

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**  
**Escuela de Ingeniería en Construcción**

Plan de mantenimiento vial a largo plazo en la zona urbana,  
caso: Municipalidad de Curridabat

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Ing. Randall Rodríguez Araya

Cartago, Diciembre 2006.

# **Plan de mantenimiento vial a largo plazo en la zona urbana, caso: Municipalidad de Curridabat**



# Abstract

The Canton of Curridabat has suffered a deterioration of its traffic network in the past years that has meant economical losses for the inhabitants. Therefore, the following maintenance plan of traffic network was set out having as a main aim that the City Hall of Curridabat have a practical guide for a possible investment of the resources, destined to the maintenance of the communication routes.

For the accomplishment of this plan, a detailed investigation of the valid legislation about routes of communication at national level, and its interference in the canton of Curridabat was carried out. Likewise, there were used the methods established by the Ministry of Public Works and Transport (MOPT) for the accomplishment of the road inventory and the priorización of routes.

The present levels of service in the road network were determined according to the guidelines established by the American Manual of Capacity, comparing them to the conditions of traffic that produce the pot-holes when people drive by these routes.

After obtaining this information, it was possible to determine the current condition of the net, and the activities of road conservation necessary to serve most of the inhabitants of the canton, maintaining a level of service that guarantees a suitable traffic.

City Hall of Curridabat  
Maintenance Vial  
Five-year plan  
Pavement

# Resumen

El Cantón de Curridabat ha venido experimentando, al pasar de los años, un deterioro de la red vial cantonal, el cual se ve traducido en perdidas económicas para sus habitantes. Debido a esto, se planteó el siguiente plan de mantenimiento vial, cuyo objetivo principal es brindarle una guía práctica a la Municipalidad de Curridabat para la posible inversión de los recursos, destinados al mantenimiento de las vías de comunicación.

Para la realización de este plan, se llevó a cabo una investigación detallada de la legislación vigente en materia de vías de comunicación a nivel nacional y su injerencia dentro del cantón de Curridabat. Asimismo, se emplearon los métodos establecidos por Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) para la realización del inventario vial y la priorización de vías.

Los niveles de servicio presentes en la red vial se determinaron según los lineamientos establecidos por el Manual de Capacidad Americano, los cuales se equipararon a las condiciones de circulación que producen los baches cuando se conduce a través de estas vías.

Una vez obtenidos estos datos, se pudo determinar la condición actual de la red y las actividades de conservación vial necesarias para servir a la mayor cantidad de habitantes del cantón, manteniendo un nivel de servicio que garantice un adecuado tránsito vehicular.

Municipalidad de Curridabat  
Mantenimiento Vial  
Plan Quinquenal  
Pavimento

# **Plan de mantenimiento vial a largo plazo en la zona urbana, caso: Municipalidad de Curridabat**

ING. RANDALL RODRIGUEZ ARAYA

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Diciembre del 2006

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

Prefacio .....	1
Resumen ejecutivo .....	2
Introducción .....	6
Metodología .....	7
Inventariado de la red vial.....	7
Métodos para la realización de inventarios .....	8
Método 1 (Inventario Tradicional) .....	8
Método 2 (Inventario Moderno).....	8
Tipos de formularios .....	9
Inventario Físico .....	9
Inventario Socioeconómico.....	9
Inventario de flujo y composición del tránsito.....	9
Índice de Viabilidad Técnico-Social (IVTS) .....	9
Nivel de Servicio de la Red.....	9
Gestión Vial de la Red Cantonal.....	11
Mantenimiento Rutinario y Periódico en Vías con Pavimento Asfáltico .....	12
Resultados.....	16
Análisis de los resultados .....	20
Conclusiones .....	27
Apéndices .....	28
Anexos.....	29
Referencias .....	31

# Prefacio

Actualmente, nuestro país atraviesa una grave crisis con el sistema vial, principalmente, por el deterioro de la mayor parte de las carreteras tanto en vías nacionales como cantonales, lo cual genera grandes inconvenientes y pérdidas económicas para los ciudadanos nacionales y extranjeros que hacen uso de las mismas.

Si bien es cierto que se han iniciado campañas de mantenimiento para la reparación de las vías del país, éstas son enfocadas a un mantenimiento de emergencia con el fin de restablecer a corto plazo las condiciones básicas del tránsito vehicular, lo que genera un mal uso y pérdidas de los recursos económicos del Estado destinados para los proyectos viales.

El problema principal es la falta de un plan de mantenimiento vial a corto o largo plazo, el cual solucione el mal estado de las carreteras y genere una cultura de mantenimiento preventivo, con el fin de dimitir la realización de trabajos tipo ambulancia, tan arraigados en los gobiernos locales, que no solucionan el problema de los huecos en las calles y lo pasan a los gobiernos venideros.

El objetivo principal de este proyecto es el preparar una herramienta que sirva de guía a la Municipalidad de Curridabat para realizar un adecuado mantenimiento y/o rehabilitación de la red vial a largo plazo con un adecuado aprovechamiento de recursos.

Agradezco a la Licda. Lucy Retana Chinchilla, Alcaldesa de la Municipalidad de Curridabat, al Ing. Edwin Aguilar Vargas, Director de la Unidad Técnica de Gestión Vial y al Ing. Alvaro Aguilar Dondi por la ayuda brindada durante la ejecución de este proyecto. .

# Resumen ejecutivo

Actualmente nuestro país atraviesa una problemática del sistema vial, principalmente, por el deterioro de la mayor parte de las carreteras tanto en vías nacionales como cantonales, tal es caso del Cantón de Curridabat, lo cual genera grandes inconvenientes y pérdidas económicas a los ciudadanos nacionales y extranjeros que residen y transitan por sus calles. Debido a esto, se planteó este plan de mantenimiento vial, cuyo objetivo es brindarle una guía práctica a la Municipalidad de Curridabat para presupuestar la inversión de los recursos destinados al mantenimiento de las vías de comunicación.

Este plan se orientó al análisis de necesidades y prioridades de la red de Curridabat, tomando políticas de desarrollo básicas y específicas que permitan una gestión racional y justificada para la inversión de los recursos dentro del marco de mantenimiento y/o rehabilitación vial, de acuerdo a los lineamientos del Plan Regulador vigente en la Municipalidad de Curridabat, el Código Municipal, la Ley General de Caminos Públicos, Ley de Construcciones, el CR-2002 y la Ley 8114 (Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria).

Se realizó un diagnóstico de la red vial del cantón, definiendo las cualidades y estado de las vías según el sistema de inventarios del MOPT.

Posteriormente, se determinaron los niveles de servicio requeridos en la red, tomando en cuenta la influencia y afectación de las rutas nacionales que atraviesan y colindan con el cantón. Se priorizaron las vías del cantón, para garantizar un adecuado flujo vehicular. Se establecieron procesos de mantenimiento vial de acuerdo a los procedimientos y normativas vigentes en el país.

Finalmente se cuantificó la inversión requerida para implementar diferentes niveles de servicio en la red (escenarios), que responden a los lineamientos y regulaciones orientados al desarrollo del cantón y se ajusten a la asignación de recursos esperados.

## Mantenimiento periódico y rutinario de la red asfaltada

Mientras la conservación vial se refiere a la totalidad de actividades de mantenimiento y rehabilitación necesarias para preservar una vía, el mantenimiento se limita a aquellas obras periódicas o rutinarias realizadas en una carretera, calle o camino para mantener sus condiciones iniciales.

El mantenimiento no sólo preserva la superficie del pavimento, también previene el desgaste acelerado. Este no debe considerarse como un gasto, sino como una inversión en la estructura del pavimento y una garantía para prevenir una renovación costosa.

A continuación se presenta un cuadro, en donde se determina la longitud de la red vial.

<b>CUADRO 1. RED VIAL CURRIDABAT</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Longitud (km)</b>
Rutas Nacionales	21,827
Rutas Cantonales	135,385
Línea del tren	3,745
Otros	12,489
<b>TOTAL</b>	<b>173,446</b>

En Curridabat, funciona una red vial de 173.446 km, de los cuales 135.385 km corresponden a rutas cantonales, 21.827 km a rutas nacionales y el resto a otros caminos.

## Niveles de Servicio

De acuerdo con los niveles de servicio establecidos por el Manual de Capacidad Americano e indicados por el señor Miguel Dobles Umaña en su libro Trazado y Diseño Geométrico de Vías, se equipararon estos niveles

a las condiciones de circulación que producen los baches. Esta equiparación se realizó tomando en cuenta una red cantonal que presenta un carril en cada sentido, y se ubica en una zona urbana donde el tránsito es regulado por un señalamiento vertical y horizontal regulando una velocidad moderada de avance de los vehículos.

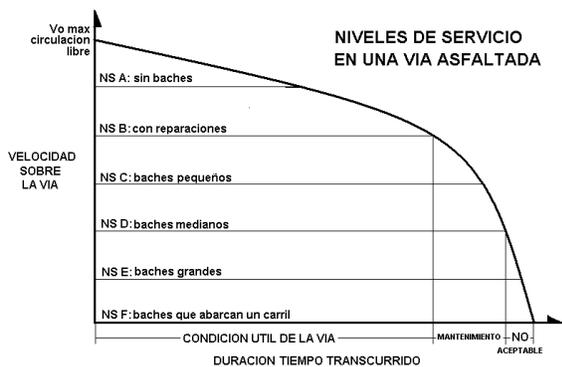


Gráfico 1 Niveles de Servicio

## Priorización de las vías del Cantón

En la atención de la red vial cantonal, se deberá cumplir con las dos políticas de desarrollo vial vigentes en esta Municipalidad.

- Política de Desarrollo Vial # 1: Se deberá atender las vías que sirvan a la mayor cantidad de habitantes, salvo exista otra justificación.
- Política de Desarrollo Vial # 2: Se considera como condición útil de una vía asfaltada, aquella en la que no se tengan baches o estos sean pequeños y no afecten la circulación vehicular. Se deberá dar mantenimiento a las vías siempre y cuando se detecten baches o agrietamientos en ellas y no será aceptable que en las vías se tengan baches que abarquen el ancho de un carril.

Esta priorización se realizó siguiendo la PDV # 1, por lo tanto, se tomó como base de partida el Índice de Viabilidad Técnico Social obtenido por cada camino como resultado del inventario; ya que, este parámetro abarca los criterios sociales, económicos y técnicos presentes en cada comunidad.

## Análisis de Resultados

Con base en los resultados obtenidos del inventario de la red cantonal, se pudo determinar como cerca del 90%, se encuentra con una superficie de ruedo asfaltada, o en su defecto con concreto, de la cual sólo cerca del 60% presenta baches que deben ser reparados. Esto indica, como las principales políticas de gestión vial que se deben tomar en cuenta para tener un adecuado nivel de servicio de la red, son mantenimientos tanto periódicos como rutinarios.

