

Fecha de recepción: Febrero del 2010

Fecha de aprobación: Junio del 2010

### Resumen

Los planes quinquenales son un instrumento útil de gestión vial, que permite planificar de manera ordenada las actividades necesarias para el mantenimiento y rehabilitación de la red, así como facilitar la estimación de los recursos requeridos para la realización de los diferentes proyectos programados. Sin embargo, para poder administrar los recursos disponibles de manera eficaz y eficiente es necesario conocer las características de la red vial y el estado en la que se encuentra, ya que esto es esencial para determinar el tipo de intervención requerida y controlar la evolución de su estado con el paso del tiempo.

La evaluación en las municipalidades urbanas se ha realizado de manera prioritaria en las principales rutas del cantón, sobre las cuales se colocaron contadores vehiculares, con los que fue posible determinar la cantidad y la clase de vehículos que circula. Se efectuó una evaluación funcional (IRI), de condición superficial (VIZIR) y estructural (FWD) de diferentes vías. Dicha evaluación evidencia el mal estado en el que se encuentran actualmente.

Además se realizaron sondeos tipo "cielos abiertos" en sitios estratégicos que permitieron caracterizar la estructura que compone el pavimento e identificar los tipos de suelos que predominan en las estructuras de las vías municipales.

La base de datos georeferenciada es uno de los principales productos que se ha generado a partir de la evaluación de una red, ya que permite evaluar la condición de la red a nivel macro y no sólo a nivel de proyecto, facilitando el proceso de priorización en la intervención de las diferentes rutas.

Tras la evaluación se observa además, que uno de los elementos básicos para definir y ejecutar de manera adecuada un sistema de gestión es el personal que se encuentra a cargo de esto, específicamente, la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal. Los miembros de esta unidad deben estar debidamente capacitados y con la disponibilidad necesaria para poder cumplir con sus labores.

**Palabras clave:** pavimentos, gestión de pavimentos, evaluación de pavimentos, condición funcional, condición estructural, municipalidades, sistemas de información geográfica (SIG).

### Abstract

*A five year plan is an important instrument for road management. It can provide a schedule for the maintenance and rehabilitation activities; also this provides a guide to calculate the budget necessary for the annual*

*projects. You need to know the network and its condition to determine the appropriate intervention and control the progress every year.*

*Evaluation within urban municipalities has been on a priority basis in the main routes of the region, which placed vehicle counters, with which it was possible to determine the amount and kind of vehicles circulating. Made a surface condition evaluation was performed (VIZIR), as well as structural evaluation (FWD) and functional (IRI) assessment of different routes, this evaluation evidence their bad condition. In addition some test pits were performed at strategic sites which made it possible to characterize the structure that comprises the pavement and identify the types of soil that predominate in the structures of the municipal roads*

*A Georeferenced database is one of the main products generated from the evaluation of the network, since it allows to evaluate the condition at the macro level, not just level network project, facilitating the process of prioritization of road maintenance for the network.*

*A key element for defining and implementing a pavement management system is the staff which is in charge of this, specifically, the technical unit of municipal road management. Members of this unit must be properly trained and dedicate full time to road work and planning.*

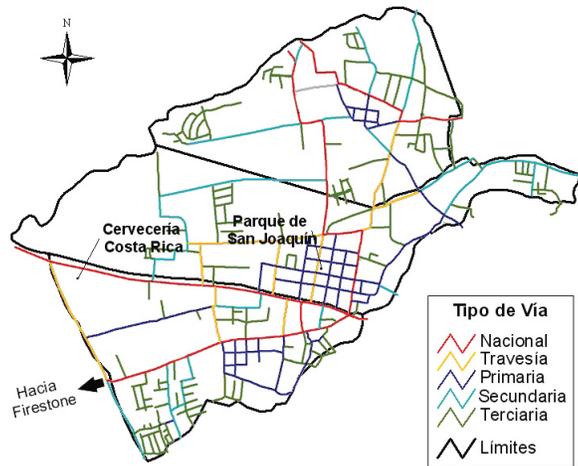
**Keywords:** Asset management, pavement, structural condition, functional condition, municipalities, Geoprocessing Information System (GIS).

