elaboración propia

$$ICVNP \text{ Tramo total} = \frac{\sum(ICVNP \text{ Sección} \times \text{Extensión de la sección})}{\text{Extensión total de todo el tramo.}}$$

$$ICVNP = \frac{((65,2 \times 1) + (60 \times 1) + (65,6 \times 1) + (69,4 \times 1) + (64,2 \times 1) + (89 \times 1) + (71,5 \times 0,3))}{6,3} =$$

$$ICVNP \text{ total del tramo} = 69,02$$

El ICVNP de todo el tramo analizado es 69,02, lo cual nos indica que es “Bueno”

### 3.6. Resultados

Tabla 20: Tabla de resultados de cada unidad simple

Sección	Unidad Simple	ICVNP	Índice
1	1	69	Bueno
	2	78	Muy Bueno
	3	48	Regular
	4	77	Muy Bueno
	5	54	Regular
2	1	60	Bueno
	2	63	Bueno
	3	44	Regular
	4	51	Regular
	5	82	Muy Bueno
3	1	69	Bueno
	2	78	Muy Bueno
	3	62	Bueno
	4	69	Bueno
	5	50	Regular
4	1	68	Bueno
	2	62	Bueno
	3	72	Muy Bueno
	4	78	Muy Bueno
	5	67	Bueno
5	1	54	Regular
	2	73	Muy Bueno
	3	66	Bueno
	4	62	Bueno
	5	66	Bueno
6	1	84	Muy Bueno
	2	93	Excelente
	3	88	Excelente
	4	83	Muy Bueno
	5	82	Muy Bueno
7	1	74	Muy Bueno
	2	69	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Resultados de cada sección

Sección	ICVNP	Índice
1	65,2	Bueno
2	60	Bueno
3	65,6	Bueno
4	69,4	Bueno
5	64,2	Bueno
6	89	Excelente
7	71,5	Muy bueno

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Resultado del tramo en general

Tramo (km)	ICVNP	Índice
6,3	69,02	Bueno

Fuente: Elaboración propia

### 3.7. Análisis de los resultados

De los resultados obtenidos se puede sacar el siguiente análisis:

- De los resultados obtenidos de las unidades simples podemos observar que el índice de integridad de cada segmento no refleja ciertas fallas que por observación son muy notorias y muy perjudiciales. Por ejemplo, la falla número 82 (Drenaje Inadecuado), la falla número 84 (Exceso de Polvo) y la falla número 87 (Pérdida de Agregados) son bastantes considerables de gravedad media y alta que perjudican de manera directa al conductor y a las personas que viven a su alrededor afectando a sus ganados, sus sembradíos y principalmente a la salud de los comunarios.  
Éstas fallas aun siendo sumamente considerables no influyen lo suficiente al momento de realizar la sumatoria correspondiente para el cálculo ya que las otras 4 fallas muestran valores no tan relevantes.
- Observando los índices de cada sección las primeras 5 se caracterizan por tener un índice “bueno” que como ya mencionamos anteriormente no refleja la realidad y vemos que en las dos últimas secciones mejora más aun este índice, puede justificarse debido a que en estas secciones el camino cambia de ser de

tierra a empedrado y las fallas número 84 y 87 pasan a ser irrelevantes pero la falla 82 (Drenaje Inadecuado) se mantiene en gravedad alta debido a la falta de mantenimiento de las cunetas. Una vez más reiteramos que por muy graves que sean estas fallas no influyen lo suficiente en la integridad de cada segmento analizado.

- Promediando todos los resultados obtenidos de las 7 secciones que componen el tramo Tolomosa Grande – San Jacinto hallamos que se encuentra en un estado “Bueno” según la metodología ICVNP, con 3 fallas muy representativas que se pudo analizar y reconocer mediante este estudio lo cual nos facilita las medidas que se puede tomar para reducir estas fallas y mejorar más aun la condición de este camino.

### 3.8. Alternativas de solución

A continuación, se propondrá algunas alternativas de solución para las 7 fallas que abarca la metodología ICVNP considerando como una opción probable a futuro sin tomar en cuenta los análisis de costos.

- Falla 81 (Sección transversal impropia): Trabajar con una inclinación de carril de tránsito en un porcentaje de pendiente del orden del 4%, para que pueda suministrar la conducción de las aguas.
- Falla 82 (Drenaje inadecuado): Esta falla puede solucionarse de una manera muy simple, siendo suficiente para ello la recomposición de las cunetas, lo que puede realizarse por medio del uso de la punta de la cuchilla de la motoniveladora.
- Falla 83 (Ondulaciones): En este caso se puede remover la superficie aproximada de una pulgada por debajo de la cota inferior de las depresiones, a continuación, esparcirlo el mismo material cortado o con nuevo material seleccionado para luego compactarlo con cilindros compactadores o una moto niveladora.
- Falla 84 (Exceso de polvo): Como solución de esta falla se sugiere seguir las siguientes etapas:
  - Escarificación de la capa final de la pista de circulación.