Para tener varios datos de partida al momento de elaborar este plan de mantenimiento, se tomó como base un tramo de red con una longitud de 1 Kilómetro (1000 metros) y un ancho promedio de 7 metros,

Los costos del presente análisis se basan en los precios señalados por el mayor proveedor municipal, (esto de acuerdo con la consulta municipal sobre los precios de mercado)

En primer lugar necesitamos saber:

- *¿Cuánto cuesta bachear 1 kilómetro de carretera?*

Se estima que en promedio, por 1 km de vía asfaltada el cual requiere bacheo se deben colocar 50 toneladas de mezcla asfáltica al año para mantenerla en buenas condiciones. Con esto el nivel de servicio variará de B a D a lo largo del año.

$$50 \times \text{¢}55.000 = \text{¢}2.750.000,00$$

- *¿Cuánto cuesta 1 kilómetro de carpeta nueva, que se espera dure seis años?*

$$1000 \times 7 \times 0.05 \times 2,35 = 822 \text{ Ton}$$

$$822 \times \text{¢}50.000 + 50 \times \text{¢}55.000 = \text{¢}43.850.000,00$$

- *¿Cuánto cuesta 1 kilómetro de carpeta rehabilitada, que se espera dure 10 años?*

Para obtener este costo se analizó el siguiente caso:

### Datos

Longitud	1000	m
Ancho	7	m
Espesor Carpeta	0,075	m
Espesor de Base	0.10	m
Volumen 1	525	m <sup>3</sup>
Volumen 2	700	m <sup>3</sup>

<b>CUADRO 2. ANÁLISIS DE COSTO PARA 1 KM DE CARRETERA REHABILITADA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Escarificación	525	m3	¢5.000,00	¢2.625.000,00
Estabilización de Base	700	m3	¢12.500,00	¢8.750.000,00
Carpeta asfáltica (e=7,5cm)	1233,75	ton	¢50.000,00	¢61.687.500,00
<b>Total</b>				<b>¢73.062.500,00</b>

Através de un análisis conservador, se asume que la estructura del pavimento presenta problemas de estabilidad propios del final de su período de diseño, y además se considera una escarificación de la superficie de ruedo existente, seguida de una estabilización de la base para lograr así una estructura de pavimento que soporte las solicitaciones esperadas.

Posteriormente se le colocaría una carpeta asfáltica con un espesor de 7.5 cm, el cual es un espesor casi mínimo, tomando en cuenta los niveles de tránsito vehicular (tanto liviano como de carga) que atraviesan diariamente el cantón de Curridabat.

Es de gran importancia, adicionar al monto obtenido, el rubro por estudios de laboratorio, que cubra los estudios técnicos antes del proyecto así como los controles de calidad durante y al final de la ejecución del mismo.

- *¿Cuántos millones de colones se estima que costaría la carpeta nueva en los 107.3 km de calles urgidos de mantenimiento?*

$$¢43.850.000,00 \times 107.3 = ¢4.705,105.000,00$$

- *¿Cuánto cuesta bachear un kilómetro cada año durante seis años?*

$$50 \times ¢55.000,00 \times 6 = ¢16,500.000,00$$

- *¿Cuántos millones de colones se estima que costaría el bacheo durante seis años, en los 107.3 Km de calles urgidos de mantenimiento?*

$$¢16.500.000,00 \times 107.3 = ¢1.770,450.000,00$$

La razón estimada entre carpeta nueva y bacheo a lo largo de los seis años es de

$$¢4.705,105.000,00 / 1.770,450.000,00 = \mathbf{2.66}$$

Es decir, si se contrataran los trabajos, con los recursos que se arregla 1 km. de calle con carpeta nueva, actualmente es posible arreglar 2.66 km. de calle con bacheo.

Respecto a la PDV #1, se observa como al comparar las modalidades de mantenimiento, el bacheo es la forma de atender y beneficiar la mayor cantidad de kilómetros y habitantes al más bajo costo, por lo tanto este debería ser el primer criterio que sirva de orientación a los recursos destinados para la red vial del cantón.

Respecto a la PDV #2 se debe tomar en cuenta que, si bien es cierto una calle bacheada no ofrece el confort y la comodidad de circular por una calle con carpeta nueva, una calle bacheada todos los años, sí ofrece un nivel de servicio apropiado para las necesidades generales de los habitantes del cantón. Bajo este criterio, sí es posible atender la red con esta modalidad de mantenimiento.

## Plan de mantenimiento a largo plazo

Basado en el inventario de la red, principalmente, en la calificación de cada camino según el Índice de Viabilidad Técnico Social y a la condición de la superficie de ruedo, se elaboró una lista de las vías que presentan mayor deterioro y deberían ser intervenidas más profundamente para lograr restablecer su nivel de servicio, así pues se obtuvo una totalidad de 53.67 km de vías por intervenir.

Con una asignación de recursos de 250 millones de colones anuales, conformados por recursos propios, así como, los recursos

provenientes de la Ley 8114, se plantea el siguiente análisis para la posible inversión de los recursos esperados:

Presupuesto	¢250.000.000,00
Gastos Administrativos	-¢25.000.000,00
Plan Quinquenal de Bacheo	-¢100.000.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>¢125.000.000,00</b>

Cuando se habla del Plan Quinquenal de Bacheo, es el plan de mantenimiento rutinario con la cuadrilla municipal, vigente en el Cantón para la atención de la red, y así, garantizar un adecuado nivel de servicio.

Con los ¢125 millones de colones restantes, y tomando en cuenta el costo de colocar carpeta nueva por kilometro, se podría estimar un plazo de 19 años necesarios para atender la totalidad de la lista.

$$\begin{aligned} & \text{¢}43.850.000,00 \times 53,67 \text{ km} = \text{¢}2.354,429.500,00 \\ & \text{¢}2.354,429.500,00 / \text{¢}125,000.000,00 = 18,8 \text{ años} \end{aligned}$$

**Aproximadamente 19 años**

Es importante recalcar, que durante estos 19 años, se contará con 100 millones de colones anuales para atender los restantes 81.715 km de vía, los cuales actualmente se encuentran en muy buen estado; por lo tanto requerirían así solamente bacheos periódicos para restablecer el nivel de servicio. Claro está, que este es un proceso cíclico, pues año tras año conforme se actualice el inventario y se ejecuten los recursos, esta lista de caminos también irá sufriendo variaciones.

Resumiendo, el plan propuesto para el mantenimiento vial a largo plazo se podría esquematizar de la siguiente manera.

<b>CUADRO 3. ASIGNACIÓN ANUAL DE RECURSOS DE ACUERDO AL PLAN DE MANTENIMIENTO A LARGO PLAZO</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Monto</b>
Mantenimiento de la UTGV	¢25.000.000,00
Bacheo Distrito Curridabat	¢25.000.000,00
Bacheo Distrito Granadilla	¢25.000.000,00
Bacheo Distrito Sanchez	¢25.000.000,00

Bacheo Distrito Tirrasas	¢25.000.000,00
Recarpeteo de 2,85 km de proyectos de la lista	¢125.000.000,00
<b>Total</b>	<b>¢250.000.000,00</b>

Al tomar como directriz esta línea de trabajo, a la hora de realizar los presupuestos operativos anuales (POA), se estaría abarcando gran cantidad de sectores por cada distrito, siguiendo así la PDV # 1, que busca intervenir y beneficiar la mayor cantidad de kilómetros y habitantes al más bajo costo. Con el recarpeteo de los proyectos indicados, se estaría restituyendo el nivel de servicio en estas vías, donde ya su vida útil había llegado a su límite, dando seguimiento así la PDV # 2.

## Conclusiones

La realización del Inventario Vial debe de programarse como máximo cada dos años, con el fin de determinar así las labores de mantenimiento vial necesarias para garantizar un adecuado nivel de servicio. Además, representa un factor de mucho peso al momento de asignar los recursos provenientes de la Ley 8114 hacia cada municipalidad.

El Bacheo es una de las actividades de mantenimiento vial más económicas, que logra un nivel de servicio aceptable de las calles; asimismo garantiza la atención y beneficio de la mayor cantidad de kilómetros y habitantes.

El recarpeteo de una vía resulta más costoso, pero se justifica en ciertos proyectos donde la superficie de ruedo ya ha cumplido su vida útil y es necesario recuperar el nivel de servicio de la misma por otro periodo largo de tiempo, debido a las condiciones de tránsito a las que está expuesta diariamente.

La Municipalidad de Curridabat debería reforzar los recursos provenientes de la Ley 8114 con recursos propios y conformar el presupuesto anual destinado al mantenimiento de la red vial cantonal.

Igualmente, se debe mantener en la Municipalidad un equipo calificado de trabajo, quienes realicen labores de planeamiento y ejecución de obras, garantizando así una eficiente ejecución de los recursos presupuestados anualmente para el mantenimiento de la red vial.

# Introducción

El presente proyecto está orientado al análisis de necesidades y prioridades de la inversión en la red vial del cantón de Curridabat, tomando como principio políticas de desarrollo básicas y específicas que permitan desarrollar un plan de manejo de la red vial a largo plazo, el cual incluya una gestión racional y justificada para la inversión de los recursos dentro del marco de mantenimiento y/o rehabilitación vial, de acuerdo a los lineamientos del Plan Regulador vigente en la Municipalidad de Curridabat, el Código Municipal, la Ley General de Caminos Públicos, Ley de Construcciones, el CR-2002 y la Ley 8114 (Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria).

Para lograr esto se deberán de abarcar los siguientes aspectos:

1. Realizar un diagnóstico de la red vial del cantón, con el fin de definir las cualidades y estado de las vías según la legislación vigente en el país.
2. Determinar los niveles de servicio requeridos en la red, tomando en cuenta la influencia y afectación de las rutas nacionales que atraviesan y colindan con el cantón; además, de los lineamientos establecidos por el Plan regulador vigente y la demanda de servicio esperada.
3. Priorización de las vías del cantón para garantizar un adecuado flujo vehicular tanto a nivel industrial como urbano.
4. Establecer procesos de mantenimiento vial de acuerdo a los procedimientos y normativas vigentes en el país y que se ajusten a la asignación de recursos esperados.
5. Cuantificar la inversión requerida para implementar diferentes niveles de servicio en el cantón (escenarios), los cuales respondan a los lineamientos y regulaciones que orientan el desarrollo del cantón y se ajusten a la asignación de recursos esperados.

Lo anterior, queda a criterio de las autoridades respectivas de la Municipalidad de Curridabat su puesta en práctica.

# Metodología

## Inventariado de la red vial

La red de calles y caminos de la Red Vial Cantonal forman parte de un sistema nacional de transporte e infraestructura, que en su conjunto hacen posible la comunicación y el trasiego de mercadería entre diferentes zonas del país. Su importancia para la economía, el desarrollo tecnológico, la cultura y el esparcimiento son incuestionables, y por tanto, merece especial atención.

El conjunto de calles, caminos, carreteras y otros que comprenden la red de vías públicas de una comunidad y/o cantón, requieren de un proceso permanente de evaluación y acondicionamiento a las nuevas necesidades. Para ello es fundamental contar con un inventario detallado de cada uno de sus componentes, tales como: derecho de vía, puentes, viaductos, estructuras de contención y protección de calzada, sistema de drenaje, aceras, señalización, iluminación y hasta las áreas de estacionamiento.

