



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD

# Política de Conservación Vial

---

Etapa 3 – Caminos No Pavimentados

# POLÍTICA DE CONSERVACIÓN DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS

## ÍNDICE

<b>CAPITULO 0</b>	<b>PROLOGO</b> .....	<b>4</b>
<b>CAPITULO 1</b>	<b>OBJETIVOS DE LA POLÍTICA</b> .....	<b>5</b>
<b>CAPITULO 2</b>	<b>DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b> .....	<b>6</b>
2.1	Funciones de la Subdirección de Mantenimiento.....	6
2.1.1	Dotación de Personal de la SDM .....	7
2.1.2	Dependencias de la SDM.....	8
2.2	Estructura Organizacional de las Direcciones Regionales de Vialidad .....	10
2.3	Distribución del Presupuesto en Conservación .....	11
2.4	Características de la Red No Pavimentada .....	12
2.5	Modalidades de conservación y sus características.....	13
2.5.1	Conservación por Administración Directa.....	13
2.5.2	Contratos Globales de Conservación .....	13
2.5.3	Contratos Globales Mixtos de Conservación (por Niveles de Servicio CG-NS) .....	13
2.5.4	Conservación por Contratos Individuales -Tradicionales o Periódicos .....	14
2.6	Modelo Actual de Gestión de Conservación de Caminos no Pavimentados .....	14
2.7	Actores que intervienen en la Conservación de la Red Vial no Pavimentada.....	15
2.8	Operaciones de Conservación en Caminos No Pavimentados.....	16
2.8.1	Reperfilado de la Calzada .....	16
2.8.2	Reparación de Áreas Inestables .....	17
2.8.3	Bacheo de Capas de Rodadura Granulares .....	17
2.8.4	Recebo de Capas Granulares de Rodadura .....	18
2.8.5	Reparación de la Calzada con Material Integral.....	18
2.9	Campaña de Inspección de Deterioros de Caminos no Pavimentados.....	18
2.10	Resultados de la Encuesta Formulada a las Direcciones Regionales de Vialidad.....	20
2.10.1	Materiales, Maquinaria y Técnicas Empleadas en la Conservación de Caminos no Pavimentados .....	20
2.10.2	Frecuencia de la conservación .....	22
2.10.3	Criterios utilizados para decidir dónde, cuándo y de qué manera conservar .....	22
2.10.4	Cobertura de la Conservación de Caminos no Pavimentados (total y según modalidad) .....	22
2.10.5	Detección de las Dificultades más Importantes .....	22
2.10.6	Factores que influyen en los deterioros de caminos no pavimentados.....	23
2.11	Medidas para Mejorar la Conservación de los Caminos no Pavimentados .....	23
2.12	Costos de las Acciones de Conservación.....	25
<b>CAPITULO 3</b>	<b>ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE PARÁMETROS FACTIBLES DE MEDIR</b> .....	<b>26</b>
3.1	Deterioros en Caminos no Pavimentados.....	27
3.1.1	Calaminas .....	27
3.1.2	Baches .....	27
3.1.3	Ahuellamiento .....	28
3.1.4	Levantamiento de Polvo.....	28
3.1.5	Depresiones.....	28
3.1.6	Material Suelto.....	29
3.1.7	Erosión.....	29
3.1.8	Deterioro Superficial .....	29
3.1.9	Resbalamiento.....	30
3.2	Propuesta Metodológica para la Evaluación del Estado de Caminos no Pavimentados .....	30

3.2.1	Metodología para Inspeccionar Deterioros en Calzadas no Pavimentadas .....	30
3.2.2	Unidades y Zonas de Muestreo .....	31
3.3	Determinación del Estado de Caminos No pavimentados.....	32
3.3.1	Parámetros de Deterioro Considerados.....	32
3.3.2	Evaluación de la Condición de Estado por un Panel de Expertos.....	35
3.3.3	Índice de Condición de Estado de Caminos no Pavimentados.....	36
<b>CAPITULO 4</b>	<b>DEFINICIÓN DE UMBRALES DE INTERVENCIÓN .....</b>	<b>42</b>
4.1	Resumen de Deterioros Considerados en las Calzadas de Ripio y Tierra .....	43
4.1.1	Escalas de Clasificación del ICNP .....	45
4.2	Metodología para la Definición de Umbrales de Intervención en Caminos no Pavimentados .....	47
4.3	Definición de Umbrales de Intervención a partir del ICNP .....	48
4.3.1	Umbrales de Intervención de Deterioros ICNP de Valores Continuos .....	48
4.3.2	Umbrales de Intervención de Deterioros ICNP de Valores Discretos .....	50
4.3.3	Umbrales Finalmente Adoptados.....	50
4.3.4	Umbrales para otros Deterioros no contemplados en ICNP .....	51
4.3.5	Umbrales de Intervención usados en el Programa HDM-4 .....	52
4.3.6	Umbrales según Método PCI (Pavement Condition Index).....	53
<b>CAPITULO 5</b>	<b>DEFINICIÓN DE TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN PARA CAMINOS NO PAVIMENTADOS .....</b>	<b>58</b>
5.1	Conservación Rutinaria .....	58
5.1.1	Reperfilado .....	58
5.1.2	Escarificado y riego.....	59
5.1.3	Reperfilado con compactación.....	59
5.1.4	Reperfilado con Compactación de Calzada con Adición de Material Plástico .....	60
5.1.5	Bacheo de Capas de Rodadura Granulares .....	60
5.2	Conservación Periódica.....	61
5.2.1	Reparación de Áreas Inestables .....	61
5.2.2	Tela Geotextil para Refuerzo de la Subrasante .....	62
5.2.3	Recebo de Capas de Rodadura y Bermas Granulares .....	62
5.2.4	Reparación de la Calzada con Material Integral.....	63
5.3	Cambio de Estándar .....	64
5.3.1	Cambio de estándar de tierra a ripio .....	64
5.3.2	Cambio de estándar de ripio a pavimento .....	64
<b>CAPITULO 6</b>	<b>PROPUESTA DE APLICACIÓN METODOLÓGICA A UNA MUESTRA DE DOS CAMINOS EN TRES DIRECCIONES REGIONALES DE VIALIDAD, PARA SU ANÁLISIS Y EVALUACIÓN .....</b>	<b>65</b>
6.1	Propuesta de Aplicación Metodológica .....	65
6.2	Selección de los Tramos.....	65
6.2.1	Clima.....	66
6.2.2	Tránsito .....	66
6.2.3	Estado inicial .....	66
6.3	Zonas y Unidades de Muestreo .....	67
6.4	Inspección de Deterioros .....	67
6.5	Límites de Intervención Adoptados .....	68
6.6	Asignación de Acciones de Conservación .....	68
6.7	Criterios para la Asignación de Acciones de Conservación.....	69
6.8	Resultados Obtenidos .....	69
6.9	Análisis y Evaluación .....	70
<b>CAPITULO 7</b>	<b>RESUMEN DE LA POLÍTICA .....</b>	<b>71</b>

## **CAPITULO 0 PROLOGO**

El presente documento consolida las diversas tareas realizadas con el objetivo de conformar la “Política de Conservación de Caminos no Pavimentados”, correspondiente a la Etapa 3 y última, según lo acordado en el marco de los compromisos suscritos por el Director de Vialidad, para el cumplimiento del Convenio de Desempeño de la alta Dirección Pública.

Centrándose principalmente en la conservación de la calzada, la política propuesta fue elaborada a partir del análisis de la información existente, de un estudio relacionado con modelos de deterioro de caminos no pavimentados, que llevó a cabo de la Dirección de Vialidad el año 2008 y de la consulta a las distintas direcciones regionales. Con esto, ha sido posible plasmar una política sustentada en la experiencia de los profesionales de esta Dirección y sobre desarrollos metodológicos acordes a los criterios imperantes actualmente en países que están en la vanguardia de la gestión de carreteras y principalmente en lo relativo al tratamiento de los caminos no pavimentados.

En este sentido, el siguiente paso debiera dirigirse hacia la implementación gradual de la política planteada, analizando y evaluando los efectos sobre el estado de las calzadas no pavimentadas, reconociendo las dificultades y proponiendo las mejoras necesarias.

Respecto de la experiencia de las Direcciones regionales, es digno destacar los resultados de las encuestas realizadas a las oficinas regionales de conservación, los cuales permitieron recabar una lista de inquietudes, propuestas y aspectos a mejorar que se han utilizado para definir esta política.

## **CAPITULO 1 OBJETIVOS DE LA POLÍTICA**

Tal como lo planteado para los caminos pavimentados y caminos básicos, la presente política de conservación para caminos no pavimentados, constituye una propuesta que permite orientar y apoyar la labor del mantenimiento de las calzadas de ripio y tierra que administra la Dirección de Vialidad, sobre un sustento teórico, técnico y práctico que considera, por una parte, el análisis del comportamiento de las carpetas granulares sometidas a las condiciones climáticas y de cargas de tránsito, y por otra, a través del diagnóstico de la situación actual en las DRVs, da cuenta de aquellos aspectos que pueden ser mejorados para hacer más eficaz y eficiente la gestión de los departamentos regionales de conservación.

En lo particular los principales objetivos de esta política son:

- ✓ Dar cuenta de los principales aspectos que son reconocidos por las oficinas regionales de conservación a lo largo del país, cuya revisión, análisis y evaluación permita conducir a mejorar la gestión de la conservación de la red vial no pavimentada
- ✓ Dar a conocer la estructura organizacional actual de la Dirección de Vialidad para enfrentar la conservación de la red vial de caminos no pavimentados
- ✓ Describir las actuales modalidades y acciones de conservación que la DV aplica sobre los caminos no pavimentados
- ✓ Mostrar el actual modelo de gestión de conservación de caminos no pavimentados
- ✓ Describir los principales deterioros en caminos no pavimentados
- ✓ Dar a conocer un nuevo parámetro técnico (ICNP) para la determinación del estado de calzadas de ripio y tierra
- ✓ Definir estándares de conservación en caminos no pavimentados
- ✓ Proponer una política de conservación de calzadas no pavimentadas sobre la base de criterios técnicos

## **CAPITULO 2 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En este capítulo se da a conocer un diagnóstico de la situación actual de la Dirección de Vialidad, en aspectos relacionados con la conservación de caminos no pavimentados, mostrando la actual estructura organizacional de la Subdirección de Mantenimiento, con cada una de sus dependencias, con su dotación de personal, la estructura organizacional de las Direcciones Regionales y la manera como se asigna el presupuesto anual en conservación a las DRV.

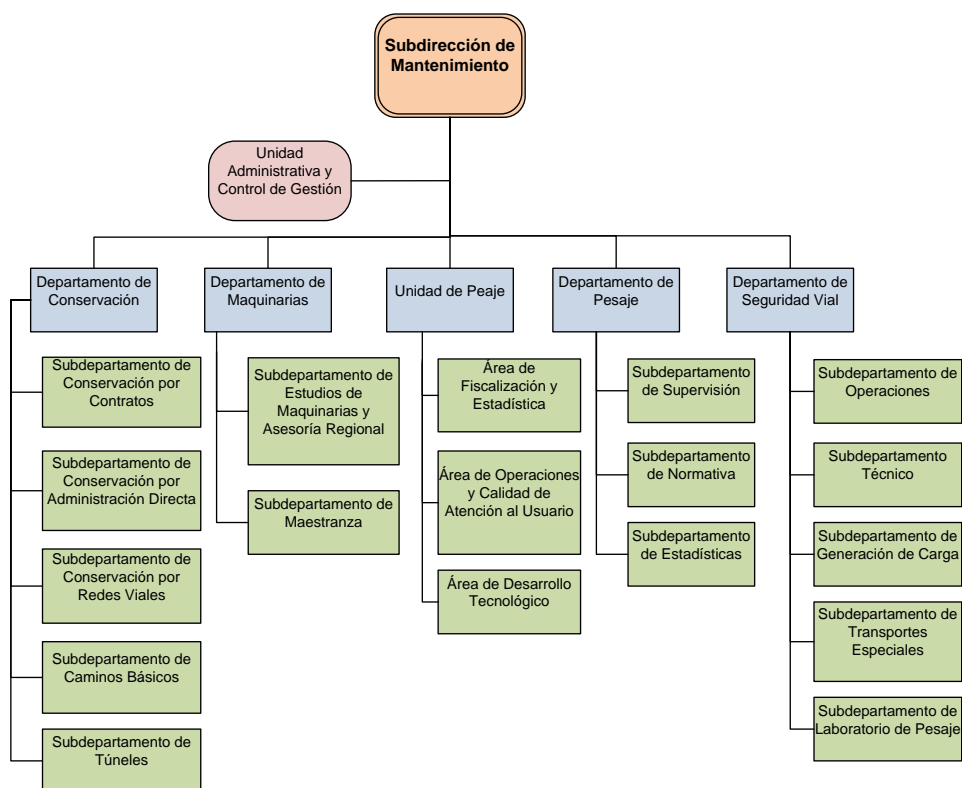
Por otra parte se presentan las distintas modalidades de conservación actualmente en ejecución, se esboza un modelo de gestión de conservación, los actores que intervienen, las acciones de conservación que se aplican sobre las calzadas no pavimentadas, la metodología de inspección de los deterioros, los resultados de una encuesta realizada a los encargados regionales de conservación que pueden ser muy útiles en el proceso de mejora continua de la gestión y finalmente, a modo de ejemplo, se muestran algunos costos de actividades de mantenimiento.

### **2.1 Funciones de la Subdirección de Mantenimiento**

De acuerdo al DS N°79 del 02.02.2004 del MOP, que establece la estructura organizacional de la Dirección de Vialidad, incluyendo las Subdirecciones y Departamentos del Nivel central, la Subdirección de Mantenimiento tiene dentro de sus funciones dirigir, planificar, supervisar y evaluar la conservación de la red vial existente, estableciendo normas y procedimientos para el logro de objetivos en la materia tanto en la realización de obras ejecutadas por administración directa como mediante contratos tradicionales, globales u otras modalidades. Adicionalmente en el RES (exento) DV N° 1784 tramitado el 28/04/2005, se establece la estructura funcional de la Subdirección de Mantenimiento y define funciones de sus Departamentos dependientes (y de sus subdeptos).

De acuerdo a lo anterior, la Subdirección de Mantenimiento se organiza de la siguiente manera:

Figura N°2.1 Organigrama de la Subdirección de Mantenimiento



### 2.1.1 Dotación de Personal de la SDM

Actualmente la Subdirección de Mantenimiento cuenta con la siguiente dotación de personal:

Tabla N°2.1 Dotación de Personal de la Subdirección de Mantenimiento

Departamento/Unidad de Desempeño	Contrata	Planta	Obrero	Honorario	Total
Conservación	20	10	3	2	35
Maquinaria	37	25	19		81
Pesaje	16	29	6		51
Seguridad Vial	9	1	0	1	11
Peaje	8	28	3		39
Subdirección	3	1	0		4
U. Adm. Y Control de G.	3		0		3
<b>Total</b>	<b>96</b>	<b>94</b>	<b>31</b>	<b>3</b>	<b>224</b>

## 2.1.2 Dependencias de la SDM

### 2.1.2.1 Departamento de Conservación

El Departamento de Conservación tiene por funciones principales las de proponer las necesidades de presupuesto; distribución y elaboración de programas anuales priorizados de obras de conservación de la red vial, básica, comunal primaria y comunal secundaria; coordinando con las Direcciones Regionales y las Subdirecciones del Nivel Central y planificar, organizar, coordinar y controlar la conservación del patrimonio vial en uso, conforme a normas y metodologías propias, tanto en el corto, mediano como largo plazo.