### INTRODUCCIÓN

Costa Rica cuenta con una de las redes de caminos y carreteras más densa de América Latina, posee más de 35 000 km., de los cuales cerca del 80% (aproximadamente 28 455 km) son parte de la red vial cantonal (RVC), rutas administradas por las municipalidades. Si se considera la gran extensión de la red vial cantonal, para las municipalidades es todo un reto administrar de manera eficiente y eficaz los recursos limitados con los que disponen para preservar y rehabilitar las vías del cantón.

Un sistema de administración de pavimentos (SAP) es una herramienta útil, que puede ser utilizada por las municipalidades para establecer la metodología y actividades concernientes al mantenimiento y mejoramiento de las carreteras, actividades propias

Figura 1 Red vial cantonal de Flores, Heredia



de los diferentes procesos de planificación, diseño, construcción, conservación, evaluación y control, de modo que se pueda obtener la mayor rentabilidad de las inversiones realizadas sobre las vías del cantón. Es un instrumento eficaz para administrar los recursos y ofrecer un mejor servicio al usuario en cuanto a seguridad y confort, así como disminuir los costos de viaje, considerando las restricciones económicas y políticas existentes en cada municipio.

Contar con un inventario actualizado es uno de los insumos fundamentales para poder establecer un SAP. Sin embargo, el conocer las características geométricas, la longitud de las vías y el tipo de superficie de rodamiento asociado (carpeta asfáltica, tratamiento superficial, lastre o camino de tierra) es necesario pero no suficiente. Es importante conocer también el estado en el que se encuentran los diferentes caminos que conforman la RVC.

#### ANTECEDENTES

El tema de gestión de infraestructura, particularmente la gestión de los pavimentos, ha evolucionado aceleradamente durante los últimos 20 años a nivel mundial. Específicamente en nuestro país se ha intentado implementar la gestión vial en los municipios mediante la aplicación de la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria, Ley 8114. (2001)

En la Ley 8114 se define un porcentaje del impuesto único de los combustibles para ser destinado, principalmente, a la conservación, mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico, mejoramiento y

rehabilitación de la red vial cantonal. Se establece que este dinero debe ser invertido por medio del uso de planes y programas de conservación, planes quinquenales, los cuales deben incluir proyectos prioritarios, determinados mediante el uso de criterios técnicos y una evaluación económico-social, de manera que se cuantifique el beneficio para sus usuarios.

#### EVALUACIÓN DE LA RED VIAL PAVIMENTADA

Los planes quinquenales son un instrumento útil de gestión, que permite planificar de manera ordenada las actividades necesarias y determinar los recursos requeridos para la realización de proyectos. No obstante, para poder determinar la priorización de proyectos incluyendo el criterio técnico, es fundamental conocer los caminos que conforman la red vial cantonal y el estado en el que estos se encuentran. Conocer la condición de la red permite invertir los recursos de una manera más eficiente, ya que se puede determinar el tipo de intervención adecuada para cada camino según su estado, de manera que se extienda su vida útil.

#### CLASIFICACIÓN DE LA RED

El proceso de evaluación de la red inicia tras la selección de las rutas en las que se enfocará el estudio. Esta priorización de rutas es realizada por la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM), con la asesoría del personal de la unidad de Gestión Municipal del LanammeUCR. Este procedimiento es común para todas las municipalidades, independientemente de si se trata de una municipalidad urbana o rural, sin embargo, este artículo se enfoca en el análisis de redes urbanas pavimentadas.

Usualmente las calles que constituyen la red vial del cantón se clasifican como rutas nacionales y red vial cantonal (RVC). Las vías cantonales, a su vez, se subdividen en rutas de travesía (unen dos secciones de la red vial nacional), primarias (brindan movilidad), secundarias o colectoras (comunican vías primarias con las terciarias) y las terciarias que son las que brindan acceso a propiedades y casas. (Ver Figura 1).

Una vez clasificadas las diferentes rutas del cantón se determinan las vías sobre las que se enfocará la evaluación de la red. La priorización de la red a evaluar es necesaria, ya que la red vial municipal es muy extensa y se cuenta con recursos limitados para atenderla, es por esto que es necesario enfocar los recursos disponibles a las rutas de mayor importancia

del cantón, sin descuidar las calles que no se incluyen en el análisis. Entre los principales aspectos a considerar para la determinación de las vías de mayor importancia del cantón se encuentra el nivel de tránsito, la accesibilidad a servicios y la conectividad entre poblados o distritos.