La Red Vial de nuestro país se compone de un 20% de carreteras (red vial nacional) y un 80% de caminos y veredas de carácter cantonal. El mantenimiento de la red vial nacional está a cargo del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), asimismo, la red vial cantonal debe ser atendida por las municipalidades en conjunto con la Dirección de Obras Públicas del MOPT, siendo este último el ente rector de la red vial total. Las rutas nacionales se ordenan de primarias a terciarias, mientras que las cantonales consideran caminos vecinales o clasificados, caminos no clasificados, calles urbanas y caminos sólo verano.

A fin de que el usuario pueda disponer de un óptimo nivel de servicio, las vías públicas deben presentar una trama ordenada de características físicas, posibilidades de

circulación, una señalización lo suficientemente entrelazada y una rigurosa lógica de conectividad. Por esta razón el MOPT pone a disposición las bases de datos con sus respectivas normas, con el fin de que las demás instituciones u organizaciones proyecten las medidas para el desarrollo y conservación de las vías. (en este caso la Municipalidad de Curridabat) Esto incluye los estándares para el pavimento, el sistema de drenaje, los anchos de los carriles, alturas máximas de pasos a desnivel, pesos tolerables y señalamientos, entre otras recomendaciones.

En Costa Rica, los diagnósticos o estudios realizados por el MOPT, IFAM, organismos de cooperación internacional y las Municipalidades, señalan como los caminos son la prioridad y necesidad que demandan los vecinos. En este sentido, el inventario es un instrumento de trabajo el cual permite identificar, clasificar y priorizar estas necesidades; lo que permite a su vez, conocer los costos de inversión requeridos para la conservación de la red vial. Finalmente, es posible determinar mediante estos inventarios otra información de carácter socioeconómico, la cual resulta de vital importancia para justificar la rentabilidad de los proyectos por incluir en la programación.

## Ordenamiento Jurídico que regula el inventario vial

El Ministerio de Obras Públicas y Transportes en calidad de ente rector del Sector, dictará las políticas y procedimientos en materia vial del país, según lo dispone su Ley de creación No. 4786 y reformas. En este sentido, el MOPT debe velar para que el sistema vial costarricense se desarrolle y opere efectivamente en beneficio del interés público.

Por otra parte, esta el reglamento al artículo 5, inciso b de la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria No. 8114, la cual regula la

inversión de los recursos provenientes del impuesto a los combustibles en la red vial cantonal.

Es responsabilidad del MOPT velar por la actualización de las bases de datos relacionadas con la clasificación de la Red Vial Cantonal. Por tal motivo, se han desarrollado una serie de procedimientos estandarizados los cuales permiten determinar el grado de importancia de cada uno de los caminos que integran esta red.

## Métodos para la realización de inventarios

### Método 1 (Inventario Tradicional)

Este método se basa en llenar formularios establecidos por el MOPT (socioeconómico, físico, de necesidades y el de flujo y composición de tránsito). Para este propósito, se realiza un diagnóstico de las características de la zona de influencia y las necesidades viales más consecuentes con el nivel de servicio al cual se desea llevar el camino en análisis. Asimismo, se identifican las principales variables geométricas y los requerimientos en flujo vehicular.

Además se utilizan los mapas del Instituto Geográfico Nacional, disponibles en la Dirección de Planificación del MOPT, la Comisión Nacional de Emergencias, entre otras. Se debe aprovechar el conocimiento local (institucional y comunal), las estadísticas nacionales y complementarse con las expectativas de desarrollo y seguridad nacional que se tenga a nivel de Gobierno Central y Local.

Los registros viales deben ser procesados, actualizados y archivados tanto a nivel del MOPT como de las Municipalidades.

### Método 2 (Inventario Moderno)

Incluye importantes sistemas que permiten el monitoreo de caminos o calles mediante la utilización de equipos adaptados a un vehículo. La información es recogida y grabada en una computadora para ser procesada y utilizada posteriormente en los siguientes estudios:

1. Calificación de la condición de la infraestructura vial.
2. Inventario visual de las obras anexas a la vía.
3. Seguimiento visual de obras viales en construcción.
4. Toma de perfil transversal y ahuellamiento de la vía.
5. Obtención de alineamientos horizontales y verticales.
6. Grabación de video referenciado al kilometraje y posición geográfica.
7. Estudios de tiempo de viaje y congestión.
8. Obtención de información en la evaluación de costos de operación de la flota vehicular.
9. Calibración de los modelos de congestión en HDM4.

Los sistemas más conocidos, de los cuales se obtiene la información citada son:

- SPKV (Sistema de Posicionamiento Kilométrico y Velocidad)
- SV (Sistema de Video)
- TPL (Sistema para la Adquisición de Perfiles Transversales)
- GPS (Sistema de Posicionamiento Global)
- FWD (Sistema de Evaluación Estructural)
- TLP (Sistema de obtención del Índice de Rugosidad IRI)

Para analizar la Red Vial del Cantón de Curridabat, se hará uso del Método Tradicional, ya que, no se cuenta con los softwares y los equipos necesarios para utilizar el Método Moderno.

# Tipos de formularios

## Inventario Físico

Para la realización de este inventario se hace uso del Formulario de Inventario Físico (Ver anexo 1), el cual considera los elementos más relevantes de una calle o camino, tales como la cantidad y extensión de la vía, calidad, ubicación geográfica, codificación y demandas de tránsito, que permiten describir las características principales de las vías públicas.

## Inventario Socioeconómico

La información generada en este formulario es de gran utilidad para priorizar y asignar la categoría respectiva a la vía, y así, tomar en cuenta los kilómetros de la Red Vial Cantonal con el fin de calcular los recursos que se transferirán a la Municipalidad, con base en el Reglamento sobre Manejo, Normalización y Responsabilidades para la Inversión Pública en la Red Vial Cantonal.

Al igual que el inventario físico, éste se realiza directamente en el campo, y se hacen las anotaciones en el formulario correspondiente (Ver anexo 2).

## Inventario de flujo y composición del tránsito

El formulario utilizado para el inventario del flujo y composición del tránsito en una vía de la red vial cantonal se puede ver en el Anexo 3

Previo a la realización del conteo, se entrevistará a los vecinos de la localidad con el fin de obtener información que permita conocer el período del día en el cual se presenta la mayor concentración de vehículos; así como, si existen determinadas épocas del año con mayor flujo vehicular.

## Indice de Viabilidad Técnico-Social (IVTS)

Este índice es para determinar la importancia relativa de una calle o camino dentro de un cantón, distrito o región de condiciones similares.

El IVTS se calcula con base en la información recopilada mediante el inventario socioeconómico en el formulario detallado más adelante, (ver Anexo 4) La cuantificación de cada uno de los criterios ahí considerados permite la obtención de un índice relativo entre 0 y 100, que indica el grado de importancia de la vía. Entre mayor sea el índice, mayor importancia recibirá el camino o calle en estudio.

El cálculo del IVTS se basa en seis componentes principales que son:

1. Infraestructura local
2. Cantidad de viviendas por kilómetro
3. Proyectos de desarrollo nacional
4. Proyectos de desarrollo social
5. Criterios económicos.
6. Accesibilidad, grado de desarrollo actual del camino y fuentes de material

En el Anexo 8 se muestran las especificaciones técnicas establecidas por el MOPT para el llenado de estos formularios.

## Nivel de Servicio de la Red

El término nivel de servicio se usa para describir flujos y sus condiciones cuando las intensidades de tránsito están por debajo de la capacidad de la vía.

El nivel de servicio es una medida cualitativa del efecto de muchos factores que pueden agruparse de la siguiente manera:

- Velocidad de ruedo y duración del viaje.
- Interrupciones, retardos y cambios bruscos de velocidad.

- Libertad de maniobra y posibilidades de conservar la velocidad que desea.
- Seguridad, expresada por medio de una tasa de accidentes constatada, pero también como riesgo potencial.
- Comodidad y bienestar durante la conducción, expresado como un esfuerzo requerido.
- Economía, en términos de costo de funcionamiento del vehículo.

Para tener en cuenta las condiciones en que se desarrolla la circulación en una determinada vía, el Manual de Capacidad Americano emplea seis niveles de servicio, cuyas definiciones son las siguientes.

### Nivel de servicio A:

Corresponde a la condición de circulación libre, la velocidad es libremente elegida por los conductores, sin que se vean estorbados por otros vehículos. Las condiciones de comodidad y bienestar del motorista y los pasajeros o los peatones se consideran excelentes.

### Nivel de Servicio B

Corresponde a una condición de circulación estable, la velocidad se escoge con relativa libertad y la presencia de los otros vehículos no es estorbosa, pero sí perceptible. Las condiciones de comodidad y bienestar son algo inferiores a las del nivel A, pues la presencia de los otros vehículos empieza a afectar los comportamientos individuales.

### Nivel de Servicio C:

La condición sigue considerándose en condición estable, pero la libertad de maniobra se disminuye debido a la interacción con los vehículos presentes. La mayor parte de los conductores deberán de ajustar su velocidad, teniendo en cuenta la de los otros vehículos y la maniobrabilidad dentro de la corriente de tránsito requiere una circunstancial concentración de

parte del conductor. Las condiciones de comodidad y bienestar declinan notablemente en este nivel.

### Nivel de Servicio D

La circulación se mantiene en condición estable, aunque se presenta una densidad alta. Todos los vehículos experimentan una reducción en sus velocidades al tener que supeditarla, en grado considerable, a las de los vehículos precedidos. Las condiciones de maniobrabilidad, comodidad y bienestar presentan un nivel bajo. Cualquier incremento en la intensidad del tránsito puede dar lugar a problemas de inestabilidad circulatorio.

### Nivel de Servicio E:

Corresponde a una circulación inestable y la intensidad de tránsito alcanza la capacidad de la vía. La velocidad media de todos los vehículos es prácticamente igual, del orden de 40-50 km/h, independientemente del tipo de carretera. Los vehículos forman largas procesiones y las maniobras para adelantamiento o cambio de carril son dificultosas. La comodidad y el bienestar llegan a niveles muy bajos y cualquier incidente o intento de aumento en la intensidad del tránsito ocasionaría la detención de la corriente.

### Nivel de Servicio F:

La condición de circulación es forzada o de congestión. Se produce cuando la intensidad de tránsito que intenta acceder a la sección investigada es superior a la capacidad de la misma. Se forman colas en el acceso, la operación se caracteriza por paradas y arranques sucesivos y se considera extremadamente inestable. La sucesión de avances y detenciones adopta un estilo cíclico y da como resultado una velocidad media muy baja.

# Gestión Vial de la Red Cantonal

Se debe entender por Gestión Vial: el conjunto de obras o acciones necesarias para alcanzar una meta de conservación, mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico, mejoramiento, rehabilitación o construcción vial, que debe ser planificada y evaluada, con participación de los usuarios. Responde al qué se debe hacer, dónde, cómo y cuándo.