### 2.1.2.2 Departamento de Maquinarias

El Departamento de Maquinarias tiene por funciones principales las de coordinar normativas y procedimientos para el uso óptimo y disponibilidad del parque de vehículos, maquinarias y equipos a nivel nacional; supervisa y evalúa la gestión del uso de maquinarias de las Direcciones Regionales de Vialidad y participa en la evaluación para las renovaciones, readecuaciones y distribución de maquinarias, vehículos y equipos para la conservación por administración directa de la Dirección de Vialidad. En la actualidad, la maquinaria y equipos existentes en la Dirección de Vialidad están orientadas principalmente a la conservación por administración directa de caminos no pavimentados, ejecutando preferentemente operaciones de reperfilado, recebo de carpetas granulares, limpieza de la faja y despeje de nieve en alrededor de 30.000 km de red vial. El despeje de nieve, como parte de las operaciones invernales resulta relevante para mantener la conectividad tanto a nivel nacional como internacional de todo el territorio. Maquinarias y personal altamente calificado trabajan en forma continua para que los caminos estén siempre habilitados y con los estándares de seguridad apropiados para los usuarios.

Figura N°2.2 Parque de Maquinarias Existente

Camiones planos	Camiones aljibe	Excavadoras
Camiones tolva	Camiones salero y pala	Bulldozer
Camiones regador de asfalto	Camión grúa	Rodillos compactadores
Camiones barre nieve	Grúa hidráulica	Pinta banda
Camión deflectómetro	Motoniveladoras	Tractor – destrozadores
Camiones estanque de combustible	Pavimentadora de asfalto	Reparadora pavimentos
Camiones tractor y rampa.	Cargadores frontales	Barre nieve autónomo
Retrocargadores	Fresador sobre cargador	Equipos Especiales





Bulldozer



Distribuidor de Gravilla Autopropulsada



Motoniveladora equipada con espolón central y hoja lateral para despeje de nieve



Reciclador de Carpeta Granular



Transportador de Emulsión



Equipo Deflectómetro

### **2.1.2.3 Departamento de Pesaje**

El Departamento de Pesaje tiene por funciones principales las de: administrar las plazas de pesaje fijas y móviles, normando y elaborando procedimientos para optimizar su operación y mantenimiento de equipos e infraestructura.

Difundir normas legales para los sistemas de control de peso, revisar y aprobar proyectos de pesaje y fiscalizar disposiciones legales de pesaje en empresas generadoras de carga.

Autorizar el transporte de vehículos con cargas especiales, en cuanto a dimensión y/o peso excesivos.

### **2.1.2.4 Departamento de Seguridad Vial**

El Departamento de Seguridad Vial tiene por funciones principales las de: supervisar la seguridad vial de las carreteras nacionales, incluyendo las concesionadas, para proponer planes y programas de mejoramiento, y actualizar y proponer la normativa técnica de seguridad vial.

Mantener un registro estadístico de la accidentabilidad en las carreteras nacionales.

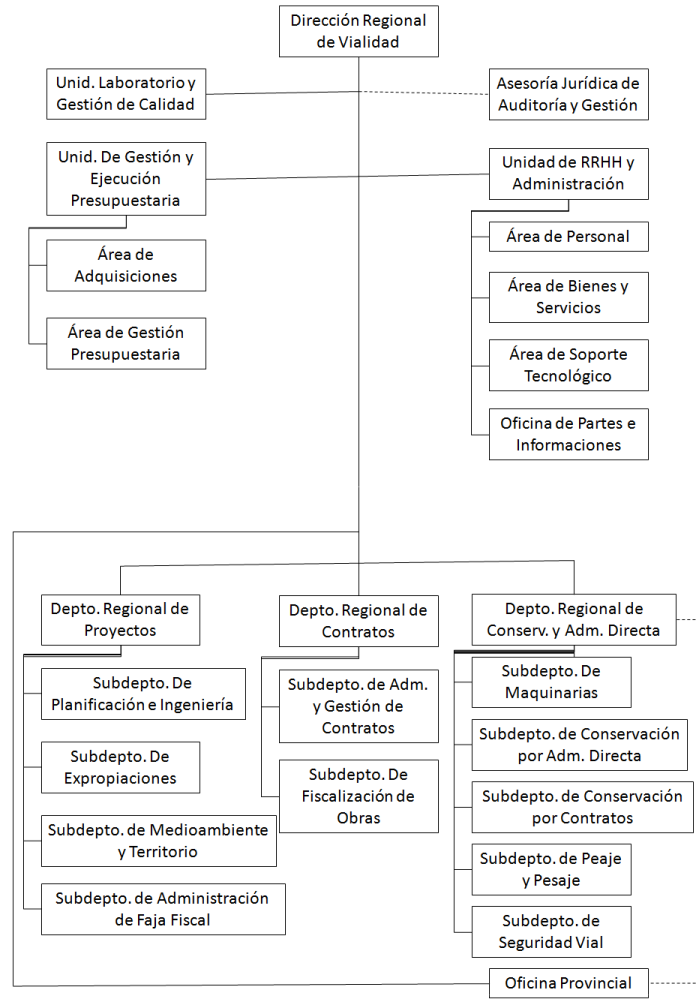
### **2.1.2.5 Unidad de Peaje**

La Unidad de Peaje tiene por función principal la de administrar las plazas de peaje de la Dirección de Vialidad.

## **2.2 Estructura Organizacional de las Direcciones Regionales de Vialidad**

De acuerdo a lo establecido en la Resolución DV N°1961 de fecha, las Direcciones Regionales de Vialidad se estructuran según muestra la siguiente figura:

**Figura N°2.3 Organigrama de la Direcciones Regionales de Vialidad**



### 2.3 Distribución del Presupuesto en Conservación

Cada año la Dirección de Vialidad distribuye el presupuesto anual asignado por el Ministerio de Hacienda, entre las inversiones destinadas a obras específicas y a las de conservación de la red vial.

En el Nivel Central, la Subdirección de Mantenimiento realiza la labor de distribuir el presupuesto destinado a la conservación de acuerdo a cada modalidad (administración directa, periódica y globales), a todas las Direcciones Regionales de Vialidad. Dicha distribución se realiza, principalmente de acuerdo al siguiente criterio:

- Presupuesto asignado el año anterior.
- Asignación según modelo HDM-4
- Longitud de la red regional

## 2.4 Características de la Red No Pavimentada

La red vial que actualmente administra la Dirección de Vialidad tiene una longitud total de 77.764 kilómetros distribuidos a lo largo de todo el país. Estos se distribuyen regionalmente y según tipo de carpeta de rodadura, según se muestra en la siguiente tabla:

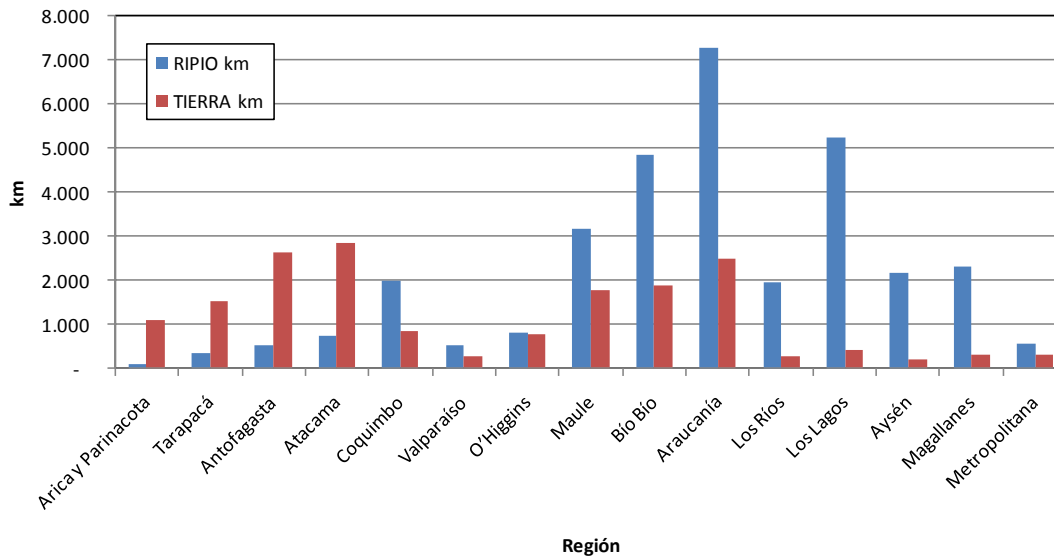
**Tabla N°2.2 Red Vial Nacional (diciembre 2010)**

REGIÓN	RED VIAL PAVIMENTADA					RED VIAL NO PAVIMENTADA				Total
	Asfalto	Hormigón	Asf./Horm.	Asf./Ripio	Horm./Ripio	Caminos Básicos		Ripio	Tierra	
						Capa Protección	Granular Estabilizado			
I	989	0	0	0	0	48	369	370	1.553	<b>3.329</b>
II	1.767	3	0	0	0	79	615	536	2.644	<b>5.644</b>
III	1.001	5	0	0	0	116	2.131	745	2.872	<b>6.870</b>
IV	1.245	46	9	0	0	49	767	2.014	845	<b>4.975</b>
V	1.087	232	26	0	0	970	0	548	298	<b>3.161</b>
VI	1.080	148	40	0	0	595	0	826	782	<b>3.471</b>
VII	1.410	153	89	0	0	108	465	3.173	1.786	<b>7.184</b>
VIII	1.954	204	30	0	0	214	120	4.872	1.878	<b>9.272</b>
IX	1.396	117	101	0	0	256	361	7.272	2.502	<b>12.005</b>
X	1.263	156	50	0	0	251	1	5.261	445	<b>7.427</b>
XI	220	154	0	0	0	20	120	2.182	203	<b>2.899</b>
XII	27	531	0	0	0	79	202	2.309	309	<b>3.457</b>
RM	1.110	264	53	0	0	673	6	558	314	<b>2.978</b>
XIV	592	43	101	0	21	102	0	1.946	290	<b>3.095</b>
XV	431	0	0	0	0	34	309	108	1.115	<b>1.997</b>
<b>Total</b>	<b>15.572</b>	<b>2.056</b>	<b>499</b>	<b>0</b>	<b>21</b>	<b>3.594</b>	<b>5.466</b>	<b>32.720</b>	<b>17.836</b>	<b>77.764</b>

Fuente: Depto. de Gestión Vial – D.V.

De acuerdo a la tabla anterior, la red vial no pavimentada tiene una longitud de 50.556 kilómetros, 32.720 km corresponden a caminos de ripio y 17.836 km a caminos de tierra. La figura siguiente muestra la distribución de la red vial no pavimentada según región y tipo de carpeta de rodadura:

**Figura N°2.4 Distribución Regional de la Vial No Pavimentada según Tipo de Carpeta de Rodadura (diciembre 2010)**



## 2.5 Modalidades de conservación y sus características

Las modalidades de ejecución de obras de conservación, aplicadas a los caminos no pavimentados, son las siguientes:

### 2.5.1 Conservación por Administración Directa

Es el mantenimiento que se realiza en los caminos utilizando recursos propios de la Dirección de Vialidad (capital, maquinarias, equipos, materiales y mano de obra perteneciente a las vialidades provinciales y/o regionales).

### 2.5.2 Contratos Globales de Conservación

En cada contrato se incluye una red de caminos, cuya longitud total alcanza, en general, entre 400 y 500 km. Las operaciones, previamente definidas en cuanto a tipo y cantidades de obra por ejecutar, se contratan a serie de precios unitarios. El procedimiento se utiliza para que se realicen operaciones prioritariamente rutinarias y periódicas y en caminos con diferentes tipos de carpeta de rodadura. Su plazo de ejecución es de 1 ó 2 años.

### 2.5.3 Contratos Globales Mixtos de Conservación (por Niveles de Servicio CG-NS)

Corresponden a una modalidad adicional de contratos de conservación de redes que contemplan la conservación de una parte de los elementos de la infraestructura vial, bajo la modalidad de Conservación Global a Precios Unitarios, y otra parte de los elementos, por estándares o niveles de servicio, a Suma Alzada.

Estos contratos, en general tienen un plazo de 4 años, y hasta la fecha estaban orientados a la conservación de redes pavimentadas. Sin embargo, actualmente se están incorporando caminos no pavimentados.

Los principales elementos o componentes de la infraestructura vial que se conservan por estándares o niveles de servicio son: calzada, bermas, demarcación, seguridad vial, saneamiento y faja vial.

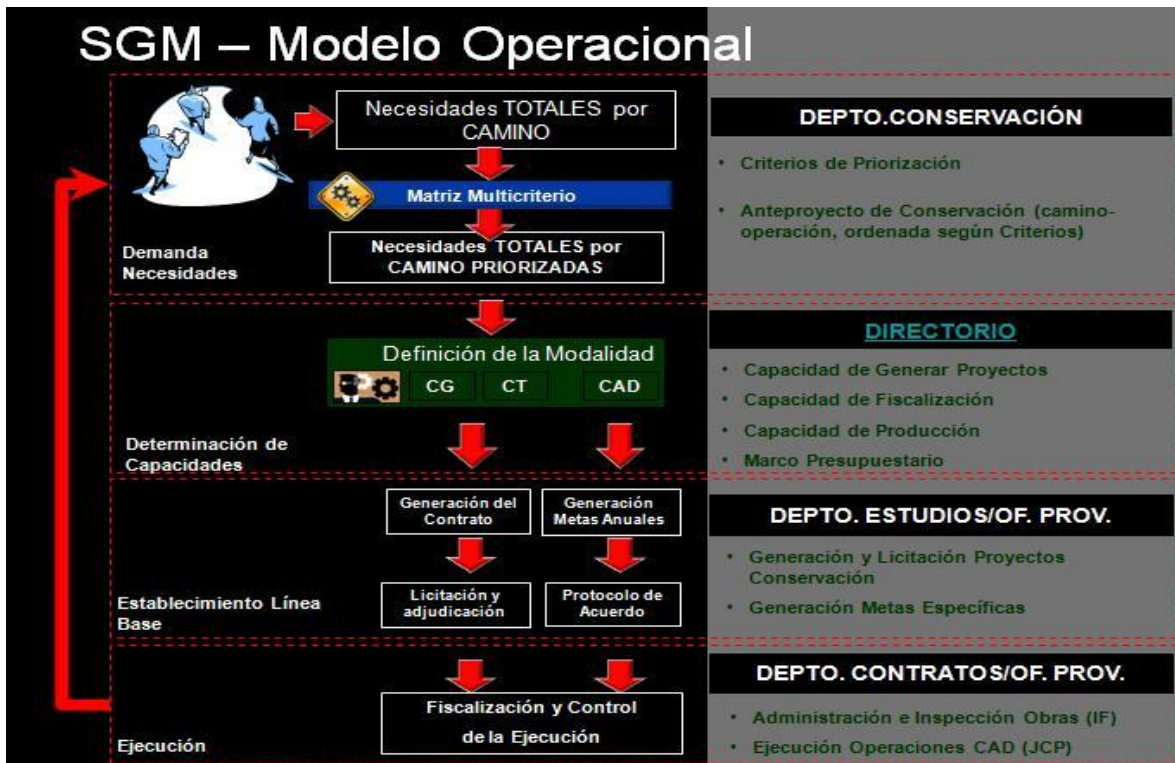
#### **2.5.4 Conservación por Contratos Individuales -Tradicionales o Periódicos**

En esta modalidad las Direcciones Regionales de Vialidad mediante contratos de ejecución de obras, entregan el mantenimiento de caminos o tramos de caminos de la red vial bajo su jurisdicción a Empresas Contratistas. Estos contratos especifican las operaciones por realizar y las cantidades asociadas a cada una de ellas. Normalmente en este tipo de contrato se incluyen, de manera importante, operaciones de conservación periódica. En general el plazo de ejecución de los contratos bajo esta modalidad es menor a un año, habitualmente tienen una duración entre 3 y 6 meses, y se rigen administrativamente por el Reglamento para Contratos de Obras Públicas (R.C.O.P.).