### CONTEOS DE TRÁFICO DIARIO (TPD)

Una vez determinadas las vías en las que se enfocará el análisis se establecen sitios estratégicos de conteo, de manera que se contabilice el tipo y cantidad de vehículos que transitan. Los conteos se realizan sobre vías representativas, de manera que posteriormente se asignan los datos recolectados de esta vía a otras con comportamiento similar en cuanto a cantidad de vehículos, cambios en el volumen vehicular en el transcurso del día (picos de tránsito en la mañana, medio día o de tarde) y porcentaje de vehículos pesados que circulan.

Es importante destacar que los sitios de conteo son determinados bajo el criterio experto de la unidad técnica, con la asesoría del equipo de trabajo de Gestión Vial Municipal, esto debido a que ellos son quienes conocen más a fondo el comportamiento del tránsito y similitudes del tránsito vehicular entre las diferentes vías del cantón.

Los conteos realizados en diferentes municipalidades tienden a contener datos variados para los diferentes tipos de rutas, sin embargo hay tendencias bastante marcadas. Los conteos realizados sobre rutas de travesía son cercanos a los 10 000 vehículos diarios, los cuales, en rutas de gran importancia, superan los 15 000 vehículos. Las rutas primarias tienen volúmenes vehiculares diarios cercanos a los 5 000, exceptuando rutas que se encuentran valoradas por la unidad técnica como primarias, pero que tienen un funcionamiento de rutas de travesía, las cuales poseen un tránsito diario cercano a los 10 000 vehículos. Las rutas secundarias mantienen un volumen vehicular bastante bajo, cercano a los 2 000 vehículos diarios, en cuanto a las rutas terciarias se espera que posean un tránsito aún más bajo, esto al considerar que son rutas utilizadas principalmente por los habitantes del barrio o urbanización a la que le sirve como acceso.

### EVALUACIÓN FUNCIONAL

Se realiza una evaluación funcional de la red para determinar el nivel de servicio que se brinda a los

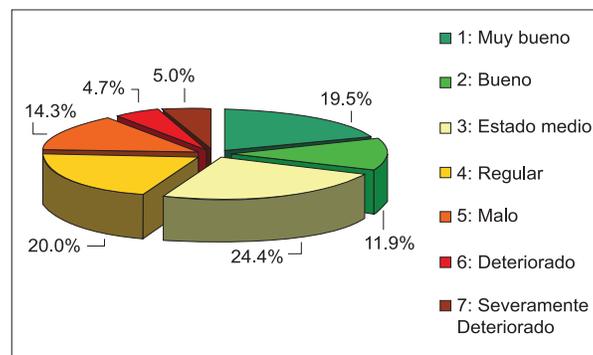
usuarios. La evaluación se enfoca, principalmente, en el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el índice de deterioro superficial VIZIR.

El VIZIR es una metodología de auscultación visual en el que se considera el tipo de daño, tales como deformaciones, ahuellamiento, fisuras, cuero de lagarto o reparaciones, además de la extensión y el nivel de gravedad del daño. Este índice va desde 1 para un tramo en excelente condición, hasta un índice de condición (ID) igual a 7 para caminos en pésima condición<sup>(8)</sup>.

La evaluación superficial realizada mediante la metodología VIZIR en cinco municipalidades refleja que la condición superficial es poco deseable (Figura 2), ya que, en general, únicamente una tercera parte de las vías poseen una buena condición (ID=1 y 2), cerca del 50% de la red se encuentra en condiciones regulares (ID=3 y 4) y el restante 20% se encuentra en mala o muy mala condición superficial (ID≥5).

Estado superficial (VIZIR) de diferentes redes cantonales evaluadas

Figura 2



El IRI (índice de regularidad superficial) es utilizado en diferentes países como parámetro de aceptación de obra y está directamente relacionado con los costos de operación de los vehículos, con la vida útil del pavimento y el confort de quien la transita.

El panorama municipal en relación con la rugosidad de las vías no es el mejor, ya que de los 250 km aproximadamente, de las rutas asfaltadas evaluadas en vías cantonales urbanas, únicamente cerca del 1% se encuentra en buenas condiciones (IRI menor que 1,9), por lo que casi la totalidad de las rutas cuentan con IRI regular o deficiente.