## Conservación Vial:

Es el conjunto de actividades destinadas a preservar, en forma continua y sostenida el buen estado de las vías, de modo que se garantice un óptimo servicio al usuario. La conservación vial comprende el mantenimiento rutinario, periódico y la rehabilitación de los diferentes componentes: derecho de vía, sistema de drenaje, puentes, obras de arte y estructura portante de la vía o pavimento, sea esta a base de asfalto, concreto hidráulico, lastre o tierra.

Cabe comentar que la no realización de las actividades de conservación de las vías públicas ocasiona problemas relacionados con:

- Un mayor impacto al ambiente, por causa de las mayores emanaciones que se producen
- Pérdida acelerada de materiales que deben ser repuestos
- Incremento en los costos de transporte
- Pérdidas para la economía del país
- Disminución de los beneficios sociales, que se pretende proveer

## Mantenimiento Vial

La conservación vial se refiere a la totalidad de actividades de mantenimiento y rehabilitación que son necesarias para preservar una vía; por otra parte el mantenimiento se limita a aquellas obras que, en forma periódica o rutinaria, deben

llevarse a cabo para que una carretera, calle o camino se mantenga en su condición inicial.

Por mantenimiento rutinario se entiende el conjunto de actividades ejecutadas con mucha frecuencia durante todo el año para preservar la condición operativa de la vía, su nivel de servicio y la seguridad de los usuarios. Está constituido, entre otros: por la limpieza de drenajes, el control de la vegetación, las reparaciones menores de los pavimentos de concreto asfáltico, concreto hidráulico y de tratamientos superficiales bituminosos, el bacheo manual o mecanizado de las vías en lastre, el mantenimiento ligero de los puentes, las obras de protección y demás obras de arte; así como, la restitución de la demarcación y el señalamiento.

Por mantenimiento periódico se entiende el conjunto de actividades programables cada cierto período, tendientes a renovar la condición original de los pavimentos mediante la aplicación de capas adicionales de lastre, grava, tratamientos superficiales, sellos o recarpeteos asfálticos, según sea el caso, sin alterar la estructura subyacente a la capa de ruedo; así como, la restauración de taludes de corte y de relleno y del señalamiento en mal estado. El mantenimiento periódico de los puentes incluye la limpieza, pintura, reparación o cambio de los componentes estructurales o de protección; además de la limpieza del cauce del río o quebrada, en las zonas aledañas.

## Rehabilitación Vial:

Reparación selectiva y refuerzo del pavimento o de la calzada, previo a la demolición parcial de la estructura existente, con el objeto de restablecer la solidez estructural y la calidad de ruedo originales. Considera, también, la construcción o reconstrucción de los sistemas de drenaje. Antes de cualquier rehabilitación en la superficie de ruedo, deberá verificarse que el sistema de drenaje funcione bien. En el caso de los puentes y alcantarillas mayores, la rehabilitación

comprende las reparaciones mayores, tales como: el cambio de elementos o componentes estructurales principales, el cambio de la losa del piso, la reparación mayor de los bastiones, delantales u otros. En el caso de muros de contención, se refiere a la reparación o cambio de las secciones dañadas o a su refuerzo, posterior al análisis de estabilidad correspondiente.

## Otros conceptos relacionados al estado de los caminos

Dos conceptos importantes en el campo del tratamiento de carreteras y caminos, no considerados dentro del término de conservación vial por el tipo de actividades que implican, son la reconstrucción y el mejoramiento.

La reconstrucción es la renovación completa de la estructura de la calle o camino, con previa demolición parcial o total de la estructura del pavimento.

El mejoramiento es el conjunto de mejoras o modificaciones de los estándares horizontales y/o verticales de los caminos, relacionadas con el ancho, el alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal a fin de incrementar la capacidad de la vía, la velocidad de circulación y aumentar la seguridad de los vehículos. También, se incluyen dentro de esta categoría la ampliación de la calzada, el cambio del tipo de superficie de tierra a lastre o de lastre a asfalto, entre otros y la construcción de estructuras, tales como: alcantarillas mayores, puentes o intersecciones.

## Modalidades de intervención

Como ente rector del sector transporte en Costa Rica, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes considera las siguientes modalidades de intervención para la conservación vial:

- a) Obras por administración, con equipo y personal propios.

- b) Obras por convenio, con participación de las comunidades, el MOPT y otras organizaciones públicas o privadas.
- c) Obras por contrato, con sus debidos carteles y reglamentación.
- d) Concesión o gestión interesada de obras y proyectos.
- e) Combinaciones de las anteriores.

## Mantenimiento Rutinario y Periódico en Vías con Pavimento Asfáltico

La Asociación Estadounidense de Agencias de Transportes y Carreteras (AASHTO) define el mantenimiento como la preservación y conservación de una carretera en su condición original de construcción o en su condición subsiguiente mejorada. El mantenimiento debe ser suficiente para que el pavimento cumpla su función en forma satisfactoria durante toda su vida de diseño y deberá llevarse a cabo con el mínimo de gasto e interrupción del tráfico.

El mantenimiento no sólo preserva la superficie del pavimento, igualmente previene el desgaste acelerado. Por otra parte, no debe de considerarse como un gasto, sino como una inversión en la estructura del pavimento y una garantía para prevenir una renovación costosa del mismo.

Las tensiones que producen defectos menores están presentes en todos los pavimentos y pueden ser causadas por un cambio de temperatura o contenido de humedad, el tráfico, y pequeños movimientos en el suelo subyacente o adyacente. Las fisuras, baches, depresiones y otros tipos de fallas son la evidencia visible del desgaste del pavimento.

Una detección temprana, aunada a la pronta reparación de los defectos menores, es, sin lugar a dudas, el trabajo más importante que deben ejecutar los encargados del mantenimiento. Las fisuras y otras fallas superficiales, casi imperceptibles en sus estados iniciales, pueden convertirse en serios defectos si no son reparados rápidamente. Por esta razón, el

inspector de obras viales debe realizar frecuentes inspecciones del pavimento.

Después de las inspecciones periódicas (cada 2 o 3 meses), es importante sacar conclusiones en relación con las posibles causas del problema para posteriormente, determinar el tipo de reparación que se necesita. Estas reparaciones y aplicarlas tan pronto como sea posible.

Es importante recordar que durante las inspecciones aludidas se requiere evaluar:

- La condición del sistema de drenaje
- El estado de la carretera
- El nivel de sobrecarga al cual está sometido el pavimento y el grado de frecuencia con que se presenta esta condición negativa

- La localización y tipificación de las principales necesidades que presenta la superficie de ruedo, mediante los formularios de inventario respectivos

El inspector de obras viales debe, además, asociar el tipo de daño con los materiales disponibles; de modo que al momento de realizar el inventario y el resumen de necesidades, se establezca el tipo de material y actividad para reparar los daños.

A continuación se detallan los daños más comunes en carpetas asfálticas y su posible solución.

<b>Daños principales en Carpetas Asfálticas</b>	<b>Causas</b>	<b>Posible Solución</b>
<b>AGRIETAMIENTOS</b>		
Piel de lagarto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carpeta colocada en una subrasante o capas inferiores inestables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bacheo profundo</li> <li>• Bacheo Superficial</li> <li>• Sello asfáltico</li> </ul>
Longitudinal (a lo largo de los hombros)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estancamiento del agua entre el hombro y el pavimento</li> <li>• Asentamiento del hombro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de lechada de emulsión asfáltica (sellado con asfalto líquido)</li> </ul>
En las juntas de los carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debilidad de la junta entre capas contiguas de pavimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idem</li> </ul>
Reflexión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grietas de capas inferiores que se reflejan en la carpeta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idem</li> </ul>
Desplazamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala adherencia entre carpetas (superficial e inferior)</li> <li>• Alto contenido de arena en la mezcla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoción de la carpeta superficial alrededor de la grieta</li> </ul>
<b>DEFORMACIONES</b>		
Ahuellamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poca compactación en los pavimentos</li> <li>• Poca estabilidad en la mezcla asfáltica para soportar tráfico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relleno de las depresiones con mezcla asfáltica precedido de una ligera capa de liga</li> </ul>
Ondulaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mezcla con alto contenido de asfalto</li> <li>• Mezcla con agregados finos y redondos con textura lisa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustitución de la carpeta asfáltica en la sección afectada</li> </ul>
Hundimientos de la rasante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobrecarga</li> <li>• Asentamiento de las capas interiores del pavimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relleno con material asfáltico</li> </ul>
Hinchamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hinchamiento de la subrasante o de alguna parte de la estructura del pavimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bacheo profundo</li> </ul>

	(suelos expansivos)	
<b>DESINTREGACIÓN</b>		
Baches	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debilidad del pavimento (carpeta demasiado delgada, escasez de asfalto, demasiados finos, drenaje deficiente)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bacheo profundo o superficial</li> </ul>
Desmoronamiento en los bordes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de compactación en la carpeta asfáltica</li> <li>• Uso de agregados sucios</li> <li>• Colocación de mezcla con condición de humedad alta.</li> <li>• Excesivo calentamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento superficial</li> </ul>
<b>PELIGRO POR RESBALAMIENTO</b>		
Exudación de asfalto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exceso de asfalto en una o más de las capas de pavimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocación de agregado fino (calentarlo a 150 °C)</li> </ul>
Agregados pulidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregados redondos en lastre de superficie del pavimento o que se pulen rápidamente bajo el tránsito de los vehículos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento superficial de mezcla en planta o un sello de agregado</li> </ul>
<b>PROBLEMAS VARIOS EN TRATAMIENTOS SUPERFICIALES</b>		
Pérdida del agregado de la cubierta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregado empolvado</li> <li>• Problemas de compactación</li> <li>• Deficiente ligadura</li> <li>• Tiempo muy frío</li> <li>• Otros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de sello asfáltico, seguido de una colocación de arena gruesa (calentar a más de 150 °C)</li> </ul>
Estrías longitudinales y transversales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallas en el distribuidor de asfalto</li> <li>• Asfalto demasiado frío</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de un nuevo tratamiento superficial</li> </ul>

Fuente: *Conservación de Caminos. Un modelo participativo – MOPT/GTZ*

## Técnicas de Bacheo

El bacheo es probablemente el método más difundido de la reparación de pavimentos asfálticos. Posiblemente, todos los pavimentos requieren bacheo alguna vez. Si los baches no ocurren por causas naturales, los producirán cortes y zanjas producto de instalaciones de servicios públicos. Los defectos que pueden solventarse mediante el bacheo, varían desde la reparación de áreas agrietadas y abrasiones superficiales hasta la sustitución de materiales de base y subbase.

Los procesos de bacheo requieren de una supervisión experimentada y firme. Una reparación oportuna de las pequeñas fracturas ayudará a mantener bajos los costos. De lo contrario, si se espera hasta que el área presente

fallas y penetre el agua a la estructura de la vía, se producirán daños considerablemente mayores.