#### **2.6 Modelo Actual de Gestión de Conservación de Caminos no Pavimentados**

En la actualidad la Dirección de Vialidad lleva a cabo el mantenimiento de la red vial de caminos no pavimentados, a través de las Direcciones Regionales de Vialidad en conjunto con el Nivel Central. La figura siguiente muestra de manera esquemática el modelo de gestión asociado:

Figura N°2.5 Modelo de Gestión de Conservación de Caminos No Pavimentados



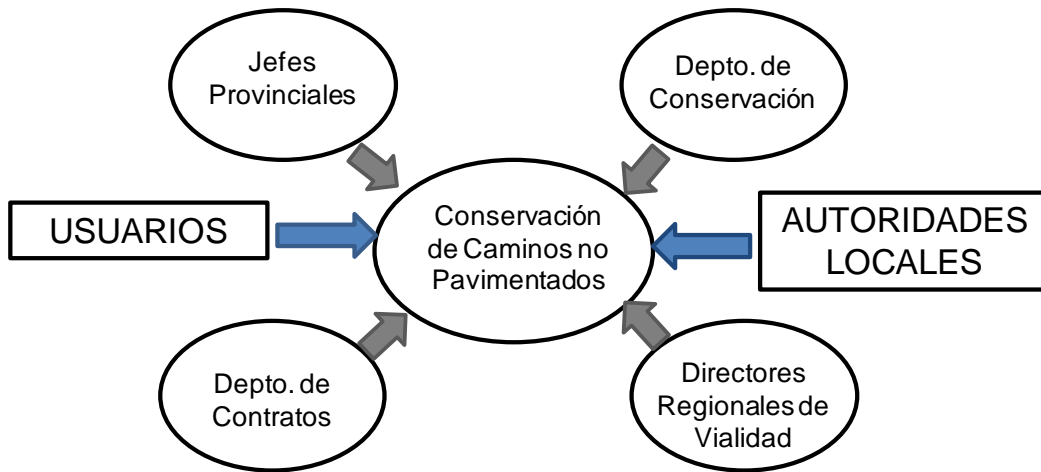
## 2.7 Actores que intervienen en la Conservación de la Red Vial no Pavimentada

Para llevar a cabo la conservación de caminos no pavimentados intervienen generalmente el Subdirector de mantenimiento, los Jefes de Departamentos y Subdepartamento y visitadores del NC y los Directores Regionales de Vialidad, con los jefes y profesionales de todos sus departamentos, Subdepartamento y unidades, incluidos Inspectores fiscales y jefes provinciales

Adicionalmente, intervienen Autoridades Regionales y locales así como usuarios y habitantes en torno a estos caminos

La siguiente figura representa los principales actores que intervienen en la conservación de caminos no pavimentados:

Figura N°2.6 Actores involucrados en la conservación de caminos no pavimentados



A partir de las respuestas elaboradas por los Departamentos de Conservación Regionales a lo largo del país, se pudo constatar que en general la conservación de caminos no pavimentados en las DRV, está a cargo principalmente de los departamentos de conservación, apoyada por las oficinas provinciales (administración directa) y departamentos de proyectos. La fiscalización está a cargo de los departamentos de contratos.

## 2.8 Operaciones de Conservación en Caminos No Pavimentados

Las operaciones de conservación que se realizan sobre la calzada de caminos no pavimentados, definidas en el volumen 7 del Manual de Carreteras, son las siguientes:

### 2.8.1 Reperfilado de la Calzada

Es la operación de conservación del tipo rutinaria que se realiza para reconfigurar la plataforma de los caminos de grava o tierra, a su condición de diseño o a un diseño mínimo. Esta se puede llevar a cabo con o sin compactación. Eventualmente, incluye la adición de materiales plásticos para mejorar la cohesión, así como la incorporación de sales para la estabilización de suelos.



**Figura N°2.7 Reperfilado de la Calzada**



Reperfilado Simple



Reperfilado con Compactación

### **2.8.2 Reparación de Áreas Inestables**

Es la operación de conservación del tipo rutinaria que se realiza para eliminar baches aislados o zonas de baches en carpetas granulares, a objeto de restablecer las condiciones originales de la superficie. Eventualmente puede incluir la adición de estabilizador.

### **2.8.3 Bacheo de Capas de Rodadura Granulares**

Es la operación de conservación del tipo rutinaria que se realiza para eliminar baches aislados o zonas de baches en carpetas granulares, a objeto de restablecer las condiciones originales de la superficie. Eventualmente puede incluir la adición de estabilizador.

**Figura N°2.8 Bacheo de Calzada Granular**



#### **2.8.4 Recebo de Capas Granulares de Rodadura**

Es la operación de conservación del tipo periódica que se realiza para reconfigurar la plataforma granular a una condición cercana a la original de diseño, mediante la adición de material granular en reemplazo del aquel que se ha perdido. Eventualmente puede incluir la adición de suelo plástico, así como de un estabilizador.

**Figura N°2.9 Recebo de Calzada Granular**



#### **2.8.5 Reparación de la Calzada con Material Integral**

Es la operación de conservación del tipo rutinaria que se realiza para rellenar reventones profundos existentes en el camino. Eventualmente puede emplearse para levantar la rasante, si así es requerido.

**Figura N°2.10 Reparación de la Calzada con Material Integral**



### **2.9 Campaña de Inspección de Deterioros de Caminos no Pavimentados**

Anualmente, las Direcciones Regionales de Vialidad realizan una campaña de catastro del estado de los activos viales, en la cual está contemplado además, evaluar la condición de la carpeta de rodadura en base a una metodología determinada. La siguiente tabla muestra los deterioros que son considerados en dicha evaluación:

**Tabla N°2.3 Daños de la Calzada no Pavimentada Contemplados en el “Instructivo – Inventario para la Conservación Vial**

Numeral	Objetivo
2.12 Baches en Calzada No Pavimentada (NB)	Evaluar la condición de la calzada no pavimentada en relación a la presencia de baches que comprometen la integridad estructural de rodado y generan actividades de mantenimiento en el corto plazo. Esta evaluación se realizara sólo para calzada con carpeta de rodadura granular.
2.13 Deformación en Calzada No Pavimentada (D9)	Evaluar la condición de la calzada no pavimentada en relación a la presencia de deformaciones tales como: ahuellamiento, calaminas, surcos.
2.14 Distorsión del Perfil Transversal en Calzada No Pavimentada (D10)	Evaluar la condición de la calzada no pavimentada en relación a la distorsión que presenta el perfil transversal y su directa relación con el drenaje de las aguas que escurren sobre la superficie de rodadura.
2.15 Serviciabilidad de la Calzada No Pavimentada (D11)	Caracterizar la calidad funcional o de servicio de la calzada no pavimentada en relación a su aceptación por parte del usuario Pretende calificar, en definitiva, el grado de confort o de seguridad que experimenta el usuario al transitar en la vía.

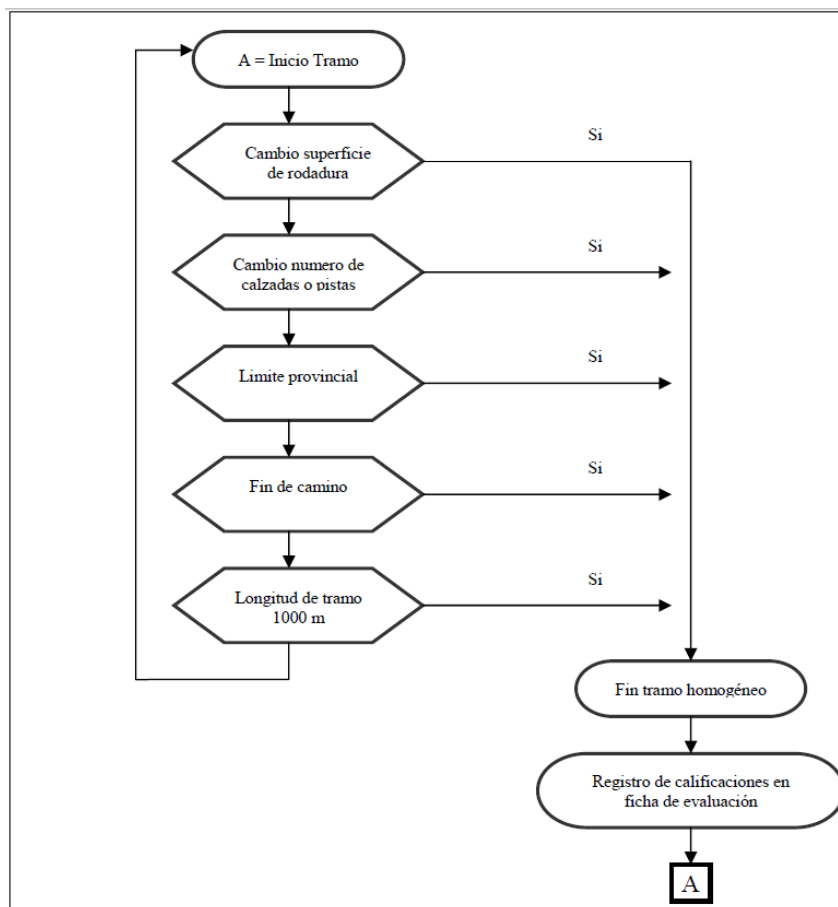
Fuente: Instructivo – Inventario para la Conservación Vial, Dirección de Vialidad - Departamento de Conservación Vial, MOP.

El “Instructivo – Inventario para la Conservación Vial”, establece en forma genérica para su aplicación en su numeral 2.4, Tramificación para la evaluación de la plataforma, lo siguiente:

*“Una vez identificada la vía donde se realizará la evaluación de estado de la plataforma, se deberá tramificar dicha vía de acuerdo a los criterios que serán planteados a continuación. La determinación de tramos homogéneos se deberá realizar a medida que se avanza en el levantamiento de datos, es decir, primero se debe determinar un tramo homogéneo y luego se debe evaluar dicho tramo según lo establecido.”*

Posteriormente, el instructivo considera cada km del camino como tramo homogéneo para la evaluación, a menos que se presenten cambios en la carpeta de rodadura, cambios en el número de calzadas o pistas, o simplemente se llegue a un límite provincial o término del camino. En la siguiente figura se detalla el flujograma para la definición de tramos homogéneos:

**Figura N°2.11 Flujograma para la Definición de tramos Homogéneos establecida en el Instructivo Inventario para la Conservación Vial**



## 2.10 Resultados de la Encuesta Formulada a las Direcciones Regionales de Vialidad

Los siguientes capítulos dan cuenta de los principales aspectos de la conservación de caminos no pavimentados, recogidos a partir de la experiencia de los Departamentos de Conservación regionales a lo largo del país. Dicha experiencia fue recabada sobre la base de las respuestas a una encuesta, entregadas por gran parte de las unidades encargadas de la conservación de cada Dirección Regional de Vialidad.

### 2.10.1 Materiales, Maquinaria y Técnicas Empleadas en la Conservación de Caminos no Pavimentados

Según lo informado por los Departamentos de Conservación regionales consultados, las acciones de conservación que se aplican en la mayoría de los casos, según modalidad son las siguientes:

Por administración directa las principales acciones de conservación son el reperfilado simple, con riego y con compactación, recebo granular y reciclado de carpetas granulares.

En este ámbito vale destacar que en la Región de Atacama desde hace más de 10 años se viene implementando un plan de reposición de carpetas granulares, a través de su estabilización con cloruro de magnesio conocido como “bischofita”. En todo caso, este tipo de conservación entra en la categoría de las soluciones básicas que no es cubierta por la Política de Conservación de Caminos no Pavimentados, motivo de este informe.

Por contratos específicos las principales acciones de conservación en este ámbito, son los recibos de carpetas granulares.

Por los contratos globales las principales acciones de conservación son los recibos granulares y reperfilados, simples y con compactación. En algunas regiones también se ejecutan bacheos granulares por esta modalidad.

Por contratos globales mixtos las principales acciones de conservación son los recibos granulares y reperfilados, simples y con compactación.

Cabe señalar que fuera de las acciones de conservación aplicadas directamente sobre las calzadas granulares, existe un sinnúmero de otras actividades necesarias para otorgar un nivel de servicio mínimo a los usuarios, tales como: limpieza de faja, limpieza de fosos, saneamiento, terraplenes, excavación de corte en terreno de cualquier naturaleza, excavación en roca para ensanche puntual de la plataforma, construcción de alcantarillas, construcción de cajones, cunetas en tierra y revestidas, fosos en tierra y revestidos, badenes, muros, obras de seguridad vial (reposición y limpieza de señales y defensas camineras), gaviones, refugios peatonales, reconstrucción de puentes de madera, despeje de nieve, esparcido de sal, relleno de erosiones, entre otras.

La maquinaria utilizada para la conservación de las carpetas de rodadura granular son principalmente: motoniveladoras, cargadores frontales, camiones tolva, camiones aljibe, rodillos compactadores y recicladores de carpeta granular.

**Figura N°2.12      Reciclador de Carpeta Granular**



Las técnicas empleadas actualmente por las distintas Direcciones Regionales del país, para conservar las carpetas no pavimentadas son: reperfilado (simple, con y sin riego, y con compactación), bacheo de carpetas granulares, relleno de erosiones, recibos, recibos con porcentaje de material chancado, recibos con incorporación de estabilizador asfáltico y reciclado de carpetas granulares.

### **2.10.2 Frecuencia de la conservación**

La conservación de caminos no pavimentados se realiza con una frecuencia que depende directamente de la prioridad asignada a cada camino o tramo de camino. Esta queda supeditada a criterios propios de cada Dirección Regional, y que por lo general se relacionan con el nivel de tránsito, con la presencia de población aledaña, aspectos estratégicos y de los recursos disponibles, entre otros.

### **2.10.3 Criterios utilizados para decidir dónde, cuándo y de qué manera conservar**

De acuerdo a lo señalado por los Departamentos de Conservación regionales, en la mayoría de los casos la conservación de los caminos no pavimentados se ejecuta de manera programada, con al menos 6 meses de antelación, salvo en los casos donde debido a los altos niveles de precipitación, se reprograman las obras dentro del año.

En algunos casos se actúa por respuesta, pero más bien entendiéndose ésta como una reacción frente a la aparición de deterioros imprevistos.

### **2.10.4 Cobertura de la Conservación de Caminos no Pavimentados (total y según modalidad)**

De los antecedentes recabados en los Departamentos de Conservación regionales, se infiere que la cobertura de la conservación de caminos no pavimentados es muy variable. Varía desde un 20% hasta casi un 90%, con un promedio cercano al 46%.

### **2.10.5 Detección de las Dificultades más Importantes**

Frente a la consulta respecto de cómo se ordenarían, de mayor a menor importancia, las principales causas del déficit en conservación de caminos no pavimentados, se estableció la siguiente lista jerarquizada:

- Falta de presupuesto
- Falta de recursos para detectar necesidades proactivamente
- Falta de recursos para elaborar los proyectos de conservación
- Desconocimiento o debilidad en el uso de herramientas que permitan optimizar el uso de los recursos en conservación
- Requerimiento de mayores recursos para inspeccionar las obras de conservación
- Uso no sistematizado de criterios de priorización

- Falta mayor capacitación
- Baja gestión regional para conseguir otros recursos de aporte con empresas privadas, municipios, gobiernos regionales, entre otros.

### **2.10.6 Factores que influyen en los deterioros de caminos no pavimentados**

Frente a la consulta hecha respecto de la posible predictibilidad de los deterioros y los factores que los afectaría, las respuestas coincidieron en que, efectivamente los deterioros presentes en las carpetas granulares obedecerían a patrones posibles de predecir, en función principalmente de: tipo y cantidad de flujo vehicular (TMDA), geografía, altitud, efectos climáticos, tipo de material de la carpeta, pérdida de cohesión, pérdida de humedad, pérdida de material por las acciones de reperfilado, entre otros.

Por otra parte otro factor reconocido por algunas regiones, que afectan a la conservación oportuna (frecuencia adecuada de recargue de las carpetas), es la excesiva distancia de los pozos de empréstito.

Un dato interesante recabado en relación al origen de los deterioros, es el porcentaje que influiría en éstos la calidad de construcción y conservación de las carpetas de rodadura granulares. Según la región, éste varía entre un 50% a un 95%, y se puede ver incrementado debido a la falta de saneamiento.