- Regularización y reconformación de la superficie escarificada, a través de pasadas de la motoniveladora con el objetivo de remover/mezclar los materiales.
  - Aplicación del reductor por el método de aspersión con alta presión, en cantidades suficientes para el efectivo control de la formación de polvo (tasa de 2,3 lt/m<sup>2</sup>);
  - Por último, la conformación de la pendiente final de la superficie de circulación, la compactación en la humedad óptima y la restauración del drenaje superficial.
- Falla 85 (Baches): Se podría realizar una leve regularización con la motoniveladora, que por medio de “arrastre” realizará una especie de nivelación de la superficie de circulación, sin descuidar la configuración de la pendiente ideal para el camino. En condiciones menos graves, cuando el camino presenta pequeños baches distribuidos de forma dispersa, se recomienda su relleno manual con la utilización de material seleccionado.
  - Fallas 86 (Surcos de rueda): Debido a que ésta falla no es muy representativa se puede sugerir lo siguiente; una simple nivelación de la plataforma con la motoniveladora para suministrarle una mayor vida útil a la superficie de circulación.
  - Falla 87 (Pérdida de agregado): Podría solucionarse con una regularización adicionando fracciones de material faltante en la mezcla, en caso de un nivel intenso de desagregación cortar toda la capa, mezclar y humedecer en proporciones óptimas, reconformando la vía y compactándola finalmente.

Las secciones más afectadas por la mayoría de las fallas de acuerdo a la gravedad de cada una son las secciones 1,2,3,4 y 5 que requieren de una pronta atención.

La solución general para estas secciones es un mantenimiento rutinario que consiste en un reperfilado con compactación, que involucra una escarificación de la superficie de la calzada logrando eliminar las depresiones más críticas de las fallas existentes, procediendo a revolver y regar el material existente homogeneizándolo hasta que alcance su humedad óptima de compactación, luego perfilarlo y compactarlo.

La escarificación no tiene una altura normada, es de acuerdo a criterio del encargado del mantenimiento tomando en cuenta la falla con profundidad más crítica, toda escarificación no puede ser mayor a 23cm que es la altura que alcanza a compactar el rodillo compactador, de ser de mayor altura se lo compacta en dos capas, lo que significa doble trabajo.

De acuerdo a nuestra depresión más crítica de las fallas en las secciones más afectadas es de 9,1 cm. Por lo tanto, redondeamos a una altura de 15cm para su escarificación.<sup>12</sup>

Los costos de las actividades de mantenimiento vial están reflejados en anexos.

---

<sup>12</sup> SEDECA, Ing. Hernán Muguertegui Onofre

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

Se realizó este estudio utilizando la metodología de ICVNP Índice de la Condición de la Vía No Pavimentada para realizar una evaluación del estado en el que se encuentra y poder realizar una conservación adecuada.

- Se aplicó la metodología para evaluar la condición de estado del camino no pavimentados del tramo Tolomosa Grande - San Jacinto, dando como resultado los índices de condición de estado para cada sección. Así también se determinó el estado en el que se encuentran cada uno de las secciones, que están entre bueno, muy bueno y excelente.
- Se recopiló y procesó los datos obtenidos del levantamiento.
- Se cuantificó las fallas y los deterioros que tenía el tramo en estudio en toda la parte superficial mediante observaciones, mediciones, fotografías.
- Se calculó el índice de condición de la vía no pavimentada para cada unidad simple y posteriormente un promedio representativo para cada sección.

*Tabla 23: ICVNP de cada unidad simple*

Sección	Unidad Simple	ICVNP
1	1	69
	2	78
	3	48
	4	77
	5	54
2	1	60
	2	63
	3	44
	4	51
	5	82
3	1	69
	2	78
	3	62
	4	69
	5	50

4	1	68
	2	62
	3	72
	4	78
	5	67
5	1	54
	2	73
	3	66
	4	62
	5	66
6	1	84
	2	93
	3	88
	4	83
	5	82
7	1	74
	2	69

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 24: ICVNP para cada sección*

Sección	ICVNP
1	65,2
2	60
3	65,6
4	69,4
5	64,2
6	89
7	71,5

Fuente: Elaboración propia

- Se logró estimar la condición del estado en el que se encuentra cada sección

*Tabla 25: Condición de estado para cada sección*

Sección	Índice
1	Bueno
2	Bueno
3	Bueno
4	Bueno
5	Bueno
6	Excelente
7	Muy bueno

Fuente: Elaboración propia

- Se propuso alternativas de solución para la conservación y mantenimiento que se debe realizar a cada tipo de falla para todo el tramo.

#### 4.2.Recomendaciones

- Para realizar el ICVNP se recomienda que el evaluador tiene que tener un amplio conocimiento del manual de fallas y saber clasificar sus severidades correspondientes, para efectuar el levantamiento de fallas, pero anterior a ello elegir los tramos de evaluación el ancho de calzada de la vía para así tener un tramo correcto y poder evaluar al mismo.
- Al momento de realizar las mediciones se deben llevar artículos de seguridad personal y señalización adecuada para evitar accidentes de tránsito
- El mantenimiento debe planificarse y ejecutarse de forma efectiva según el requerimiento ya que al no ser asistida influye en el nivel de severidad de los diferentes daños que se presentan en el camino
- Se recomienda contar con la ayuda de personal capacitado suficiente para realizar el levantamiento de datos.
- A la hora del levantamiento de datos contar con planillas que facilite la recopilación de la misma.
- Realizar la reparación de las fallas más severas de manera profunda para así garantizar un buen trabajo, dando de esta manera seguridad y confort al usuario.