## Bacheo Profundo

El bacheo profundo se hace para proporcionar una reparación duradera del pavimento, por tal razón se debe desarrollar el siguiente procedimiento de reparación:

- El material del área que se va a reparar debe ser removido hasta la profundidad necesaria para alcanzar un soporte firme. Esto puede implicar la remoción de parte de la subrasante.
- La excavación debe extenderse por lo menos 30 cm dentro del pavimento en buen estado

circundante al área de bacheo. Esta excavación debe ser de forma rectangular de manera que sus cantos estén a escuadra. Una sierra realiza un corte rápido y nítido; sin embargo, también se puede usar un compresor.

- Si el área de reparación no es lo suficientemente grande como para remover todo el material alterado, se deben ampliar sus dimensiones hasta un tamaño adecuado, con el cuidado de que la nueva área rectangular de reparación mantenga dos de sus lados paralelos a la línea de división de la carretera.
- Las caras verticales reciben luego un riego de la liga
- Si el piso del bache es una base granular, éste deberá ser imprimado antes de colocar la mezcla asfáltica.
- Si la profundidad del bache se extiende hasta la subrasante y se contempla la posibilidad de efectuar un bacheo asfáltico (full-depth), entonces no es necesario un riego de imprimgación.
- Para obtener mejores resultados, el bache se rellena, primeramente, con una mezcla asfáltica densa, de planta en caliente, la cual se distribuye cuidadosamente para prevenir la segregación. Si no se dispone de mezclas asfálticas, se rellena el piso con un buen material granular de base.
- Si la profundidad del bache es mayor de 15 cm, el relleno debe ser colocado en capas y cada capa debe compactarse cuidadosamente. Un compactador vibratorio (plancha), es excelente para baches pequeños y, para grandes áreas, puede ser más práctico utilizar una aplanadora pequeña. Se completa la reparación colocando una capa superficial y compactándola hasta emparejarla con la superficie del pavimento circundante.
- En caso de que el agua sea la causa de las fallas, se instalará el drenaje necesario antes de rellenar el bache.

## Bacheo Superficial

Este bacheo se realiza como solución a la pérdida local de áridos por causa de:

- Insuficiencia de ligante (por usar un rociador con la salida dañada)
- Empleo de áridos sucios
- Baja calidad de mano de obra, etc.

Las labores que compone el bacheo superficial son las siguientes:

- Se debe barrer la superficie de la carretera hasta dejarla totalmente limpia y seca.
- Se debe marcar la zona que se reparará, como en el caso del bacheo profundo. En este punto se puede elegir una de dos opciones para la reparación de la carretera:
- Sellar: se debe colocar una emulsión en frío o betún fluidificado en caliente sobre el área que se va a reparar. Las dosificaciones recomendadas son: 1.5 kg/m<sup>2</sup> para emulsiones y 1.0 kg/m<sup>2</sup> para betún fluidificado. Posteriormente se debe aplicar un grosor de gravilla entre 6 a 10 mm de hasta que el bache quede cubierto por completo. La compactación se realiza con rodillo o llanteo.
- Usar mezcla preparada: se aplica liga asfáltica a la superficie con una dotación de 0.5 kg/m<sup>2</sup>, se extiende un árido fino en frío de aproximadamente 5 mm de tamaño y luego se compacta con un pisón de mano, un rodillo, etc.

# Resultados

El inventario de la red vial para el Cantón de Curridabat se realizó durante el primer semestre del año 2005. Para el adecuado desarrollo de éste, se siguieron los lineamientos establecidos por el MOPT y descritos en la metodología.

Durante el desarrollo, se logró determinar, dentro del Cantón de Curridabat, distintas calles y sectores que, por su importancia o desarrollo, se subdividieron en noventa y tres "caminos", a los cuales se les aplicó cada uno de los distintos formularios de inventario explicados anteriormente.

## Red Vial de Curridabat

El inventario físico presenta un panorama general de los caminos de la red y el estado de las vías que la conforman. En el Apéndice 1, se observa un formulario de Inventario Físico debidamente lleno.

A continuación se presenta un cuadro, en el cual se determina y resume la longitud del la Red Vial que funciona en Curridabat.

<b>CUADRO 1. RED VIAL CURRIDABAT</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Longitud (km)</b>
Rutas Nacionales	21,827
Rutas Cantonales	135,385
Línea del tren	3,745
Otros	12,489
<b>TOTAL</b>	<b>173,446</b>

*Fuente: Inventario Vial Período 2005*

Como se observa, la red vial de Curridabat tiene una extensión de 173.446 km, de los cuales solo

135.385 km corresponden a vías cantonales, detalladas en el siguiente cuadro.

<b>CUADRO 2. RED VIAL CANTONAL</b>		
<b>Superficie de ruedo</b>	<b>Longitud (km)</b>	<b>Porcentaje</b>
Asfalto	111,370	<b>82,26%</b>
Concreto	13,080	<b>9,66%</b>
Lastre	10,935	<b>8,08%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>135,385</b>	<b>100,00%</b>

*Fuente: Inventario Vial Período 2005*

### Estado general de la red.

Aunque el inventario físico prevé una diferenciación de 5 criterios para la evaluación del estado de la superficie de ruedo y del sistema de drenaje (5=excelente, 4=bueno, 3= regular, 2=malo, 1=Muy malo), para efectos de realizar una valoración práctica del estado de la red, se integró los estados excelente y bueno en uno sólo; así como, los estados malo y muy malo, de manera tal que se resuman en tres criterios distintos: bueno, regular y malo.

Si bien es cierto que existe una gran variedad de elementos que componen una vía, el estado general de un camino se evalúa con base en dos criterios principales: el estado de la superficie de ruedo y el estado del sistema de drenaje. La existencia del sistema de drenaje es garantía de durabilidad y estabilidad; por lo tanto, para la evaluación final de cada camino, este criterio se ponderará con  $\frac{3}{4}$  (75%), mientras que la superficie de ruedo se ponderará con  $\frac{1}{4}$  (25%).

<b>CUADRO 3, CONDICION DE LA SUPERFICIE DE RUEDO DE LA RED</b>			
<b>Tipo de superficie de ruedo</b>	<b>Calif. según (MOPT)</b>	<b>Long. (km)</b>	<b>%</b>
Superficie lisa	5	17,143	12,66%
Pequeñas Corrugaciones	4	75,979	56,12%
Baches Frecuentes	3	26,072	19,26%
Muy Irregular o Baches extensos	2	9,988	7,38%
Muy Deteriorada, Material suelto	1	6,203	4,58%
<b>TOTAL</b>		<b>135,385</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Inventario Vial Período 2005

Así una vez realizado el cálculo para la calificación general de la vía, basado en los datos obtenidos del Inventario Físico, el estado general de ésta se obtiene con base en los siguientes rangos de calificación:

<b>ESTADO</b>	<b>RANGO DE CALIFICACIÓN</b>
Bueno	80 a 100
Regular	60 a 79
Malo	< 60

<b>CUADRO 4. ESTADO DE LA RED</b>		
<b>Estado de la Red Vial</b>	<b>Longitud (km)</b>	<b>Porcentaje</b>
Bueno	87,829	<b>64,87%</b>
Regular	21,66	<b>16,00%</b>
Malo	25,896	<b>19,13%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>135,385</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Inventario Vial Período 2005

## Niveles de Servicio

El presente estudio se centraliza en una red cantonal con vías de dos carriles (uno en cada sentido) y ubicada en, una zona urbana donde el tránsito se encuentra considerablemente regulado por señalamientos viales horizontales y

verticales que moderan el avance de los vehículos; por ello, y con base en los niveles de servicio establecidos por el Manual de Capacidad Americano e indicados por el señor Miguel Dobles Umaña, se equipararon los niveles de servicio a las condiciones de circulación que producen los baches cuando se conduce a través de las vías.

Relacionando estas condiciones de circulación con los datos obtenidos del Inventario Físico sobre la condición de la superficie de ruedo (Ver Cuadro 3.), se pueden determinar los niveles de servicio actuales en la Red Vial Cantonal

Los niveles de servicio equivalentes propuestos son los siguientes:

### Nivel de Servicio A:

Corresponde a la condición de circulación libre en la cual no se tienen baches sobre la vía y la superficie de ruedo es homogénea y regular. Aquí se puede encontrar las vías con una calificación igual a 5.

### Nivel de Servicio B:

Corresponde a una condición de circulación estable en la cual no se tienen baches sobre la vía pero la superficie de ruedo presenta pequeñas corrugaciones. Aquí se puede encontrar también las vías con una calificación igual a 5.

### Nivel de Servicio C:

La circulación sigue considerándose estable, pues no se tienen baches en la vía, pero la superficie de ruedo es irregular debido a la reparación realizada sobre baches anteriores. Aquí se pueden encontrar las vías con una calificación igual a 4.

### Nivel de Servicio D:

La circulación experimenta una baja a mediana reducción en la velocidad, debido a la existencia de baches de regular tamaño sobre la vía que limitan la libertad de maniobra. Aquí se pueden localizar las vías con una calificación igual a 3.

### Nivel de Servicio E:

La circulación experimenta una marcada reducción, debido a la existencia de baches de gran tamaño en la vía. Aquí se pueden localizar las vías con una calificación igual a 2.

### Nivel de Servicio F:

La circulación se ha vuelto inestable e insegura, debido a baches grandes y profundos que ocupan la totalidad del carril vehicular. Aquí se pueden localizar las vías con una calificación igual a 1.

Para complementar esta información se presenta el mapa de condición de la red cantonal, (Ver Apéndice 6), en el cual se aprecia gráficamente, la ubicación de las vías, marcadas con diferentes colores para su mejor ubicación, según la calificación establecida por el MOPT. (Ver Cuadro 5)

<b>CUADRO 5. ESCALA DE COLORES SEGÚN LA CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE DE RUEDO</b>			
<b>Estado de la superficie de ruedo</b>	<b>Calif. (MOPT)</b>	<b>Escala de colores</b>	<b>Nivel de Servicio</b>
Superficie lisa	5	Celeste	A y B
Pequeñas Corrugaciones	4	Verde	C
Baches Frecuentes	3	Amarillo	D
Muy Irregular o Baches extensos	2	Morado	E
Muy Deteriorada, Material suelto	1	Naranja	F

*Fuente: Inventario Vial Período 2005*

Los niveles de servicio de las diferentes calles del cantón se pueden identificar en el mapa de condición, se aprecia, además, la influencia generada por las Rutas Nacionales cercanas a ellas.

Un claro indicador del congestionamiento se presenta en varias vías del cantón, que absorben gran cantidad de vehículos tanto livianos y de carga, debido a que son utilizadas para conectarse con otras vías principales. Tal es el caso de la vía que inicia en el entronque con la RN# 211 a la altura del Motel La fuente hasta el final de la Autopista Florencio del Castillo, la cual se puede dividir en dos tramos; el primero atraviesa la zona industrial de Curridabat y el segundo atraviesa los cuadrantes centrales de Curridabat, una zona catalogada como de Alta Densidad poblacional.

Precisamente en esta zona es localizan las calles más antiguas del cantón y su nivel de servicio ya se encuentra en el rango del Nivel D, sin mencionar el congestionamiento vial generado durante las horas pico, debido a que esta vía no está, ni fue diseñada para manejar un flujo vehicular tan grande como el que transita diariamente.