### **2.11 Medidas para Mejorar la Conservación de los Caminos no Pavimentados**

Frente a la consulta sobre medidas necesarias para mejorar la conservación de caminos no pavimentados, las principales respuestas fueron las siguientes:

- Para el caso de la Administración Directa, tener un mayor control en terreno de las operaciones a ejecutar, mayor capacitación e inducción a las cuadrillas, apoyo topográfico y de laboratorio.
- En los contratos tradicionales, planificar convenientemente las rutas a conservar, teniendo presente las características particulares de cada región.
- Tener especificaciones técnicas de conservación que se ajusten a las necesidades del camino por sector y que estén de acuerdo a las condiciones climáticas de cada las zonas donde se aplique, no enmarcar especificaciones por región sino por zonas. Ejemplo, en la región de Atacama, la pluviometría es casi nula en la zona costera e intermedia. Sin embargo, sobre los 3.000 metros de altura s.n.m., todos los años tenemos precipitaciones de agua y nieve.
- Sectorizar el camino según el deterioro que presenta y aplicar la operación de conservación adecuada para cada sector, tendiendo a tener una carpeta homogénea en granulometría y nivel de deterioro en el tiempo.

- Aumentar el control de las operaciones que se ejecutan, para garantizar la calidad de los trabajos y la duración esperada, lo que influye notablemente en el uso adecuado de los recursos destinados a la conservación.
- Capacitar a los Inspectores fiscales y jefes de conservación provinciales sobre el nivel de las actuaciones que deben realizar en los distintos sectores de los caminos y la forma de tener un control efectivo.
- Establecer y/o incentivar el uso criterios de priorización de las operaciones de conservación
- Priorizar la intervención para obtener un buen sistema de drenaje y saneamiento y un adecuado perfil transversal del camino, con un buen bombeo para evacuar rápidamente el agua de la superficie. Para luego , proceder con la aplicación de operaciones relacionadas con la carpeta de rodadura y su protección
- Aumentar de manera continua la cobertura de conservación de las carpetas de rodadura, interviniendo de manera priorizada de manera de disminuir los caminos de tierra y segundo la mantención de éstas. Lo anterior significa una elevada inversión para lograr el primer objetivo, el que debiera ser abordado a través de las tres modalidades de conservación Administración Directa contratos tradicionales y globales de conservación.
- Implementar análisis y/o estudios de ruta ordenadas por la Dirección de Vialidad y determinar las mejoras vías estructuradas para caminos con tráficos más pesados.
- Continuar con la aplicación del concepto Nivel de Servicio (NS) en Caminos no Pavimentados, a través de los Contratos Globales Mixtos, obteniendo caminos en mejores condiciones y con la frecuencia de conservación necesaria. Por ejemplo, en el caso de algunas regiones se están contratando elementos a mantener, tales como:
  - a) Faja vial (limpieza de faja, retiro de basura, etc.)
  - b) Saneamiento (limpieza de fosos, cunetas, alcantarillas, etc.)
  - c) Seguridad Vial (mantención de señales verticales y defensas camineras)
- Analizar la factibilidad de ampliar el ancho de faja en aquellos caminos que, por sus características (tienen poco ancho de faja), están con problemas para poder realizar una conservación integral que involucre obras de saneamiento. Generalmente éstos son los caminos regionales comunales y de acceso, por lo tanto en este sentido para poder mejorar dichos caminos se necesita solucionar el tema de expropiaciones.



- Mejorar la planificación a mediano y largo plazo, consensuando las 3 modalidades de conservación. Para ello se están considerando tener un catastro real, total y actualizado permanentemente, que incluya las necesidades de la red de Caminos no Pavimentados.

## **2.12 Costos de las Acciones de Conservación**

Los precios unitarios de las acciones de conservación sobre las calzadas no pavimentadas varían a lo largo de todo el país. Dicha variación depende de varios factores, tales como el valor de la mano de obra, el costo del combustible, las distancias de transporte, la disponibilidad de maquinaria, estacionalidad para ejecutar obras, accesibilidad a la faena, características de los materiales, entre otros.

La Dirección de Vialidad cuenta con bases de datos anuales de precios de acciones de conservación obtenidas de las distintas modalidades de contratos, en todas las direcciones regionales. Esta información permite constatar la variabilidad de los costos antes mencionados. Por ejemplo, descartando aquellos precios que se escapan del rango de valores más recurrentes, el bacheo granular simple fluctúa entre los \$9.000 a \$13.000 el m<sup>3</sup>, el reperfilado simple entre los \$39.000 y \$70.000 el km, el reperfilado con compactación varía entre los \$250.000 y \$750.000 el km, el recebo granular simple entre los \$8.000 y \$24.000 el m<sup>3</sup> y la reparación de calzada con material integral entre los \$9.000 y \$11.000 el m<sup>3</sup>.

### **CAPITULO 3 ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE PARÁMETROS FACTIBLES DE MEDIR**

No obstante el presupuesto para la conservación de caminos ha aumentado en el último tiempo, éste sigue siendo insuficiente para proveer a los caminos no pavimentados de un nivel de servicio adecuado a las necesidades actuales de los usuarios. Sin embargo, pese a esta realidad, la Dirección de Vialidad ha venido realizando sistemáticamente esfuerzos por utilizar eficientemente los recursos disponibles, a través de la mejora continua de su quehacer, por ejemplo, en el ámbito de la gestión de la conservación ha venido desarrollando e implementado una política de conservación para sus diversas redes viales. En este caso, para la red vial no pavimentada, se está elaborando una política de conservación cuyo desarrollo se encuentra en su cuarta fase, en la cual corresponde estudiar y definir los parámetros de deterioro factibles de medir, y que comprende el conjunto de estándares de conservación para proveer a las calzadas no pavimentadas, de tierra y ripio, de un nivel de servicio acorde con los presupuestos asignados.

Por su parte, los estándares de conservación se entienden como los umbrales o límites permisibles de intervención (grados de deterioro funcional y estructural según la categoría de cada camino) y que están directamente asociadas al conjuntos de acciones de conservación, aplicadas de manera programada (niveles de TMDA o periódicamente), o por condición de respuesta. Así, una política de conservación típica sobre la calzada podría estar conformada por: conservación rutinaria (acciones que se ejecutan frecuentemente, que no afectan directamente el comportamiento de la carpeta de rodadura, como limpieza de faja y aquellas que intervienen los sistemas de saneamiento y drenaje, y de seguridad vial), bacheo granular con una tasa máxima de aplicación por año, reperfiladura simple cada cierto número de pasadas de vehículos y un recebo granular de cierto espesor, cuando el remanente llegue a un mínimo determinado.

De acuerdo a lo anterior, es necesario establecer una metodología que permita catastrar el estado de la superficie no pavimentada, ya sea cualitativa o cuantitativamente, a través de la medición de parámetros de deterioro funcional y estructural para luego evaluar el estado de las calzadas de ripio y tierra y definir criterios de intervención basados en los resultados de la evaluación.

El presente capítulo da cuenta de una propuesta de parámetros de deterioro de caminos no pavimentados factibles de cuantificar, sobre la base de los resultados de un estudio de investigación realizado por la Dirección de Vialidad, el año 2008, el cual establece además, una metodología de inspección de deterioros, define un indicador que cuantifica el estado de la superficie, se categorizan diferentes condiciones de estado en base a este indicador y finalmente se muestra un ejemplo práctico acerca de una propuesta de conservación a nivel de red

Cabe señalar que el contenido de este apartado se enfoca en los antecedentes técnicos que sustentan una alternativa de política de conservación de caminos no pavimentados. La que finalmente se adopte dependerá de otros criterios o factores como los del ámbito social, político, de la asignación de recursos, entre otros.

### 3.1 Deterioros en Caminos no Pavimentados

A partir de la información recolectada de las distintas fuentes consultadas, principalmente del estudio denominado “Modelos de Deterioro de Caminos No Pavimentados”, se reconocen los siguientes deterioros más frecuentes en calzadas no pavimentadas:

#### 3.1.1 Calaminas

Daño que se manifiesta por la pérdida de regularidad superficial debida a la aparición de ondulaciones que ocurren a intervalos regulares a lo largo del camino, debido al movimiento de la suspensión de los vehículos que transitan, causando cargas dinámicas a intervalos regulares, y como consecuencia un ondeo repetitivo de la superficie que refleja el modo de vibrar de la suspensión.

La posible causa estructural de la generación de calaminas se puede deber a la mezcla de aspectos tales como una superficie inestable, bases pobres y la excesiva humedad en la subrasante. La compactación impropia y baja estabilidad y densidad del agregado también juegan un papel como posible causa.



#### 3.1.2 Baches

Son espacios vacíos y depresiones que se forman puntualmente en la superficie que determinan fallas localizadas de la superficie de la calzada. Normalmente se explica su existencia por causas tales como: pobre drenaje, baja capacidad de soporte, baja densidad, graduación pobre, susceptibilidad térmica y fallas de la superficie por acción del tránsito.



### 3.1.3 Ahuellamiento

Depresiones a lo largo del camino sobre las huellas que dejan las ruedas de los vehículos. El ahuellamiento es causado por baja capacidad de soporte o baja densidad de la base y/o subbase, debido a una baja e inadecuada compactación del material. Los camiones pesados pueden generar ahuellamiento cuando el material de base y subbase se encuentra saturado. El agua en exceso puede causar superficies inestables y puede llevar a generar ahuellamientos.



### 3.1.4 Levantamiento de Polvo

Este tipo de problema se presenta cuando al paso de los vehículos se levantan y quedan en el aire partículas finas principalmente.



### 3.1.5 Depresiones

Las depresiones son un tipo de daño que se caracteriza por manifestarse como una depresión localizada de la superficie, y puede llegar a considerarse un daño cuando afecta notoriamente la calidad de la rodadura, o en el caso de que existan pozos de agua en la superficie, puede ocasionar serios inconvenientes a la conducción de los vehículos.

La posible causa de las depresiones puede deberse a deficiencias de la fundación, contenido excesivo de humedad, drenaje inadecuado, a problemas durante la construcción o la existencia de una superficie inestable. También, puede ser el resultado de fallas de la superficie bajo la acción del tránsito, y particularmente, debido al paso de camiones pesados cuando la base de la estructura se encuentra saturada.

### 3.1.6 Material Suelto

La rodadura con el tiempo perderá material que va soltando arena gruesa de la superficie debido a la acción del tránsito. Esto particularmente sucede debido a una muy baja plasticidad por falta de finos, por una pobre distribución de tamaños del material de la carpeta de rodadura o simplemente por una pobre compactación. La pérdida de la arena gruesa es más severa en caminos que tienen volúmenes de tránsito más altos con camiones pesados, en zonas con fuertes pendientes y trazados con muchas curvas.



### 3.1.7 Erosión

Es la pérdida de material de la superficie producida fundamentalmente por la acción agresiva del agua.



### 3.1.8 Deterioro Superficial

Es la pérdida de material y de integridad de la superficie del camino debido al medioambiente, a problemas durante la construcción o a la acción del tránsito. Este tipo de deterioro puede causar incomodidades en la conducción y problemas mayores en el futuro. Las causas principales que generan este tipo de daño se deben a una inapropiada compactación, baja capacidad de soporte y a una baja densidad de las capas de superficie y de base.

### **3.1.9 Resbalamiento**

Causado cuando la superficie de rodado contiene excesiva cantidad de agregados finos en proporción a la fracción gruesa. Adicionalmente, por acción del tránsito, se puede producir un trituramiento de los materiales más gruesos, convirtiéndolos en partículas más finas lo que ocasiona que se cambie la conformación del material de la superficie y se haga más resbaladiza.

## **3.2 Propuesta Metodológica para la Evaluación del Estado de Caminos no Pavimentados**

Las secciones siguientes dan cuenta de una propuesta para la evaluación del estado de caminos no pavimentados, a partir de una metodología para la inspección de deterioros, y de la elaboración del parámetro ICNP (Índice de Condición de Caminos no pavimentados) para caminos de ripio y tierra.

### **3.2.1 Metodología para Inspeccionar Deterioros en Calzadas no Pavimentadas**

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

La metodología está descrita en el documento denominado: “Instructivo de Inspección Visual de Caminos no Pavimentados”, el cual permite contar con una valoración cualitativa de los daños presentes en cada uno de los tramos homogéneos que componen el camino objeto de evaluación.

Adicionalmente, el instructivo de inspección visual busca dar a conocer las variables incorporadas en la inspección visual de caminos no pavimentados a nivel de Red y a nivel de Proyecto, de modo que sea posible tener una valoración objetiva de los caminos que posean esta condición.

La propuesta formulada para la auscultación visual desarrollada a través del Instructivo de Inspección Visual de Caminos no Pavimentados, incluye entre otros aspectos lo siguiente:

- Variables a registrar.
- Unidades y zonas de muestreo.
- Instrucciones para el llenado de fichas de inspección.
- Descripción de información a registrar en la ficha de inspección.
- Ficha para la inspección visual.

Particular atención merece la definición de las Unidades y Zonas de muestreo, pues éstas, sumadas a las variables a registrar, permiten dimensionar los esfuerzos requeridos para el levantamiento de los deterioros a nivel nacional.

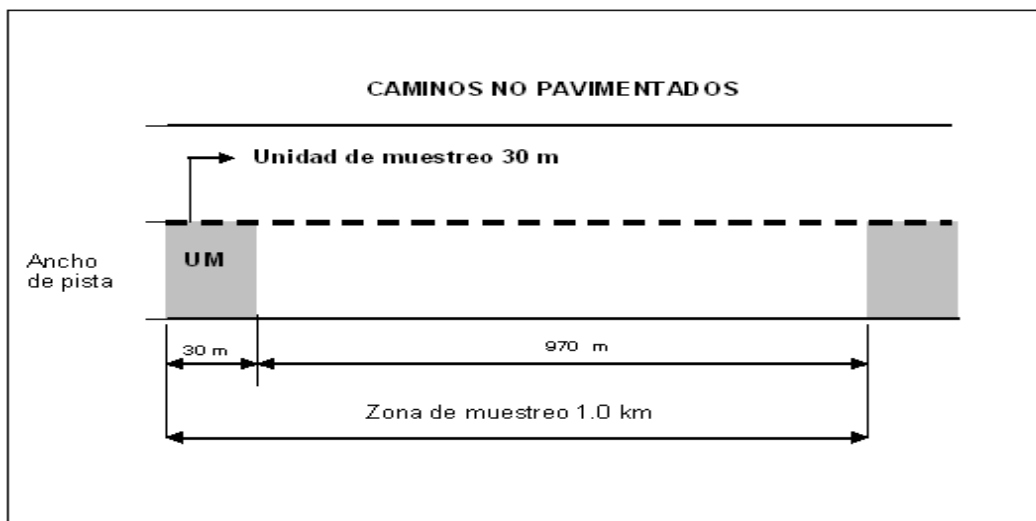
### 3.2.2 Unidades y Zonas de Muestreo

Considerando el tamaño de la red de caminos no pavimentados del país y la metodología planteada para el levantamiento de los parámetros, sería imposible recolectar oportunamente la información requerida en la totalidad de dicha red, dado el considerable tiempo y alto costo que demandaría una campaña de esta envergadura. Por tal razón se considera la subdivisión los caminos en Zonas de Muestreo de 1 km, y éstas 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.

#### 3.2.2.1 Unidades y Zonas de Muestreo para Inspección de Caminos no Pavimentados a Nivel de Red

En este caso, la metodología aconseja tomar como unidad de muestreo un área rectangular de ancho igual al ancho de la pista y de largo 30 metros en cada kilómetro inspeccionado.