## Priorización de las vías del Cantón

Según la política de desarrollo, se deberá atender primero las vías cantonales utilizadas por a la mayor cantidad de habitantes, salvo que exista otra justificación.

Para lograr este objetivo, se tomó como base de partida el Índice de Viabilidad Técnico Social obtenido por cada camino; ya que, este parámetro abarca criterios sociales como lo son: la infraestructura local (escuelas, puestos de salud, transporte público, electricidad, telefonía, etc.), la cantidad de viviendas por kilometro, proyectos de desarrollo nacional (hidroeléctricos, turísticos, productivos, etc.) y proyectos de desarrollo social (asentamientos campesinos, reservas indígenas, desarrollos habitaciones para familias de bajos recursos, grupos inmigrantes, etc.). Asimismo criterios económicos como: el tránsito promedio diario y producción visible, criterios técnicos tales como: la conectividad de

red, condición de la superficie de ruedo y sistema de drenaje, geometría de la vía, etc.

En el Apéndice 8 se presenta un cuadro de la red vial del cantón, donde en las primeras columnas se puede encontrar los datos del camino (número, nombre, distrito al que pertenece), tipo de superficie de ruedo (asfalto, concreto, lastre) y su respectiva medida del ancho y longitud. En las últimas columnas se puede encontrar la condición de la superficie de ruedo y sistema de drenaje, la calificación del estado general del camino y el Índice de Viabilidad Técnico Social (IVTS).

La tabla está en orden descendente, tomando como parámetro el valor del IVTS. En esta columna, se pueden observar las calificaciones obtenidas por cada camino, las cuales oscilan entre 77 que es el valor más alto hasta 9 que es el valor más bajo.

Al observar las tres columnas hacia la izquierda, se puede identificar claramente la calificación del estado general del camino; así como, la condición en que se encuentra la superficie de ruedo y el sistema de drenaje. Estos parámetros son de suma importancia, a la hora de programar las actividades de mantenimiento periódico y rutinario, pues influyen enormemente en el tipo de trabajo por realizarse y en la prioridad que requiere.

# Análisis de los resultados

Con base en los resultados obtenidos del inventario de la red cantonal, se pudo determinar que el 91.92% de la red se encuentra con una superficie de ruedo asfaltada o en su defecto con concreto (ver cuadro 2), lo cual hace indicar, que las principales políticas de gestión vial para mantener un adecuado nivel de servicio son los mantenimientos periódicos y rutinarios.

Esto se justifica analizando el cuadro 3, donde se observa como poco más del 80% de la red, presenta baches en la superficie de ruedo que deben ser reparados.

En relación con lo anterior y la priorización de caminos realizada de acuerdo al Índice de Viabilidad Técnico Social, se procedió a presentar una serie de propuestas sobre como invertir los recursos esperados durante el periodo 2006. Estos reúnen los recursos provenientes del impuesto a los combustibles (Ley 8114) y los recursos municipales destinados para caminos y calles.

Siguiendo por otra parte la principal política de desarrollo del Cantón, de servir a la mayor cantidad de habitantes posibles, la Junta Vial Cantonal de Curridabat y el Consejo Municipal aprobaron la siguiente lista de proyectos, la cual fue incorporada dentro del presupuesto por ejecutarse durante el período 2006.

<b>CUADRO 6. INVERSIÓN DE RECURSOS PERÍODO 2006</b>	
<b>Proyecto</b>	<b>Monto</b>
Bacheos Diferentes Calles Dsitrito Granadilla	¢12.175.000,00
Bacheos Diferentes Calles Dsitrito Curridabat	¢12.175.000,00
Bacheos Diferentes Calles Dsitrito Sanchez	¢12.175.000,00
Bacheos Diferentes Calles Dsitrito Tirrases	¢12.175.000,00
Bacheo Barrio María Auxiliadora-	¢10.000.000,00

Curridabat	
Bacheo Calle El Farolito-Granadilla	¢5.000.000,00
Compra de materiales asfálticos para el Cantón	¢3.500.000,00
Reparación Calle Hernandez Díaz-Granadilla	¢673.220,91
Bacheo Barrio La Lia-Curridabat	¢4.000.000,00
Tobacemento Calle Esquivel-Granadilla	¢11.000.000,00
Bacheo Calle Las Rusias-Granadilla	¢9.000.000,00
Tobacemento Calle Trejos-Curridabat	¢5.500.000,00
Barandas Puente Koberg-Granadilla	¢2.400.000,00
Recarpeteo Calle Abarca-Tirrases	¢14.000.000,00
Recarpeteo Calle Eucaliptus-Curridabat	¢12.500.000,00
Tobacemento Calle El Higuierón-Tirrases	¢3.000.000,00
Cuadrantes Centrales # 1	¢35.251.754,00
Cuadrantes Centrales # 2	¢35.503.200,00
Bacheo Urb. Hacienda Vieja-Curridabat	¢35.503.200,00
Arreglo Calle Chanto-Granadilla	¢9.500.000,00
Arreglo final de Calle La Lía-Curridabat	¢24.503.902,00
Arreglo Calle Lencho Díaz-Grandilla	¢15.603.722,20
Asfaltado Calle la Mercedes-Tirrases	¢57.801.878,00
Cuadrantes del Este-Curridabat	¢17.000.000,00
Donación de Recope	
Pruebas de Laboratorio	¢2.625.609,25
<b>Total</b>	<b>¢362.566.486,36</b>

Haciendo un análisis conservador de los proyectos anteriores, se espera poder ejecutar como mínimo el 80% de la totalidad, por causa

principalmente de lo engorroso de los trámites para girar los recursos provenientes del impuesto sobre los combustibles (Ley 8114) y los tiempos de contratación de obras públicas, establecidos en la Ley General de Contratación Administrativa (Licitación Restringida, Licitación por Registro, Licitación Pública y Contratación Directa)

Asimismo, hasta el 30 de setiembre del año en curso, se tenían ejecutados 13 de los 25 proyectos planteados; es decir, se han ejecutado un 34.53% de la totalidad de los recursos presupuestados equivalentes a  $\$125,176.754,00$  millones, y el 65.47% restante equivalente a  $\$362,566.486,36$  millones corresponde a los proyectos que se encuentran en proceso de contratación. En los Anexos del 7 al 19, se presentan las fichas técnicas de cada proyecto ejecutado.

Algo importante de recalcar, es como con base en los resultados de este inventario se formuló y aprobó un plan Quinquenal de mantenimiento vial propuesto por la Unidad Técnica de Gestión Vial de esta Municipalidad. Este plan maneja dos políticas de Desarrollo Vial:

Política de Desarrollo Vial # 1: Se deberá atender las vías que sirvan a la mayor cantidad de habitantes, salvo si existe otra justificación.

Para determinar a cuantos habitantes sirven las vías a nivel cantonal se calculó la media de habitantes por cada kilómetro de camino, y en el caso de análisis puntuales, se estimaría con base en el área de influencia específica del camino valorado.

CUADRO 7. HABITANTES POR KILÓMETRO			
Clasificación	Long (km)	%	Habit.
Red Vial	173,446	100,00%	66.759,00
Asfaltado y/o Similar	124,45	71,75%	47.900,54
Rutas Nacionales	21,827	12,58%	8.401,17
Otros Caminos	16,234	9,36%	6.248,43
Caminos Lastreados	10,935	6,30%	4.208,86

Fuente: Inventario Vial Período 2005

En el **Cuadro 8** se evidencia como cerca de 41 mil habitantes (aproximadamente un 62 %) se encuentran viviendo frente a calles asfaltadas que requieren algún tipo de mantenimiento vial. Este grupo de personas es el más grande del cantón, por esta razón se creó la política de desarrollo, la cual orienta los recursos posibles para brindar el mantenimiento vial requerido.

CUADRO 8. CAMINOS ASFALTADOS			
Clasificación	Long (km)	%	Habitantes
Asfaltados en Excelentes condiciones	17,143	9,88%	6.598,30
Asfaltados que requieren mantenimiento	107,307	61,87%	41.302,24
<b>TOTAL</b>	<b>124,45</b>	<b>71,75%</b>	<b>47.900,54</b>

Fuente: Inventario Vial Período 2005

Política de Desarrollo Vial # 2: Se considera como condición útil de una vía asfaltada, aquella en la cual no se tengan baches o éstos sean pequeños y no afecten la circulación vehicular. Se deberá dar mantenimiento a las vías siempre y cuando se detecten baches o agrietamientos en ellas y no será aceptable que en las vías se tengan baches del ancho de un carril.

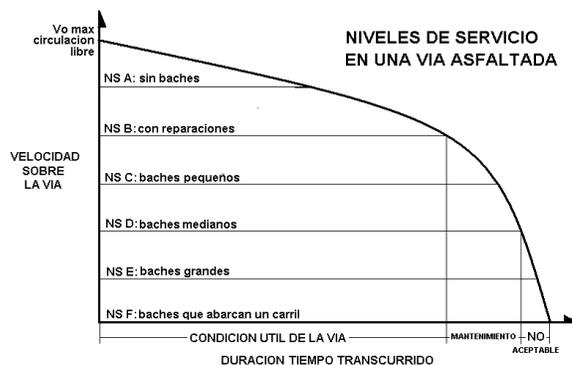


Gráfico 1 Niveles de Servicio

## Mantenimiento de Calles Asfaltadas

Cuando una vía se deteriora es necesario invertir en actividades de mantenimiento con el fin de restituir el nivel de servicio a una condición útil y apropiada para el tránsito vehicular.

Las principales actividades de mantenimiento en calles asfaltadas son el recarpeteo y el bacheo.

Con el bacheo es posible restituir el nivel de servicio de una vía de baches grandes y profundos a una condición de superficie de rueda irregular por medio de la colocación de mezcla asfáltica y/o base si es requerido.



**Gráfico 2 Comportamiento de una calle bacheada**

Se promedia que, por 1 kilómetro de vía asfaltada que requiere bacheo se deben colocar 50 toneladas de mezcla asfáltica al año para mantenerla en buenas condiciones. Con lo cual el nivel de servicio variara de B a D a lo largo del año.

Con el recarpeteo es posible restituir el nivel de servicio de una vía de baches grandes y profundos a una condición de superficie de rueda homogénea y regular por medio de la colocación de una capa nueva de mezcla asfáltica. Antes de realizar un recarpeteo se requiere bachear para corregir la superficie de rueda.



**Gráfico 3 Comportamiento de una calle con carpeta nueva**

De acuerdo con el Inventario Físico del Cantón, las vías de 7 m de ancho y un espesor de 5.0 cm de recarpeteo requieren 822 ton de

mezcla asfáltica para recarpetear un kilómetro de calle; además, se deben adicionar 50 toneladas de bacheo antes de colocar la capa nueva. Se espera que un proyecto de recarpeteo tenga una vida útil de cinco años sin baches y un año más antes de tener baches de regular tamaño, con lo cual el nivel de servicio variará de A hasta D a lo largo de seis años.