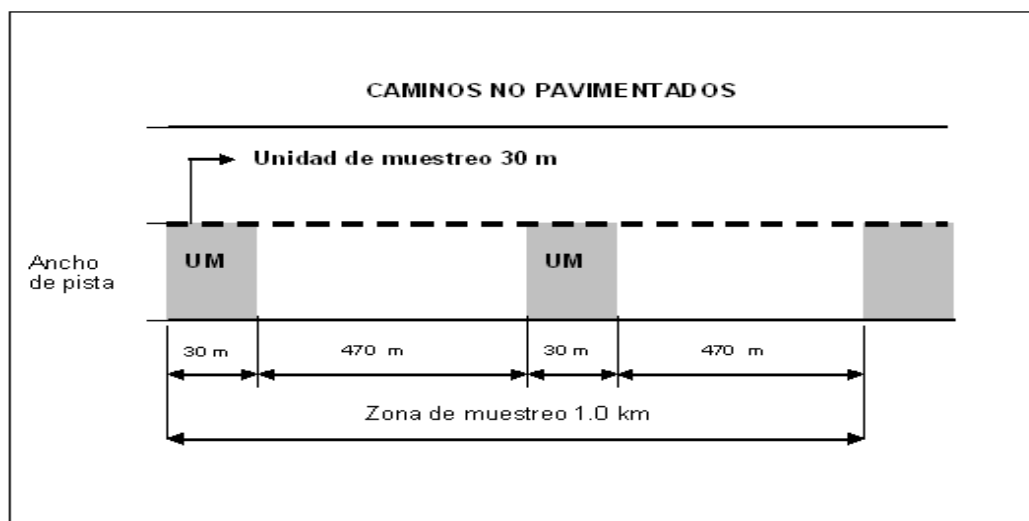
Figura N°3.1 Esquema Unidades y Zonas de Muestreo a nivel de Red



### 3.2.2.2 Unidades y Zonas de Muestreo para Inspección de Caminos no Pavimentados 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.

Figura N°3.2 Esquema Unidades y Zonas de Muestreo a nivel de Proyecto



### 3.3 Determinación del Estado de Caminos No pavimentados

El estado de calzadas no pavimentadas se determina mediante la aplicación de una metodología basada en ecuaciones matemáticas obtenidas a partir del análisis estadístico de la opinión proporcionada por un panel de expertos a través de una encuesta diseñada especialmente para este Estudio.

La elaboración de esta metodología se compone de los siguientes aspectos:

#### 3.3.1 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:



### 3.3.1.1 Caminos de Ripio

i. **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.

ii. **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.

iii. **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.

iv. **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 40 m, la cual es representativa para 1 km.

v. **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.

- vi. **IRI:** Es un indicador que mide las variaciones del perfil longitudinal de la superficie del camino. La unidad de medida es en m/Km. Se consideran 3 niveles de severidad:

Bajo : menor o igual a 8 m/km.

Medio : entre 8 y 11 m/km.

Alto : superior o igual a 11 m/km.

La medición de IRI puede llevarse a cabo a través del uso de distintos equipos. De medición directa, a través de un Perfilómetro Óptico o Láser, es decir equipos Clase 1 según la clasificación del Banco Mundial (BM), puesto que miden el perfil del camino y su medición es independiente de la dinámica del vehículo. Indirectamente, a través de rugosímetros como el NAASRA, MAYS METER o MIS II, entre otros, debido a que estos dispositivos (llamados equipos de respuesta), dependen de la dinámica del vehículo, sistema de amortiguación, características de los neumáticos, peso del sistema, etc., clase 3 según el BM, por lo que requiere ser calibrado.

### 3.3.1.2 Caminos de Tierra

- i. **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.
- ii. **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.
- iii. **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.

iv. **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.

v. **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.

vi. **IRI:** Es un indicador que mide las variaciones del perfil longitudinal de la superficie del camino. La unidad de medida es en m/Km. Se consideran 3 niveles de severidad:

Bajo: menor o igual a 8 m/km.

Medio: entre 8 y 11 m/km.

Alto: superior o igual a 11 m/km.

### 3.3.2 Evaluación de la Condición de Estado por un Panel de Expertos

La evaluación del panel de expertos consiste en una calificación cuantitativa de una serie de escenarios producto de una combinatoria de los diversos tipos de deterioro con distintos niveles de magnitud, descritos en una encuesta. A partir de dicha evaluación se desarrollaron las ecuaciones matemáticas que relacionan el Índice de Condición de Caminos No Pavimentados (ICNP) con los deterioros considerados.

Se consideran tres zonas climáticas representativas para las condiciones de Chile, seca, mediterránea y húmeda.

La figura siguiente muestra el formato tipo de la encuesta:

**Figura N°3.3 Formato utilizado en la Encuesta (Ej.: Caminos de Ripio, Auscultación Sin Equipos)**

CAMINOS DE RIPIO, AUSCULTACIÓN SIN EQUIPOS ESPECIALIZADOS									
Esc.	Deterioros e Indicadores					Calificación Cuantitativa	Calificación Cualitativa del Estado por Zona Climática		
	Calamina (Alta/ Media/ Baja)	Baches (Si / No)	Erosión (Si / No)	Ahuellamiento y Material Suelto (Si / No)	Perfil transversal y drenaje (Bueno/Malo)		Nota Escenario (1 a 10)	(Muy Bueno/ Bueno/ Regular/ Malo/ Muy Malo)	
								Seca	Mediterránea
1	Alta	Si	Si	No	Malo				
2	Media	Si	Si	No	Malo				
3	Baja	Si	Si	No	Malo				
4	Alta	Si	Si	Si	Malo				
5	Media	Si	No	No	Bueno				
6	Media	Si	Si	Si	Malo				
7	Media	No	No	Si	Bueno				
8	Alta	Si	No	No	Malo				
9	Baja	No	No	No	Bueno				
10	Media	Si	No	Si	Bueno				
11	Media	Si	No	No	Malo				
12	Baja	No	No	Si	Bueno				
13	Alta	Si	No	Si	Bueno				
14	Media	No	No	No	Bueno				
15	Media	Si	No	Si	Malo				
16	Alta	Si	No	Si	Malo				

Fuente: Estudio Modelos de Deterioro en Caminos No Pavimentados

### 3.3.3 Índice de Condición de Estado de Caminos no Pavimentados

Las ecuaciones para determinar el ICNP y los límites de calificación para cada uno de los estados del camino, tierra y ripio, se elaboraron a partir del análisis de resultados a encuestas realizadas al panel de expertos. Dichas ecuaciones están calibradas ó ajustadas con mediciones de terreno y visita de los expertos a los tramos experimentales de manera de validar especialmente las condiciones de borde de las ecuaciones.

#### 3.3.3.1 Ecuaciones 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 equipos 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:

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

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:

$$ICNP = 11,64 - 0,41 IRI - 1,60 Erosión - 0,40 Ahuellamiento - 1,79 Camino Pedregoso - \dots$$

... - 1,57 Bombeo

Donde

- Calamina : Se ingresa la profundidad media, en cm
- Baches : Se ingresa 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

### 3.3.3.2 Límites de asignación de estado por tipo de camino y tipo de auscultación

Los Límites de Asignación de Estado ajustados son los siguientes:

**Tabla N°3.1 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 5,5	7,9 a 7,0
REGULAR	4,9 a 4,0	5,4 a 4,5	6,9 a 5,0
MALO	3,9 a 2,0	4,4 a 2,5	4,9 a 3,5
MUY MALO	1,9 a 1,0	2,4 a 1,0	3,4 a 1,0

Fuente: Estudio Modelos de Deterioro en Caminos No Pavimentados

**Tabla N°3.2 Límites de Asignación de Estado para Caminos de Tierra**

ESTADO	SECO	MEDITERRÁNEO	HÚMEDO
MUY BUENO	10,0 a 7,5	10,0 a 8,0	10,0 a 8,0
BUENO	7,4 a 4,5	7,9 a 5,5	7,9 a 6,5
REGULAR	4,4 a 3,0	5,4 a 4,0	6,4 a 4,5
MALO	2,9 a 2,0	3,9 a 2,0	4,4 a 3,0
MUY MALO	1,9 a 1,0	1,9 a 1,0	2,9 a 1,0

Fuente: Estudio Modelos de Deterioro en Caminos No Pavimentados

### 3.3.3.3 Estados definidos para valores extremos de deterioros

Debido a la validación en terreno y modificaciones específicas de las ecuaciones finales, se definen estados asociados a valores extremos de deterioros.

En particular, para el uso de las ecuaciones los valores de deterioros representativos de cada camino deben estar contenidos dentro de los rangos considerados para su definición. En la siguiente tabla se presentan los estados y valores para dichos casos extremos. Lo anterior es aplicable para los deterioros: IRI, Calamina, Baches, Ahuellamiento y Erosión.

**Tabla N°3.3 Estados definidos para valores máximos extremos de deterioros**

<b>Deterioro</b>	<b>Valor</b>	<b>Estado del Camino</b>
IRI (m/km)	Mayor a 12	Muy Malo
IRI (m/km)	Menor a 4	Muy Bueno
Calamina (cm)	Mayor a 3	Muy Malo
Baches (m*m totales por km)	Mayor a 2	Muy Malo
Ahuellamiento (cm)	Mayor a 4	Muy Malo
Erosión	Ancho mayor a 5 cm	Muy Malo

Fuente: Estudio Modelos de Deterioro en Caminos No Pavimentados

En los casos que se presente uno o más deterioros con valores superiores a los definidos en la tabla anterior, se definirá el estado del camino como Muy Malo.

En el caso particular del IRI, si se llegase a presentar un valor similar o inferior a 4 m/km, se definirá el estado del camino como Muy Bueno.

### 3.3.3.4 Planilla de Cálculo del ICNP

Como parte del estudio “Modelos de Deterioro de Caminos no Pavimentados”, se elaboró una planilla de cálculo para la estimación del ICNP, la cual considera los valores medidos en el contexto de una inspección visual de deterioros, con o sin equipo de auscultación para medir IRI. La siguiente figura muestra la planilla de cálculo del ICNP utilizada en el presente trabajo:

Figura N°3.4 Planilla de Cálculo del ICNP



Estudio Básico: Modelos de Deterioro de Caminos No Pavimentados  
Planilla de Determinación del Estado de Caminos No Pavimentados [al 26-01-2008]

**Determinar Estado de la Red**

Código	Rol	k.i.	k.f.	Superficie (T,R,E)	Con o Sin equipos (C o S)	Clima (S,M,H)	Drenaje (0 0.5 ó 1)	Calaminas (cm)	Ahuellamiento (cm)	IRI (m/km)	Camino Pedregoso (0 ó 1)	Baches (m²/m)	Erosión (0 ó 1)	Coef. de fórmulas	ICNP	ESTADO
63c261	C-261	0,000	1,000	T	C	S	0,5	0	1	12,7	1	0,00	0	3,5	1,0	MUY MALO
63c261	C-261	1,000	2,000	T	C	S	0,5	0	0	12,7	1	0,00	0	3,9	1,0	MUY MALO
63c261	C-261	11,000	12,000	E	C	S	0,5	0	0	12,7	0	0,00	0	5,6	1,0	MUY MALO
63c261	C-261	49,000	50,000	T	C	S	1	2	2	12,7	0	0,00	0	4,1	1,0	MUY MALO
63d285	S/R-C	0,000	1,000	T	C	S	1	1	3	11,7	0	0,00	0	4,1	4,1	REGULAR
63d285	S/R-C	1,000	2,000	T	C	S	1	2	2	11,7	0	0,00	0	4,5	4,5	REGULAR
63d309	C-309	59,000	60,000	T	C	S	1	3	2	7,2	0	0,00	0	6,3	6,3	BUENO
63d327	C-327	30,000	35,000	T	C	S	1	3	1	11,5	0	0,00	0	5,0	5,0	BUENO
63e386	C-386	0,000	1,000	T	C	S	1	1	0,5	11,6	0	0,00	0	5,1	5,1	BUENO
63e386	C-386	1,000	2,000	T	C	S	1	1,5	0	11,6	0	0,00	0	5,3	5,3	BUENO
63d423	C-423	1,000	2,000	T	C	S	1	2,5	0	11,3	1	0,00	0	3,6	3,6	REGULAR
63d472	C-472	2,000	3,000	T	C	S	1	2,5	0	11,6	1	0,00	0	3,5	3,5	REGULAR
64d215	D-215	18,000	19,000	T	C	S	1	2,5	0,5	8,8	0	0,00	0	6,2	6,2	BUENO
64e745	S/R-D	0,000	1,000	T	C	S	1	2	1	8,3	1	0,00	0	4,5	4,5	REGULAR
64e759	S/R-D	0,000	1,000	T	C	S	0,5	0	1	7,3	1	0,04	0	5,7	5,7	BUENO
64c037	D-37-E	90,000	91,000	T	C	S	0	0	1	11,6	1	0,00	0	4,7	4,7	BUENO
65e627	E-627	0,000	1,000	T	C	M	1	2,5	0	12,6	1	0,12	0	3,1	1,0	MUY MALO
65e970	G-970	0,000	1,000	R	C	M	0	2,5	0	12,6	1	0,00	0	4,7	1,0	MUY MALO
65d952	G-952	5,000	6,000	R	C	M	1	2	2	9,5	1	0,05	0	3,6	3,6	MALO
65d950	G-950	15,000	16,000	R	C	M	0,5	2,5	0	7,9	1	0,00	0	5,8	5,8	BUENO
66d520	I-520	0,000	3,000	T	C	M	0	1	0,5	3,4	1	0,00	0	8,2	10,0	MUY BUENO
66e542	I-540	0,000	1,000	T	C	M	0	0	0,5	5,1	0	0,06	0	9,3	9,3	MUY BUENO
66d704	I-704	1,000	2,000	R	C	M	0	3,5	0	4,9	1	0,09	0	7,82	7,8	BUENO
66d312	I-312	0,000	5,000	T	C	M	0	2	0	12,6	1	0,00	0	4,7	1,0	MUY MALO
73b016	G-16	54,000	54,500	R	S	M	0	1,5	1	0,0	1	0,03	0	6,1	6,1	BUENO
73e108	G-108	5,000	6,000	T	S	M	1	1,5	1	0,0	1	0,04	0	4,5	4,5	REGULAR
73e102	G-102	5,000	6,000	T	S	M	0	2,5	4	0,0	1	0,00	0	3,9	3,9	MALO
73e678	G-678	2,000	5,000	T	S	M	0	2,5	0	0,0	1	0,11	1	3,6	3,6	MALO
73e844	G-844	0,000	4,500	T	S	M	1	1,5	2	0,0	1	0,00	1	2,8	2,8	MALO

**a. Recomendaciones referidas a la Metodología de Evaluación de Estado**

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). Para aquellos casos en que se cuente con mediciones de IRI se utilizará el valor representativo de cada camino en reemplazo de los valores calamina y baches inspeccionados visualmente.
- 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 (sin equipo especializado para medir IRI o con mediciones de IRI).

- 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.

Como sugerencia, se podrían recomendar “macroacciones” de conservación asociadas a los distintos estados, tal como se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla N°3.4 “Macroacciones” de conservación asociadas a los distintos estados**

Estado del Camino	Macroacción	Ejemplo Acciones Asociadas
Muy Bueno	Rutinaria	Limpieza de faja y fosos Reperfilado
Bueno	Rutinaria	
Regular	Rehabilitación	Reperfilado, Bacheo, Recebo, Corrección perfil transversal
Malo	Rehabilitación	
Muy malo	Reconstrucción	Reemplazo suelo fundación, Recebo, Corrección perfil transversal

Fuente: Estudio Modelos de Deterioro en Caminos No Pavimentados

## **b. Comentario Final**

Tal como lo establecen algunos sistemas de gestión del mantenimiento como los basados en el parámetro PCI (Pavement Condition Index), al disponer de un indicador como el ICNP para los caminos no pavimentados es posible elaborar políticas de conservación que definan acciones de conservación sobre la base de los deterioros asociados a los diversos valores que adopta dicho indicador. Por ejemplo, para el caso de las superficies de ripio: si se tiene un sector de camino o un conjunto de caminos, con clima seco y en estado definido como regular, y dicho estado está principalmente definido por los niveles de baches, la acción de conservación correspondiente sería realizar un bacheo granular.