Continuando con estas políticas de desarrollo y tomando en cuenta como en la Municipalidad de Curridabat, al igual que en las otras municipalidades, se trabaja con base en Presupuestos Operativos Anuales, para el periodo 2007 se espera una asignación de recursos alrededor de los ₡95,000.000,00 millones provenientes de la Ley 8114. Este monto es el resultado de la actualización del inventario de la red vial del cantón, la cual fue debidamente ingresada en la base de datos del Departamento de Planificación Sectorial del MOPT.

Adicionalmente a este monto, se le suma otro similar proveniente de recursos municipales propios para reforzar el grupo de vías de comunicación. Con base en las liquidaciones anuales suministradas por el Departamento de Contabilidad de esta Municipalidad en los últimos cinco años se han presupuestado un promedio de 100 millones anuales destinados a realizar labores de mantenimiento de la red.

Sin embargo, para el periodo 2007, la Administración tiene propuesto la adquisición de un terreno y la construcción de un nuevo colegio para el cantón, por lo tanto los ítems correspondientes a mantenimiento de caminos y calles, así como, los de otras obras comunales financiados con recursos propios, se verán reducidos considerablemente. Debido a lo anterior, para este periodo, prácticamente sólo se trabajará en la atención de la red vial con los fondos provenientes de la Ley 8114.

Los recursos provenientes de la Ley 8114, se han presupuestado de la siguiente forma, de acuerdo con los distintos escenarios planteados bajo la priorización de vías mencionada antes.

<b>CUADRO 9. INVERSIÓN DE RECURSOS PERÍODO 2007</b>	
<b>Proyecto</b>	<b>Monto</b>
Pago de salarios, servicios y gastos de la UTGV	₡22.248.664,00

Bacheo de los Cuadrantes Centrales de Curridabat	¢5.550.000,00
Actividades de Conservación Vial en el Cantón	¢6.450.000,00
Bacheo en las vías del Distrito 01 Curridabat	¢5.550.000,00
Bacheo en las vías del Distrito 02 Granadilla	¢5.550.000,00
Bacheo en las vías del Distrito 03 Sanchez	¢5.550.000,00
Bacheo en las vías del Distrito 04 Tirrases	¢5.500.000,00
Bacheo de los Cuadrantes del Este	¢5.015.423,00
Bacheo de los Cuadrantes del Oeste	¢5.015.423,00
Bacheo en Urbanización El Prado	¢3.009.254,00
Bacheo en Urbanización Jose Ma Zeledon	¢4.012.338,00
Bacheo en Urbanización El Hogar	¢4.012.338,00
Bacheo en Calle El Aserradero	¢1.203.702,00
Bacheo en Calle La Irex	¢1.203.702,00
Bacheo en Urbanización Freses	¢1.203.702,00
Bacheo en Calle La Cecilia	¢601.848,00
Bacheo calle entre Estadio y Carretillos Espartaco	¢5.015.423,00
Bacheo en Urbanización La Paris	¢2.507.712,00
Bacheo vías entre Zapote y Estación La Pacífica	¢1.203.702,00
Bacheo en Urbanización El Dorado	¢2.507.712,00
Bacheo en vías de Barrio San Jose	¢2.507.712,00
<b>Total</b>	<b>¢95.418.655,00</b>

Por otra parte, es importante recalcar la necesidad constante de un mantenimiento a través de bacheos, principalmente, y el recarpeteo de la red vial del cantón al ser una zona urbana y con gran flujo de tránsito vehicular, el cual promedie un nivel de servicio entre B y D que garantice, una superficie de ruedo irregular, pero con tránsito fluido.

No obstante estas son soluciones temporales, ya que, debido a la antigüedad de la red, la mayoría de las vías se encuentran al final de su periodo de diseño. Es por eso necesario un plan de mantenimiento a largo plazo que permita tener una guía para la inversión de los recursos,

los cuales, generalmente, nunca son suficientes para atender los problemas presentes en la totalidad de la red.

Para tener varios datos de partida al momento de elaborar este plan y considerando que más del 90% de la red se encuentra con una superficie de ruedo asfaltada y/o similar, de los cuales un 62% de éstas requieren actividades de mantenimiento, se puede tomar como base un tramo de la red con una longitud de 1 Kilómetro (1000 metros) y un ancho promedio de 7 metros,

Los costos utilizados para el presente análisis se basaron en los precios presentados por el mayor proveedor municipal, esto de acuerdo a la consulta municipal sobre los precios de mercado (ver anexo 20).

En primer lugar necesitamos saber:

- ¿Cuánto cuesta bachear 1 kilometro de carretera?

Se estima que en promedio, por km de vía asfaltada que requiere bacheo, se deben colocar 50 toneladas de mezcla asfáltica al año para mantener la vía en buenas condiciones. Con lo cual el nivel de servicio variara de B a D a lo largo del año.

$$50 \times \text{¢}55.000 = \text{¢}2.750.000,00$$

- ¿Cuánto cuesta 1 kilómetro con la carpeta nueva, que se espera dure seis años?

$$1000 \times 7 \times 0.05 \times 2,35 = 822 \text{ Ton}$$

$$822 \times 50.000 + 50 \times 55.000 = \text{¢}43.850.000,00$$

- ¿Cuánto cuesta 1 kilómetro de carpeta rehabilitada, que se espera dure 10 años?

Para obtener este costo se analizó el siguiente caso:

#### Datos

Longitud	1000	m
Ancho	7	m
Espesor Carpeta	0,075	m
Espesor de Base	0.10	m
Volumen 1	525	m3
Volumen 2	700	m3

<b>CUADRO 10. ANÁLISIS DE COSTO PARA 1 KM DE CARRETERA REHABILITADA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Escarificación	525	m3	¢5.000,00	¢2.625.000,00
Estabilización de Base	700	m3	¢12.500,00	¢8.750.000,00
Carpeta asfáltica (e=7,5cm)	1233,75	ton	¢50.000,00	¢61.687.500,00
<b>Total</b>				<b>¢73.062.500,00</b>

Realizando un análisis conservador para este caso, se asume que la estructura del pavimento presenta problemas de estabilidad, propios del final de su período de diseño; por lo tanto se estaría considerando una escarificación de la superficie de ruedo existente, seguida de una estabilización de la base para lograr así una estructura de pavimento que soporte las solicitudes esperadas en dicha vía.

Posteriormente, se le colocaría una carpeta asfáltica con un espesor de 7.5 cm, el cual es casi mínimo tomando en cuenta los niveles de tránsito vehicular (tanto liviano como de carga) que atraviesan diariamente el cantón de Curridabat. Es de gran importancia adicionar al monto del Cuadro 10 el rubro por estudios de laboratorio, (estudios técnicos antes del proyecto), así como, los controles de calidad durante y al final de la ejecución del mismo.

- ¿Cuántos millones de colones se estima que costaría la carpeta nueva en los 107.3 km de calles que requieren mantenimiento?

$$43.850.000,00 \times 107.3 = \text{¢}4.705,105.000,00$$

- ¿Cuánto cuesta bachear un kilometro cada año por seis años?

$$50 \times 55.000,00 \times 6 = \text{¢}16,500.000,00$$

- ¿Cuántos millones de colones se estima que costaría el bacheo durante seis años, en los 107.3 km de calles que requieren mantenimiento?

$$16.500.000,00 \times 107.3 = \text{¢}1.770,450.000,00$$

Se observa como en el análisis se usaron los mismos costos del presente año, durante los

seis años computados; puesto aún cuando el incremento en los costos se reflejaría en la diferencia entre el bacheo y la carpeta nueva esta no afecta los resultados cualitativos de la comparación, al ser este un estudio comparativo cuya finalidad es orientar la asignación de recursos.

La razón estimada entre carpeta nueva y bacheo a lo largo de los seis años es de

$$4.705,105.000,00 / 1.770,450.000,00 = \mathbf{2.66}$$

Es decir, que si se contrataran los trabajos con los recursos que se arregla 1 Km de calle con carpeta nueva, actualmente, es posible arreglar 2.66 Km de calle con bacheo.

Respecto a la Política de Desarrollo Vial #1, al compararse las modalidades de mantenimiento, el bacheo es la forma de atender y beneficiar la mayor cantidad de Km y de habitantes al más bajo costo; por lo que este debería ser el primer criterio orientador de los recursos destinados para la red vial del cantón.

Respecto a la Política de Desarrollo Vial #2, se debe tomar en cuenta que si bien es cierto una calle bacheada no ofrece el confort y la comodidad de circulación al igual que una con carpeta nueva, una calle bacheada todos los años, sí brinda un nivel de servicio dentro de la condición útil de las vías; por lo tanto la circulación será apropiada para las necesidades generales de los habitantes del cantón. Bajo este criterio, sí es posible atender la red con esta modalidad de mantenimiento.

Cuando se presenten condiciones particulares que justifiquen la construcción de una

carpeta nueva en un proyecto específico, ésta podrá ser construida sin detrimento de las Políticas de Desarrollo Vial; ya que, éstas orientan la asignación general de los recursos en la red vial cantonal, pero no rigen sobre el interés municipal.

Por otro lado, si se analiza cuanto costaría rehabilitar un kilómetro de carretera, el cual puede oscilar entre setenta y ochenta millones de colones de acuerdo al Cuadro 10, con los recursos esperados anualmente por concepto de la Ley 8114 que ronda los noventa y cinco millones de colones, prácticamente se podría desarrollar un proyecto anual, y el resto sería para los gastos administrativos necesarios de un adecuado funcionamiento de la Unidad Técnica de Gestión Vial; puesto que al ser este un departamento relativamente nuevo dentro de esta Municipalidad, los profesionales que ahí laboran se encuentran brindando sus servicios bajo la modalidad de contrato por servicios especiales sufragados con recursos de la Ley 8114, tal y como lo estipula esta ley en uno de sus artículos.

De ahí la importancia de que la administración mantenga siempre presente un rubro destinado al mantenimiento de caminos y calles, independientemente de los recursos de la Ley 8114; pues si comparamos el Cuadro 6 con el Cuadro 9, se aprecia una diferencia positiva de cerca de ¢267 millones destinados a calles en el periodo 2006 contra lo que se espera para el periodo 2007, donde todos los proyectos se han planteado como bacheos, por ser el método más económicamente rentable para darle mantenimiento a la red tal y como se determinó en los párrafos anteriores.

Por tal motivo, para el desarrollo de este plan de mantenimiento a largo plazo, se estima una asignación de recursos que ronde los ¢250 millones anuales, integrados por los recursos de la Ley 8114 y los recursos municipales.

## Plan de Mantenimiento a largo plazo

Basado en el inventario de la red, principalmente en la calificación de cada camino según el Índice de Viabilidad Técnico Social y a la condición de la superficie de ruedo, se elaboró una lista de las vías que presentan mayor

deterioro y deberían ser intervenidas más profundamente para lograr restablecer su nivel de servicio.