Dada la dinámica del comportamiento de las superficies granulares (la condición de estado varía rápidamente), la eficiencia de todo sistema de gestión del mantenimiento radica en la oportunidad con la que se apliquen las acciones de conservación propuestas. En este sentido, los deterioros aquí considerados y la metodología para su medición y evaluación de la condición, pueden ser analizados y replanteados según la realidad de cada región.



En la medida que se aplique esta metodología, se desarrollen otros estudios y/o se dispongan de equipos especializados, esta metodología podría ir ajustándose a estas nuevas condiciones.

Finalmente, cabe señalar que en la actualidad la Dirección de Vialidad aplica una metodología complementaria para la evaluación del estado de los caminos no pavimentados, a través de la detección de la necesidad de conservación que requieren los activos viales, entre ellos la superficie de rodadura. Dicha labor es realizada en terreno por personal calificado que registra, en base a una opinión técnica, las acciones inmediatas de conservación del elemento inspeccionado.

## CAPITULO 4 DEFINICIÓN DE UMBRALES DE INTERVENCIÓN

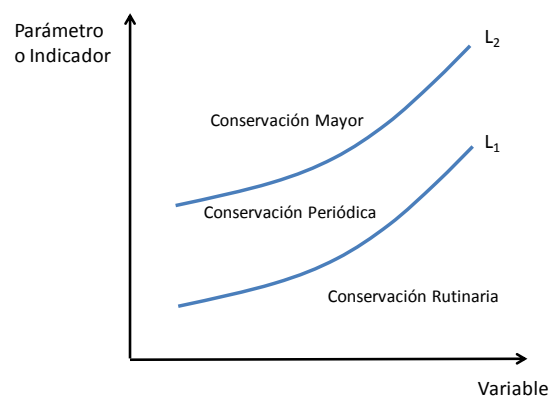
En este capítulo se da a conocer una propuesta de umbrales de intervención sobre la calzada no pavimentada, a partir de resultados expuestos en el capítulo anterior, es decir, al estudio y definición de deterioros factibles de medir.

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 (ripió y tierra) para restablecer el estado de cumplimiento del respectivo parámetro o indicador. Estas acciones corresponden a acciones rutinarias y periódicas.

Dicho lo anterior, los umbrales de intervención constituyen una suerte de “válvula de regulación” de los estándares de conservación, cuando éstos contienen acciones de conservación activadas por una condición de respuesta, dado que a través del manejo de dichos valores límites es posible “controlar” el nivel de servicio que se desea proveer a la calzada, entendido éste como el conjunto de parámetros de estado con un determinado valor. Por ejemplo: un estándar de conservación que establezca un recebo granular cuando la calamina sobrepase los 5 cm (umbral de intervención) define un nivel de servicio inferior a aquel estándar que considere el mismo recebo pero cuando la calamina supere los 3 cm, dado que en este último caso la calzada se mantendrá con un nivel de servicio “mayor” o más exigente que beneficia más a los usuarios del camino.

Desde el punto de vista de las acciones de conservación conceptualmente se establecen umbrales tanto para acciones rutinarias, periódicas y mayores. La figura siguiente ilustra lo anterior.

**Figura N°4.1 Concepto de Umbral de Intervención**



En la Figura N°4.1 se muestra gráficamente el concepto de umbral de intervención, donde  $L_1$  y  $L_2$  representan valores límite de algún parámetro o indicador de estado, cuyo valor podría depender de alguna variable discreta o continua, como lo es la zona climática en el caso de los umbrales definidos para diferenciar el estado de las calzadas no pavimentadas en el presente trabajo. Valores por debajo de  $L_1$  condicionan acciones de conservación rutinaria, en otras palabras, podría asociarse a un estado bueno de la calzada. Valores entre  $L_1$  y  $L_2$  gatillan acciones de conservación de tipo periódica, asociándose a un estado regular. Valores por sobre  $L_2$  activan acciones de tipo mayor, en otras palabras, podría atribuirse a un estado malo.

La propuesta que a continuación se presenta se fundamenta sobre el trabajo desarrollado en el estudio: “Modelos de Deterioro de Caminos no Pavimentados” que desarrollara la Dirección de Vialidad en el año 2008, en el cual se estableció un indicador de estado denominado ICNP (Índice de Condición de Caminos no Pavimentados) cuyos deterioros del cual se compone, se dan a conocer en el siguiente capítulo.

#### **4.1 Resumen de Deterioros Considerados en las Calzadas de Ripio y Tierra**

La tabla siguiente resume los deterioros y su consideración para efectos de la calificación del estado:

**Tabla N°4.1 Resumen Deterioros ICNP**

DETERIORO	CARACTERISTICAS	
	RIPIO	TIERRA
<b>Perfil Transversal y Drenaje</b>	Bueno: 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. Malo: calzada con forma convexa o con excesivas irregularidades que afecten el normal drenaje del camino	
<b>Calamina</b>	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.	
<b>Erosión</b>	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.	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.
<b>Baches</b>	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.	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.
<b>Ahuellamiento y Material Suelto</b>	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.	No aplica (el ahuellamiento se incluye en la erosión)
<b>IRI</b>	Bajo : menor o igual a 8 m/km. Medio : entre 8 y 11 m/km. Alto : superior o igual a 11 m/km.	
<b>Camino Pedregoso</b>	No aplica	No : La calzada no presenta afloramiento de árido grueso incrustado o suelto. Sí : La calzada presenta afloramiento de árido grueso incrustado o suelto.

En el capítulo anterior se abordaron aspectos relacionados con la metodología para determinar el Índice de Condición del Camino no Pavimentado, los límites asociados a cada estado y condición climática, valores del ICNP para condiciones extremas de los deterioros y se mostró la planilla de cálculo utilizada para el cálculo del ICNP.

A continuación se presenta una propuesta de umbrales de intervención a partir de los valores individuales que adoptan cada uno de los deterioros que componen el ICNP.

**4.1.1 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 N°4.2, Figura N°4.3 y Figura N°4.4 siguientes se dan a conocer las clasificaciones de estado obtenidas:

**Figura N°4.2 Escala de Clasificación del Índice de Condición del Camino No Pavimentado (ICNP) según Clima Seco**

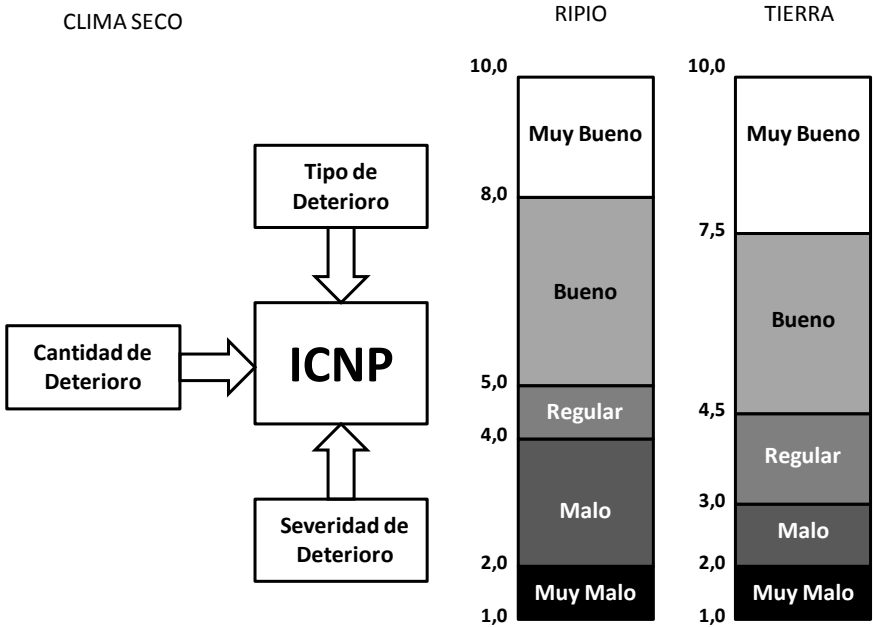


Figura N°4.3 Escala de Clasificación del Índice de Condición del Camino No Pavimentado (ICNP) según Clima Mediterráneo

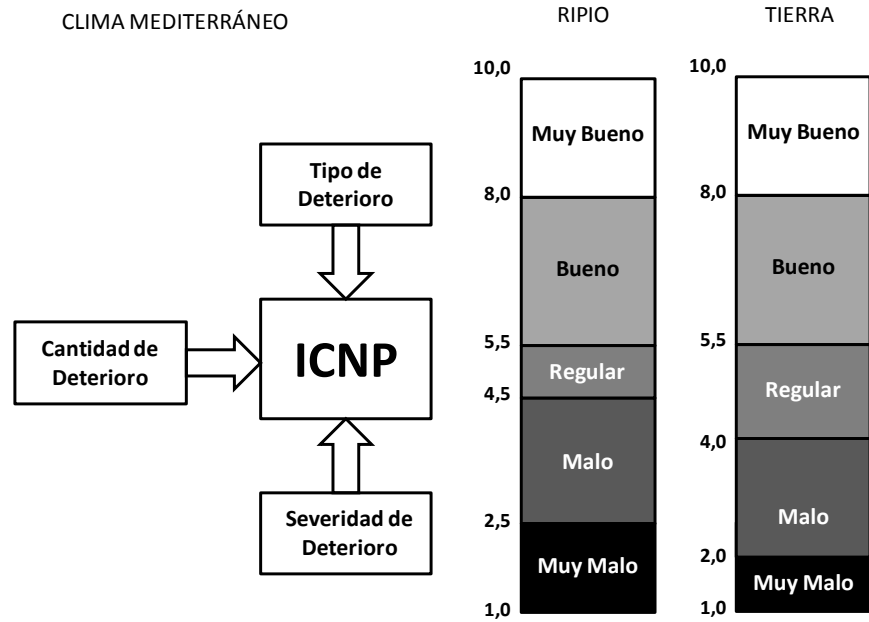
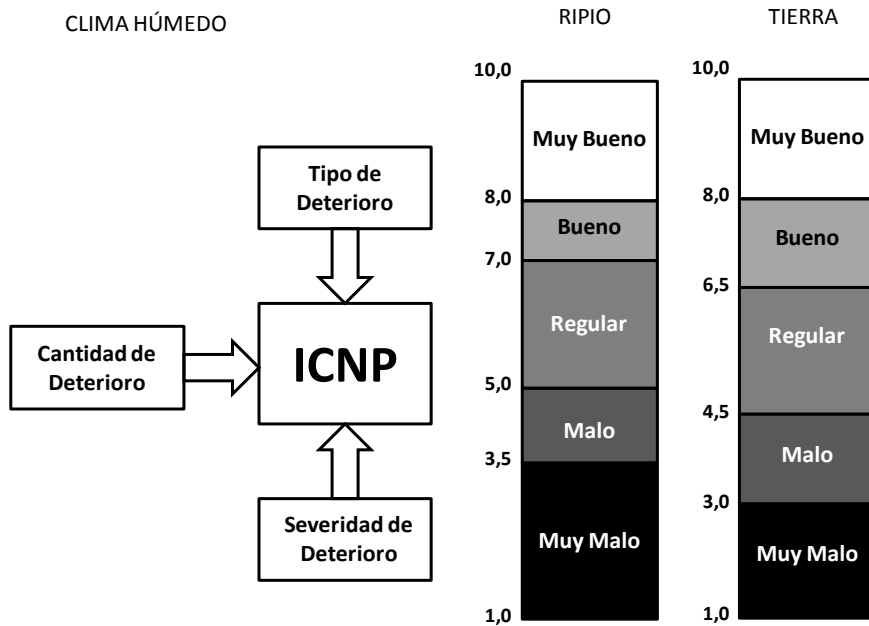


Figura N°4.4 Escala de Clasificación del Índice de Condición del Camino No Pavimentado (ICNP) según Clima Húmedo



## 4.2 Metodología para la Definición de Umbrales de Intervención en Caminos no Pavimentados

La clasificación de estado dada a conocer en el capítulo anterior se sustenta sobre la base de asociar a una evaluación cuantitativa de la condición de la calzada no pavimentada (ICNP de 1 a 10), una calificación cualitativa que varía desde Muy Malo a Muy Bueno. Esta forma de calificar el estado del camino tiene asociada a su vez, una combinación de niveles de deterioro, en la forma como ellos se definieron, que en si pueden derivar en una acción o conjunto de acciones de conservación necesarias para “mejorar” el grado de cumplimiento, en función del nivel de servicio impuesto, al deterioro o a los deterioros o índice (en este caso) involucrados. En otras palabras, si se desea por ejemplo, pasar del estado regular de un camino de ripio con clima seco, al estado bueno, es necesario conocer el o los deterioros, su magnitud y severidad, involucrado(s) en la calificación del estado, para determinar la acción de conservación necesaria.

En una primera aproximación a la definición de umbrales de intervención se propone lo siguiente:

- Analizar escenarios probables relacionados con la combinación de deterioros que, mediante su calificación ICNP, permita asociarlos a los distintos niveles de estado.
- Producto del resultado del análisis anterior, proponer acciones de conservación que mejoren la condición de estado obtenida.
- Clasificar las acciones de conservación obtenidas en acciones de tipo rutinaria, periódica y mayor (si corresponde).
- Deducir valores o condiciones límite para cada deterioro, según corresponda, a partir de los análisis anteriores.
- Analizar la factibilidad de definir un nivel o niveles de servicio, a partir de los cuales se puedan proponer distintos umbrales de intervención.

Por ejemplo: una opción válida sería proponer como umbral límite para el indicador ICNP de ripio, independiente del tipo de clima, el valor ICNP=5,0, por debajo del cual es necesario realizar una acción o acciones de conservación que eleve dicho valor a un nivel aceptable. Si en esta caso particular, el valor de ICNP se obtuvo por la presencia de niveles altos de calamina principalmente, se puede inferir que el valor límite para este deterioro es 5 cm, y por otra parte, se requeriría un recebo granular (acción de conservación periódica) para reparar el defecto y elevar el nivel de ICNP.

Análogamente, en el caso de un camino de tierra podría fijarse el valor límite de ICNP=4,0 para realizar alguna acción de conservación que mejore la condición de la calzada.