<b>CUADRO 11. LISTA DE CAMINOS A INTERVENIR</b>			
<b>NOMBRE</b>	<b>Distrito</b>	<b>Long. (Km)</b>	<b>I.V.T.S.</b>
Curridabat Centro	Curridabat	7,154	<b>77</b>
Urbanización El Bosque	Tirrasas	1,941	<b>67</b>
Calle Tacaco	Curridabat	2,044	<b>65</b>
Calle 10 (Ruta Buses Hda Vieja)	Curridabat	1,010	<b>64</b>
Las Mercedes	Tirrasas	2,128	<b>63</b>
Urbanización El Dorado	Curridabat	0,665	<b>57</b>
Urbanización Hacienda Vieja	Curridabat	2,842	<b>54</b>
Calle 16 (Urb. Guayabos - Autos Wave)	Granadilla	0,735	<b>51</b>
Barrio María Auxiliadora	Granadilla	1,344	<b>49</b>
La Ribera	Granadilla	0,980	<b>49</b>
Urbanización Los Alamos y La Managüita	Granadilla	0,896	<b>49</b>
Lomas de San Pancracio	Tirrasas	1,533	<b>47</b>
Colonia Cruz	Tirrasas	1,232	<b>47</b>
La Ponderosa	Tirrasas	2,325	<b>46</b>
Barrio El Imperio y María Auxiliadora	Curridabat	2,443	<b>46</b>
Urbanización La Lía	Curridabat	0,595	<b>46</b>
Urbanización Europa	Granadilla	1,589	<b>43</b>
Urbanización Contec	Curridabat	1,274	<b>42</b>
Urbanización Las Luisas	Granadilla	1,764	<b>42</b>
Calle La Unica Barrio Guayabos	Curridabat	0,189	<b>42</b>
Urbanización París	Curridabat	0,837	<b>42</b>
Urbanización La Romana	Granadilla	1,988	<b>39</b>
El Higuierón	Tirrasas	0,310	<b>39</b>

Calle El Tajo	Tirrases	0,540	<b>39</b>
Santa Teresita	Tirrases	1,260	<b>36</b>
Calle 15 ( Rep. Yokohama - Urb. Guayabos)	Curridabat	0,749	<b>36</b>
Urbanización Miravalles	Tirrases	1,239	<b>33</b>
Calle Abarca	Tirrases	0,133	<b>33</b>
Urb. Anexa a Urb. Sn. Francisco	Tirrases	0,315	<b>32</b>
Urbanización Eucalipto	Granadilla	0,378	<b>32</b>
Calle a Fábricas B° San José	Curridabat	0,301	<b>19</b>
<b>Longitud Total</b>		<b>42,733</b>	<b>km</b>

En el Cuadro 11 se observa la lista de caminos que más requieren intervención, los cuales suman una totalidad de 42.733 km de carretera con una superficie de rueda bastante deteriorada, en el Apéndice 9 se pueden ver en detalle las características de cada camino.

Sin embargo se debe tener muy presente, que estos 42.733 km son solo caminos asfaltados, se le deben agregar los 10.935 km que se encuentran en lastre, para así obtener una totalidad de 53.67 km de vías por intervenir.

Asumiendo una asignación de recursos de ¢250 millones anuales, se plantea el siguiente análisis para la posible inversión de los recursos esperados:

Presupuesto	¢250.000.000,00
Gastos Administrativos	-¢25.000.000,00
Plan Quinquenal de Bacheo	-¢100.000.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>¢125.000.000,00</b>

Cuando se habla del Plan Quinquenal de Bacheo, es el plan de mantenimiento rutinario con la cuadrilla municipal, vigente en el Cantón para la atención de la red, y así, garantizar un adecuado nivel de servicio.

Con los ¢125 millones de colones restantes, y tomando en cuenta el costo de colocar carpeta nueva por kilometro, se podría estimar un plazo de 19 años necesarios para atender la totalidad de la lista.

$$¢43.850.000,00 \times 53.67 \text{ km} = ¢2.354,429.500,00$$

$$¢2.354,429.500,00 / ¢125.000.000,00 = 18.8 \text{ años}$$

### Aproximadamente 19 años

Algo importante de recalcar es que durante estos 19 años se contará con ¢100 millones anuales para atender los restantes 81.715 km de vía que actualmente se encuentran en muy buen estado, el cual requerirá solamente bacheos periódicos para restablecer el nivel de servicio necesario que garantice un adecuado flujo vehicular. Claro está, que este es un proceso cíclico, pues año tras año conforme se actualice el inventario y se ejecuten los recursos en el mantenimiento de calles, esta lista de caminos también irá sufriendo variaciones.

Resumiendo, el plan propuesto para el mantenimiento vial a largo plazo se podría esquematizar de la siguiente manera:

<b>CUADRO 12. ASIGNACIÓN ANUAL DE RECURSOS DE ACUERDO AL PLAN DE MANTENIMIENTO A LARGO PLAZO</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Monto</b>
Mantenimiento de la UTGV	¢25.000.000,00
Bacheo Distrito Curridabat	¢25.000.000,00
Bacheo Distrito Granadilla	¢25.000.000,00
Bacheo Distrito Sánchez	¢25.000.000,00
Bacheo Distrito Tirrases	¢25.000.000,00
Recarpeteo de 2,85 km de proyectos de la lista	¢125.000.000,00
<b>Total</b>	<b>¢250.000.000,00</b>

Tomando como directriz esta línea de trabajo a la hora de realizar los presupuestos operativos anuales, se estaría abarcando gran cantidad de sectores por cada distrito y ejecutando la Política de Desarrollo Vial # 1, que se centraliza en intervenir y beneficiar la mayor cantidad de kilómetros y habitantes al más bajo costo. Por otra parte con el recarpeteo de los proyectos indicados, se estaría restituyendo el nivel de servicio en estas calles donde ya su vida útil había llegado a su límite y aplicando la Política de Desarrollo Vial # 2.

# Conclusiones

La realización del Inventario Vial debe programarse como máximo cada dos años, para mantener actualizada la red cantonal y determinar así las labores de mantenimiento necesarias para garantizar un adecuado nivel de servicio. Además, este inventario representa un factor de mucho peso al momento de asignar los recursos provenientes de la Ley 8114 para cada municipalidad.

El Bacheo es una de las actividades de mantenimiento vial más económicas, que logra un nivel de servicio aceptable de las calles y asimismo garantiza la atención y beneficio de la mayor cantidad de kilómetros y habitantes.

El recarpeteo de una vía resulta más costoso, pero se justifica en ciertos proyectos donde la superficie de ruedo ya ha cumplido su vida útil debido a las condiciones de tránsito a las que está expuesta diariamente y es necesario recuperar el nivel de servicio de la misma y mantenerlo por otro periodo largo de tiempo.

Es de suma importancia que la Municipalidad refuerce anualmente la asignación de recursos provenientes de la Ley 8114 con recursos propios, para conformar el presupuesto anual destinado al mantenimiento de la red vial del cantón.

Se debe mantener, en la Municipalidad un equipo calificado de trabajo, quienes realicen labores de planeamiento y ejecución de obras, garantizando una eficiente distribución de los recursos presupuestados anualmente para el mantenimiento de la red vial.

# Apéndices

Apéndice 1- Formulario de Inventario Físico debidamente llenado.

Apéndice 2- Formulario de Inventario Socio Económico debidamente llenado.

Apéndice 3- Formulario para Análisis de Flujo Vehicular.

Apéndice 4- Formulario de la Evaluación Técnico Social debidamente llenado.

Apéndice 5- Croquis del Camino.

Apéndice 6- Mapa de Condición de la Red.

Apéndice 7- Mapa de Zonificación Urbana de Curridabat.

Apéndice 8- Cuadro Resumen del Inventario Vial.

Apéndice 9- Cuadro Resumen de Caminos a Intervenir.

# Anexos

Anexo 1- Formulario de Inventario Físico

Anexo 2- Formulario de Inventario Socio Económico.

Anexo 3- Formulario para Análisis de Flujo Vehicular.

Anexo 4- Formulario de la Evaluación Técnico Social.

Anexo 5- Croquis del Camino.

Anexo 6- Simbología para el Inventario de Caminos.

Anexo 7- Especificaciones Técnicas para el Inventario Tradicional.

Anexo 8- Ficha Técnica: Calle Trejos.

Anexo 9- Ficha Técnica: Bacheo Distrito 01 Curridabat.

Anexo 10- Ficha Técnica: Materiales Asfálticos del Cantón.

Anexo 11- Ficha Técnica: Barrio María Auxiliadora Curridabat.

Anexo 12- Ficha Técnica: Calle El Farolito

Anexo 13- Ficha Técnica: Calle Esquivel.

Anexo 14- Ficha Técnica: Cuadrantes Centrales 01.

Anexo 15- Ficha Técnica: Calle Las Rusias.

Anexo 16- Ficha Técnica: Bacheo Barrio La Lía.

Anexo 17- Ficha Técnica: Bacheo Distrito 03 Sánchez.

Anexo 18- Ficha Técnica: Urbanización El Higuerón.

Anexo 19- Ficha Técnica: Bacheo Distrito 02 Granadilla.

Anexo 20- Ficha Técnica: Calle Eucalipto.

Anexo 21- Precios de Materiales Asfálticos "Asfaltos Orosi Siglo XXI S.A."



# Referencias

- Convenio Costarricense - Alemán de Cooperación Técnica Proyecto MOPT/GTZ. 1998. **Mantenimiento de caminos: un modelo participativo**. Costa Rica: Litografía Lil.
- Iturbide, J. 2002. **Manual Centroamericano de diseño de pavimentos**, SIECA. Guatemala
- Dujisin, D; Quiroz. 1996. **Diseño de pavimentos de Hormigón**. A.C.I. Capítulo Costa Rica. Costa Rica. No PE-18.
- CONAVI. 2002. **Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes de Costa Rica CR-2002**. Costa Rica.
- Iturbide, J. 2002. **Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras**, SIECA. Guatemala.
- Dobles Umaña, M. 1991. **Trazado y Diseño Geométrico de Vías**, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Costa Rica. 2005. **Ley de Contratación Administrativa**, Costa Rica: Editorial IJSA.
- Costa Rica. 2006. **Código Municipal, concordado y su guía práctica para su aplicación**, Costa Rica: Editorial IJSA.
- Decreto N° 30263 MOPT. 2002. **Reglamento Artículo 5 inciso b de la Ley 8114**, "Simplificación y Eficiencia Tributaria" Gaceta No. 68, del 09 de abril del 2002.
- INVU. 1988. **Reglamento de Construcciones**. Gaceta No 56 Alcance No 17 de 22 de marzo de 1983, reformada en Gaceta No 117 del 22 de junio de 1987. Reformada en sesión No 65 del INVU el 23 de marzo de 1988.
- Asphalt Institute. 1992. **Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente**. Asphalt Institute, Serie de Manuales No.22. U.S.A.. 275p.
- Municipalidad de Curridabat. 1993. **Plan Regulador del Cantón de Curridabat**. Gaceta No. 197, del 15 de octubre del 1993.
- Decreto N° 5060 Asamblea Legislativa. 1972. **Ley General de Caminos Públicos**. Gaceta No. 168, del 05 de setiembre del 1972.