### 4.3 Definición de Umbrales de Intervención a partir del ICNP

A partir de los límites de asignación de estado de las calzadas de ripio y tierra, según clima, de la Tabla N°3.1 y Tabla N°3.2 , y utilizando la Ecuación 1 y la Ecuación 2 para el cálculo del ICNP, se procedió a estimar umbrales de intervención para cada uno de los deterioros considerados, de la siguiente manera:

- Para un deterioro específico, se estimó el valor límite por sobre el cual se produciría el cambio de estado, manteniendo los demás deterioros constantes y en el mínimo valor atribuible al mejor estado (en su mayoría valor “0”, salvo IRI).
- Según el tipo de deterioro, se definieron dos límites, uno inferior, por sobre el cual se produce el cambio desde el estado **regular** al estado **malo** (límite L2), y otro superior, desde el estado bueno, al estado regular.
- Se mantuvieron los valores extremos de algunos deterioros considerados en la Tabla N°3.3

A continuación, en la Tabla N°4.2 se muestran los valores límites de asignación de estado considerados en la estimación de los umbrales de intervención de los deterioros que componen el ICNP:

**Tabla N°4.2 Límites de Asignación de Estado Considerados en la Estimación de Umbrales de Intervención de Deterioros del ICNP**

Tipo Camino	Condición de Estado	Límites ICNP según Clima		
		S	M	H
Ripio	Regular	4,0	4,5	5,0
	Bueno	5,0	5,5	7,0
Tierra	Regular	3,0	4,0	4,5
	Bueno	4,5	5,5	6,5

Nota: S = Clima Seco. M=Clima Mediterráneo. H=Clima Húmedo

#### 4.3.1 Umbrales de Intervención de Deterioros ICNP de Valores Continuos

Los umbrales de intervención, tanto para caminos de ripio como de tierra, de aquellos deterioros incluidos en el ICNP que admiten valores continuos, tales como: calamina, ahuellamiento, baches e IRI, se presentan a continuación:



**Tabla N°4.3 Umbrales de Intervención para cambio de estado de Regular a Malo – Deterioros de Valores Continuos – Caminos de Ripio**

Deterioros	Limites L2 según Clima sin IRI		
	S	M	H
Calamina (cm)	5,3	4,8	4,4
Ahuellamiento (cm)	18,2	16,7	15,2
Baches (m*m*N° baches)	2,7	2,5	2,3
	Limites L2 según Clima con IRI		
	S	M	H
IRI (m/km)	mayor a 12		
Ahuellamiento (cm)	19,0	17,5	16,5

Nota: S = Clima Seco. M=Clima Mediterráneo. H=Clima Húmedo

**Tabla N°4.4 Umbrales de Intervención para cambio de estado de Regular a Malo – Deterioros de Valores Continuos – Caminos de Tierra**

Deterioros	Limites L2 según Clima sin IRI		
	S	M	H
Calamina (cm)	6,1	5,3	4,8
Ahuellamiento (cm)	21,2	18,2	16,7
Baches (m*m*N° baches)	3,2	2,7	2,5
	Limites L2 según Clima con IRI		
	S	M	H
IRI (m/km)	mayor a 12		
Ahuellamiento (cm)	21,2	18,2	16,7

Nota: S = Clima Seco. M=Clima Mediterráneo. H=Clima Húmedo

**Tabla N°4.5 Umbrales de Intervención para cambio de estado de Bueno a Regular – Deterioros de Valores Continuos – Caminos de Ripio**

Deterioros	Limites L1 según Clima sin IRI		
	S	M	H
Calamina (cm)	4,4	4,0	2,7
Ahuellamiento (cm)	15,2	13,7	9,2
Baches (m*m*N° baches)	2,3	2,1	1,4
	Limites L1 según Clima con IRI		
	S	M	H
IRI (m/km)	mayor a 12		
Ahuellamiento (cm)	13,7	12,3	8,6

Nota: S = Clima Seco. M=Clima Mediterráneo. H=Clima Húmedo

**Tabla N°4.6 Umbrales de Intervención para cambio de estado de Bueno a Regular – Deterioros de Valores Continuos – Caminos de Tierra**

Deterioros	Limites L1 según Clima sin IRI		
	S	M	H
Calamina (cm)	4,8	4,0	3,1
Ahuellamiento (cm)	16,7	13,7	10,7
Baches (m*m*N° baches)	2,5	2,1	1,6
	Limites L1 según Clima con IRI		
	S	M	H
IRI (m/km)	mayor a 12		
Ahuellamiento (cm)	15,9	13,4	10,9

Nota: S = Clima Seco. M=Clima Mediterráneo. H=Clima Húmedo

#### 4.3.2 Umbrales de Intervención de Deterioros ICNP de Valores Discretos

Drenaje o bombeo: en este caso, si solo se considera un mal bombeo (ver definición), es decir, la variable adopta un valor 1, el ICNP que se obtiene para todos los climas, ripio y tierra, es mayor a 8, o sea un estado Muy Bueno, razón por la cual no se le asignará umbral.

Camino Pedregoso: ocurre algo similar al bombeo, es decir, una condición de camino pedregoso, en sí, no constituye un umbral de intervención.

Erosión: al igual que los casos anteriores, un camino con erosión solamente, no constituye un umbral en sí mismo.

De lo anterior se concluye:

- Los deterioros de valores discretos, en su peor condición considerada, no constituyen umbrales de intervención, cuando ésta se presenta aislada.
- Estos deterioros aumentarán su efecto sobre la condición del camino, en la medida que los demás defectos, de valores discretos y/o continuos, tengan una magnitud, cuya combinación de éstos empeore el estado, a una condición tal que se constituya en un umbral de intervención.

#### 4.3.3 Umbrales Finalmente Adoptados

Al comparar los valores de umbrales resultantes de la sola aplicación del ICNP, se observa que en algunos casos los valores límite sobrepasan los recomendados por la Tabla N°3.1 y Tabla N°3.2 en general los que la literatura recomienda como valores máximos. De igual modo, si se usa la planilla de cálculo del ICNP se obtienen otros valores límite. Por lo tanto, asumiendo que las ecuaciones del ICNP tienen ciertas restricciones para su aplicación y en vista de los resultados, finalmente se adoptaron los siguientes umbrales:

**Tabla N°4.7 Umbrales Adoptados Caminos de Ripio según ICNP**

Indicador o Deterioro	Limites	
	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

**Tabla N°4.8 Umbrales Adoptados Caminos de Tierra según ICNP**

Indicador o Deterioro	Limites	
	L1	L2
ICNP	4,0	6,0
Calamina (cm)	4,0	6,0
Ahuellamiento (cm)	4,0	6,0
Baches (m*m*N° baches)	2,5	3,0
IRI (m/km)	--	max. 12

Para el resto de los deterioros incluidos en el ICNP, se adoptaron los siguientes valores:

**Tabla N°4.9 Umbrales Adoptados para otros Deterioros del ICNP**

Deterioro	Límite
Erosión	ancho máx. 5 cm
Bombeo <sup>1</sup>	mal bombeo
Camino Pedregoso	Material suelto > 50 mm

Nota 1: mal bombeo debido a: gran cantidad de pozos de agua, problemas evidentes del sistema de drenaje, vegetación, desechos o fragmentos de piedras depositados en los dispositivos de drenaje o agua fluyendo hacia la calzada

#### **4.3.4 Umbrales para otros Deterioros no contemplados en ICNP**

De la literatura consultada en el estudio: “Modelos de Deterioro de Caminos No Pavimentados”, se extrajeron los siguientes umbrales de otros tipos de deterioros no considerados en el ICNP, pero que pueden ser útiles en la definición de los estándares y política de conservación de caminos no pavimentados.

**Tabla N°4.10 Umbrales de Otros Deterioros no Considerados en el ICNP**

Deterioro	Umbral
Espesor mínimo carpeta granular	5 cm
Levantamiento de polvo	Cantidad tal que afecta la visibilidad y el confort. La altura del polvo supera a la del vehículo
Pérdida de Material Grueso	Muchas piedras sueltas de más de 50 mm y afectación significativa de la conducción
Grietas abiertas	Ancho mayor a 3 mm
Depresiones	Profundidad mínima = 50 mm

#### 4.3.5 Umbrales de Intervención usados en el Programa HDM-4

En el programa de administración de carreteras, HDM-4 de amplia utilización en la administraciones viales, tales como Chile, está contemplado la evaluación de vías no pavimentadas, a través del uso de modelos matemáticos del comportamiento de carpetas granulares que consideran deterioros, tales como; la pérdida de material de la carpeta de rodadura granular e IRI. Para dichos parámetros los estudios basados en el desarrollo de HDM-4, establecen umbrales para la calificación del estado según lo señalado en la Tabla N°4.11 y Tabla N°4.12 siguientes:

**Tabla N°4.11 Clasificación de Estado de la Carpeta Granular según IRI - Programa HDM-4**

Clase del Camino	Valores de IRI (m/km)			
	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo
Primario o Troncal	4,0	6,0	8,0	10,0
Secundario o Principal	6,0	9,0	12,0	15,0
Terciario o Local	8,0	12,0	16,0	20,0

**Tabla N°4.12 Clasificación de Estado de la Carpeta Granular según Espesor Remanente – Programa HDM-4**

Estado de la Carpeta de Rodadura	Espesor Carpeta Granular (mm)		
	Bajo	Medio	Alto
Nuevo	100	150	200
Bueno	100	150	200
Regular	50	100	150
Malo	25	50	100
Muy Malo	0	25	50

Cabe señalar que los umbrales antes mencionados pueden ser adaptados a las condiciones locales, mediante una justificación técnico-económica donde se consideren variables tales como, tránsito, clima y costos tanto de las acciones de conservación como de los usuarios (operación y tiempo de viaje).

#### 4.3.6 Umbrales según Método PCI (Pavement Condition Index)

El Método PCI (Pavement Condition Index) fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos en 1984. Su objetivo es determinar la condición de la calzada de una manera objetiva, confiable y repetible.

El PCI es un parámetro numérico que varía entre 0 y 100, donde 0 representa una calzada en condición de falla y 100 en excelente estado.

El PCI está basado en una inspección visual en la cual los deterioros se identifican, miden y clasifican según su severidad. Fue desarrollado para determinar la integridad estructural de un pavimento y la condición operacional de la superficie. La información proveniente de los deterioros permite asociarlos al clima o a las cargas de tránsito.

Los deterioros considerados por esta metodología y un ejemplo de umbrales de intervención, para el caso de caminos no pavimentados son los siguientes:

**Tabla N°4.13 Ejemplo de Umbrales de Intervención Método PCI**

<b>Deterioro</b>	<b>Umbral (ejemplo)</b>
Sección transversal inapropiada	Agua apozada o con evidencia de haber estado. El perfil transversal tiene forma de tazón
Drenaje inadecuado	Agua acumulada en los fosos o evidencia de haberlo estado, o presencia de vegetación en los fosos, o erosión en los fosos
Calaminas	Profundidad menor a 75 mm
Baches	Profundidad mayor a 10 cm o diámetro promedio mayor a 90 cm
Ahuellamiento	Mayor a 75 mm
Polvo en suspensión	Altura mayor a 1,8 m
Pérdida de material	Altura de material acumulado mayor a 10 cm

Los umbrales anteriores se obtuvieron de las severidades definidas por el método PCI para cada uno de los deterioros considerados. Las figuras siguientes dan a conocer esquemáticamente cada deterioro y sus severidades asociadas.

Figura N°4.5 Sección Transversal inapropiada

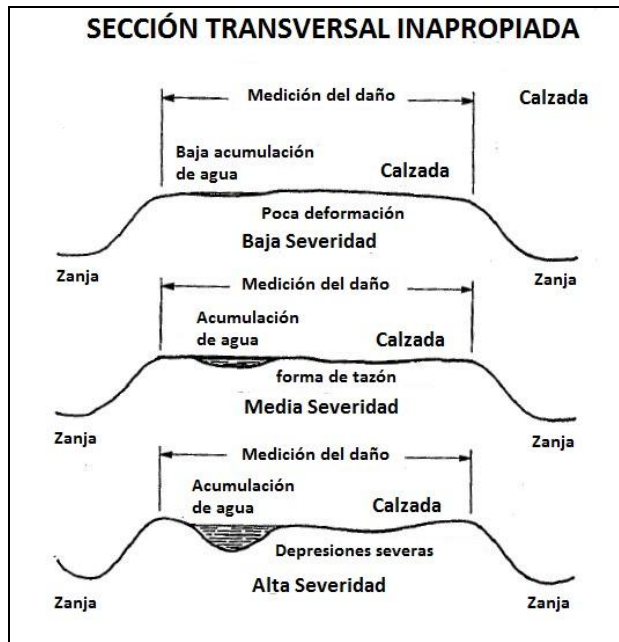


Figura N°4.6 Drenaje inadecuado

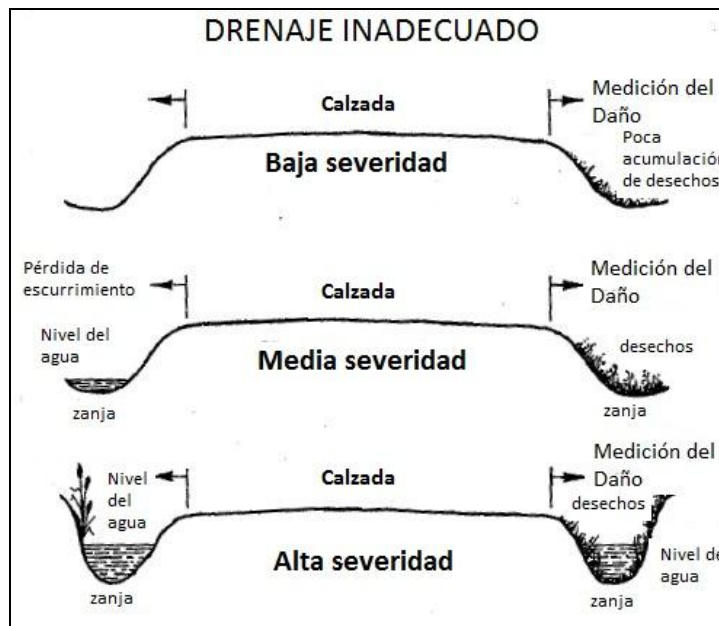


Figura N°4.7 Calaminas

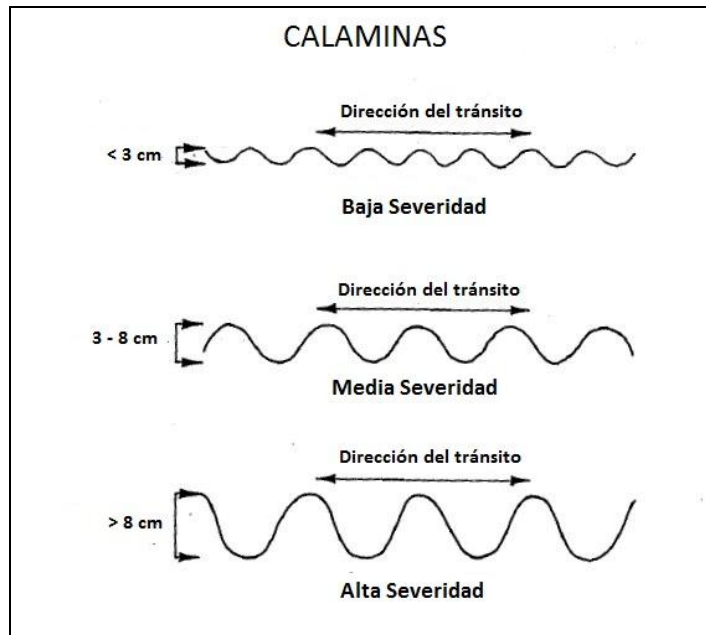


Figura N°4.8 Baches

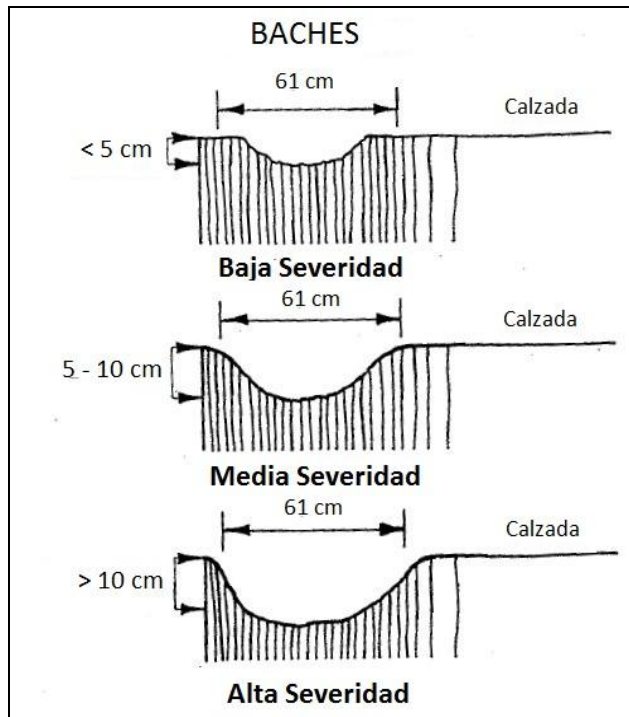


Figura N°4.9 Ahuellamiento

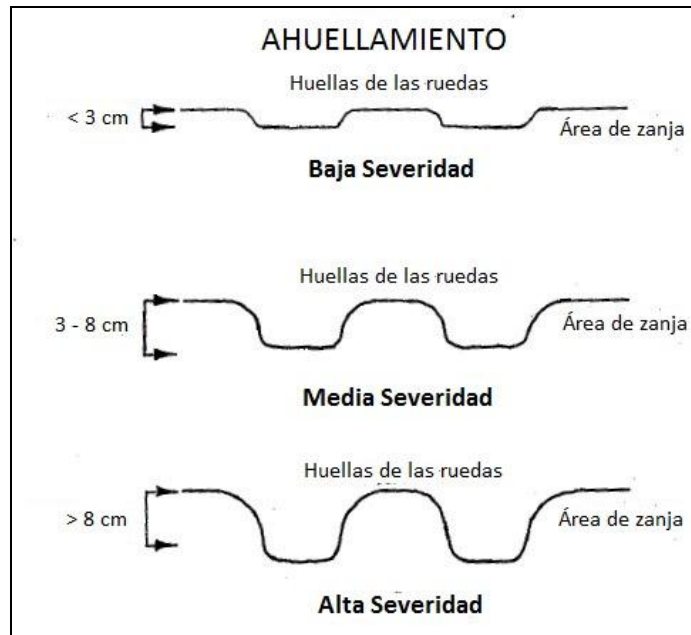


Figura N°4.10 Polvo en suspensión

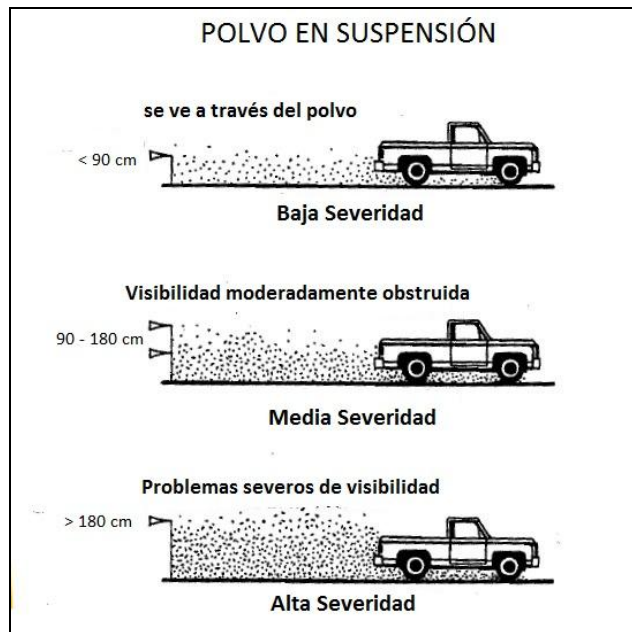
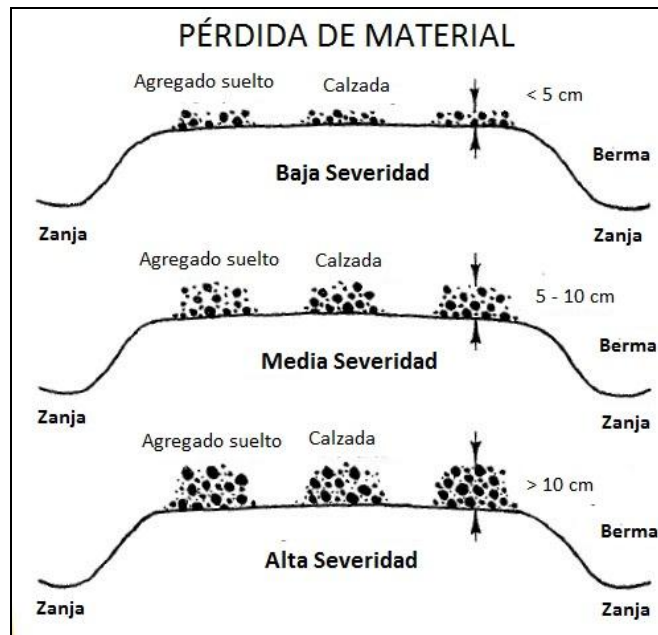




Figura N°4.11 Pérdida de material



## **CAPITULO 5 DEFINICIÓN DE TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN PARA CAMINOS NO PAVIMENTADOS**

Las acciones de conservación sobre la calzada de caminos no pavimentados están ampliamente abordadas en el volumen 7 del Manual de Carreteras, A continuación se presenta un resumen de lo allí descrito:

### **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:

#### **5.1.1 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: ahuellamientos 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 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.



**Reperfilado**

### **5.1.2 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.

### **5.1.3 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.



Riego con agua



Compactación

#### 5.1.4 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 75 mm. 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.

#### 5.1.5 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 de 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.

## 5.2 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:

### 5.2.1 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 ahuela, 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.



Reparación de áreas inestables

### **5.2.2 Tela Geotextil para Refuerzo de la Subrasante**

Consiste en la colocación de una tela tipo geotextil para aumentar la capacidad soportante del suelo de fundación, cuando éste tiene una resistencia por debajo del mínimo requerido. En este sentido, la incorporación de un geotextil provee de beneficios tales como: la reducción del espesor de relleno, separación entre agregados y suelos de baja resistencia, reducción de la deformación lateral de rellenos, generación de una distribución más favorable de los esfuerzos y reducción de la deformación vertical entre otros.



**Geotextil para refuerzo**

### **5.2.3 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 originales. 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.



**Recebo granular**

En materia de **rechos**, los hay con tamaño máximo de  $1\frac{1}{2}$ " 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 reconfiguración 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 reconfigurar 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 reconfigurar la plataforma incluyendo cunetas a una condición similar a la original adicionando material para reponer aquel perdido por la calzada incorporando un estabilizador,

#### **5.2.4 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.



**Reparación de calzada con material integral**

### **5.3 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.

#### **5.3.1 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.

#### **5.3.2 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.



## **CAPITULO 6 PROPUESTA DE APLICACIÓN METODOLÓGICA A UNA MUESTRA DE DOS CAMINOS EN TRES DIRECCIONES REGIONALES DE VIALIDAD, PARA SU ANÁLISIS Y EVALUACIÓN**

En este capítulo se da a conocer una propuesta acerca de una aplicación práctica de la metodología de determinación del estado y asignación de acciones de conservación para la calzada de caminos no pavimentados, a partir de los umbrales de intervención adoptados y definidos en los capítulos anteriores. Básicamente se trata de definir sectores de caminos no pavimentados con distintas características en cuanto a clima, tránsito y estado inicial principalmente, sobre los cuales y en una etapa posterior a la presente, se proceda a validar la aplicación práctica de la política de conservación para las calzadas no pavimentadas propuesta en la presente etapa.

### **6.1 Propuesta de Aplicación Metodológica**

Para validar los umbrales de intervención adoptados en el capítulo 3, se establecerá una propuesta metodológica a implementarse en una futura etapa, sobre la base de la inspección de deterioros (utilizando el instructivo de inspección visual especialmente elaborado), determinación de la condición de estado según el parámetro ICNP y posterior asignación de acciones de conservación de acuerdo a los umbrales propuestos. Todo esto, considerando diversos escenarios de evaluación a partir de la combinación de variables que afectan el comportamiento de los caminos no pavimentados (ripió y tierra), tales como: clima, tránsito y estado inicial.

Los resultados que se obtengan serán analizados y evaluados con el propósito de validar y/o calibrar algunos aspectos como los umbrales de intervención, de modo que permita contar con una mejor estimación de las necesidades de conservación para las calzadas de ripio y tierra.

### **6.2 Selección de los Tramos**

Los criterios a considerar en la selección de los tramos a evaluar guardan relación con las variables que afectan en gran medida el comportamiento de las calzadas no pavimentadas. En este caso el clima, tránsito y estado inicial de la superficie de rodadura han sido catalogados como factores que inciden fuertemente en el progresivo deterioro de los caminos de tierra y ripio.

### 6.2.1 Clima

Para considerar los efectos del clima se seleccionarán tres regiones del país como representativas de las variaciones climáticas de las zonas norte, caracterizada por baja presencia de precipitaciones y altos gradientes térmicos; zona centro, con precipitaciones entre los 100 y 1300 mm anuales y clima mediterráneo; y la zona sur, con precipitaciones superiores a los 1300 mm anuales y clima oceánico. Eventualmente puede agregarse una cuarta región representativa de la zona sur austral como el de las regiones de Aysén y Magallanes.

### 6.2.2 Tránsito

Para cada tramo definido según las consideraciones climáticas, y en la medida que sea posible, se subdividirá en sectores con TMDA < 80 vpd, entre 80 y 500 vpd, y TMDA > 500 vpd.

Un factor importante relativo al tránsito que influye considerablemente en el comportamiento de los caminos no pavimentados es el relativo a la proporción de vehículos pesados que compone el TMDA. Al respecto, se seleccionarán tramos cuya proporción de vehículos pesados no sobrepase el 30%. En la eventualidad que se disponga de información confiable acerca de la composición del tránsito, se podrá expandir el muestreo considerando el factor de distribución de vehículos pesados.

### 6.2.3 Estado inicial

Se considerarán tres estados iniciales de la calzada no pavimentada, definidos según método ICNP, a saber:

Tabla N°6.1 Límites de Asignación de Estado para Caminos de Ripio

ESTADO	SECO	MEDITERRÁNEO	HÚMEDO
BUENO A MUY BUENO	10,0 a 5,0	10,0 a 5,5	10,0 a 7,0
REGULAR	4,9 a 4,0	5,4 a 4,5	6,9 a 5,0
MALO A MUY MALO	3,9 a 1,0	4,4 a 1,0	4,9 a 1,0

Tabla N°6.2 Límites de Asignación de Estado para Caminos de Tierra

ESTADO	SECO	MEDITERRÁNEO	HÚMEDO
BUENO A MUY BUENO	10,0 a 4,5	10,0 a 5,5	10,0 a 6,5
REGULAR	4,4 a 3,0	5,4 a 4,0	6,4 a 4,5
MALO A MUY MALO	2,9 a 1,0	3,9 a 1,0	4,4 a 1,0

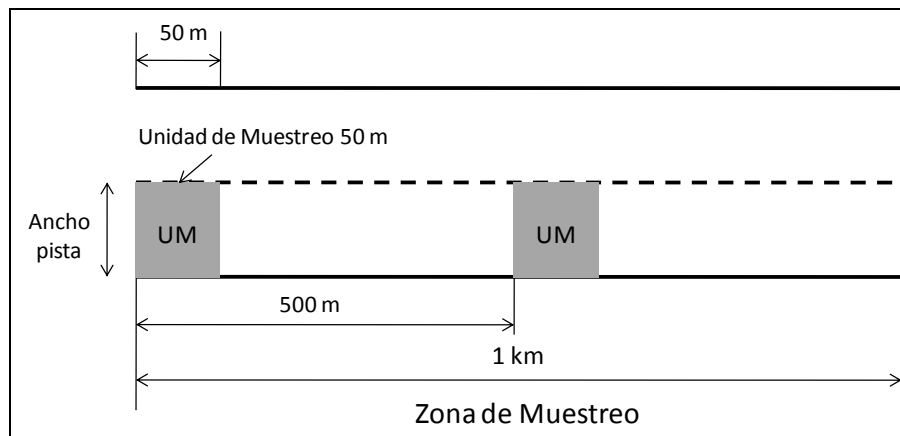
### 6.3 Zonas y Unidades de Muestreo

La Zona de Muestreo tendrá una longitud igual a 1 km. Esta deberá quedar ubicada en un área con las siguientes características:

Cada Zona de Muestreo tendrá dos UM cada una. La primera UM deberá estar ubicada al inicio de la Zona de Muestreo y la segunda al inicio de los 500 m.

Cada UM deberá estar libre de cruces, accesos a predios, puentes, obras de arte u otros elementos que alteren el efecto directo de la circulación de los vehículos sobre el deterioro de la calzada no pavimentada. El esquema de la Zona de Muestreo y Unidades de Muestreo se muestra en la Figura N°6.1 siguiente:

Figura N°6.1 Esquema de la Zona de Muestreo y Unidad de Muestreo a utilizar



Cada tramo que resulte del factorial de combinaciones posibles entre las variables clima, tránsito y estado inicial, tendrá asociada, en lo posible **dos Zona de Muestreo con dos UM cada una**.

### 6.4 Inspección de Deterioros

La inspección de los distintos deterioros a considerar se llevará a cabo utilizando el Instructivo de Inspección Visual de Caminos no Pavimentados, elaborado en el marco del Estudio: "Modelos de Deterioro de Caminos No Pavimentados", desarrollado el año 2008 por la Dirección de Vialidad (ver Figura N°6.2), salvo en las consideraciones de las Unidades de Muestreo que se han definido especialmente en este documento.

**Figura N°6.2 Instructivo de Inspección Visual de Caminos no Pavimentados**



## 6.5 Límites de Intervención Adoptados

Según el ICNP, en la Tabla N°4.7 0 se muestran los umbrales de intervención finalmente adoptados.

## 6.6 Asignación de Acciones de Conservación

A partir de los umbrales de intervención se propondrán operaciones de conservación dentro del siguiente listado:

- Conservación rutinaria
- Reperfilado
- Escarificado y riego
- Reperfilado con compactación
- Reperfilado con Compactación de Calzada con Adición de Material Plástico
- Bacheo de Capas de Rodadura Granulares
- Reparación de Áreas Inestables
- Tela Geotextil para Refuerzo de la Subrasante
- Recebo de Capas de Rodadura y Bermas Granulares
- Reparación de la Calzada con Material Integral

## **6.7 Criterios para la Asignación de Acciones de Conservación**

En la asignación de acciones de conservación interviene el estado de la calzada no pavimentada, evidenciado a través de la inspección visual y asignación del ICNP correspondiente, y el umbral de intervención asociado a cada deterioro. En efecto, a través del indicador ICNP es posible determinar una condición de estado de la calzada y a partir de ésta inferir una categoría de conservación asociada, pero sólo a través de los umbrales de intervención para cada deterioro considerado es posible asignar una acción de conservación específica que permita pasar del estado de “incumplimiento” al de “cumplimiento”.

Por ejemplo, para el caso de los deterioros Ahuellamiento y Calamina, cuando cualquiera de éstos tiene una magnitud por sobre el límite L1, la acción de conservación recomendable será el reperfilado simple o con compactación. Sin embargo, si cualquiera de los deterioros antes señalados se encuentra presente en una magnitud por sobre el límite L2 tal vez lo más aconsejable sea aplicar un recebo granular de un determinado espesor.

Otro ejemplo se tiene cuando la presencia de baches en la calzada sobrepasa los umbrales establecidos. En este caso, si se trata de baches aislados la solución más adecuada es el bacheo granular puntual. Sin embargo, la presencia de baches es generalizada, tal vez la mejor solución sea el recebo granular.

Lo relatado anteriormente refleja que para determinar las acciones de conservación más apropiadas, no es suficiente con la asignación a través de la comparación entre la condición de estado y los umbrales predefinidos. Los criterios de asignación de operaciones de conservación deben complementarse necesariamente con una constatación en terreno de la forma cómo los deterioros se manifiestan y según esto ratificar la conservación propuesta o modificarla si ésta no da cumplimiento satisfactorio a la mejora del estado.

## **6.8 Resultados Obtenidos**

Los resultados obtenidos serán presentados desagregadamente según las variables y parámetros considerados, de manera de facilitar el análisis y evaluación posterior de éstos.

## **6.9 Análisis y Evaluación**

A partir de los resultados obtenidos se hará un análisis y evaluación de éstos que permita validar, ajustar o corregir la metodología propuesta. En este sentido, los análisis realizados permitirán constatar la validez tanto las ecuaciones utilizadas en la determinación del estado, según el indicador ICNP, como la asignación de acciones de conservación en función de los umbrales de intervención propuestos.

Un aspecto importante que debe ser considerado en la implementación futura de esta metodología es la consideración del efecto del clima, sobre todo en aquellas zonas del país donde las precipitaciones son abundantes y modifican rápidamente la condición de la calzada no pavimentada.

## CAPITULO 7 RESUMEN DE LA POLÍTICA

A partir de los diversos aspectos abordados en los capítulos anteriores, es posible resumir la política de conservación planteada de manera esquemática, en la siguiente figura:

Figura N°7.1 Esquema de Aplicación de la Política de Conservación de Caminos No Pavimentados