La condición general de la rugosidad de las diferentes municipalidades no es la mejor, sin embargo, existen dos comportamientos marcados, los cuales se presentan en

la Figura 3. En el primer grupo, Grupo A, se encuentran municipalidades que poseen prácticamente la mitad de su red en condiciones regulares (IRI entre 1,9-6,4) y la otra mitad entre condiciones deficientes (IRI entre 6,4-10,0) y severamente irregular (IRI mayor que 10,0). Otra característica de este grupo se observa en la disminución del porcentaje de cada condición conforme esta empeora, ya que prácticamente la mitad de la red se encuentra en condiciones regulares y menos del 20% se encuentra en una condición de irregularidad severa.

Los municipios que se encuentran en el Grupo B presentan una condición de regularidad inferior a las que presenta el Grupo A. Estas municipalidades presentan un IRI en condición regular cercano al 30% y un 71,6% de la red en condiciones deficientes o severamente irregulares. La cantidad de kilómetros en condiciones regulares y deficientes son muy similares entre sí, sin embargo las vías con un IRI severamente irregular es preocupante, ya que poco menos de la mitad de la red presenta un IRI superior a 10,0.

atender labores relacionadas con la red del cantón. Por el contrario en los municipios pertenecientes al Grupo B, los miembros de las unidades técnicas tienen a su cargo responsabilidades asociadas a diferentes frentes de acción del municipio, un ejemplo típico de esto se presenta cuando las personas encargadas de la unidad técnica de gestión vial son también los responsables de la Unidad de Obras, de manera que los miembros de la unidad no cuentan con el tiempo suficiente ni la disponibilidad para atender de manera adecuada y eficiente las tareas relacionadas con el mejoramiento y mantenimiento de la red.

Es importante recalcar que se describe una tendencia en el accionar de las UTGV para cada grupo de municipalidades, sin embargo, esta no se debe interpretar como el motivo único por el cual se presentan deficiencias en la condición funcional de la red. Otra limitación es que muchas son centros urbanos con intersecciones que afectan el IRI.

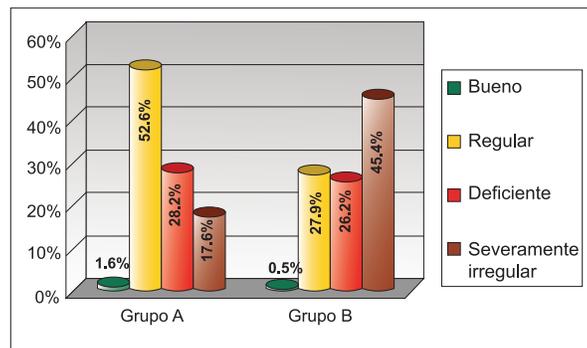
## EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

La capacidad estructural de un pavimento se relaciona con la respuesta de este ante las cargas de tránsito al que se encuentra expuesto. Para medirla se hace uso de equipos especializados, cuyo principio fundamental es la medición de la deflexión del pavimento ante una carga determinada, a mayor deflexión, menor su capacidad para soportar las cargas.

Los rangos que definen la condición del pavimento en cuanto a las deflexiones, dependen del TPD de la ruta, ya que mientras mayor sea el volumen vehicular, más estrictos son los rangos que definen cada condición, es decir, si la ruta presenta un tránsito diario inferior a los 5000 vehículos se permiten deflexiones más altas con respecto a las de una ruta con un tránsito entre 5 000 y 15 000 vehículos, esto debido a que la ruta menos transitada tiene una menor demanda de capacidad estructural al tener que soportar menos cargas (menos vehículos)<sup>(7)</sup>.

La evaluación realizada sobre las redes viales municipales se realiza con el Deflectómetro de Impacto (FWD, por sus siglas en inglés). El procedimiento consiste en medir la deflexión en nueve puntos del pavimento cercanos al sitio donde se deja caer una carga de impacto estándar. Las medidas de deflexión se toman, generalmente, cada 25 m sobre las rutas principales de la RVC.

Figura 3 Condición del IRI en diferentes redes cantonales



Es importante destacar que la condición del IRI se afecta de manera significativa tras la aplicación frecuente de bacheo en las calles, principalmente al realizar bacheos con un acabado final irregular o con un nivel diferente al que posee la vía, práctica muy común en las diferentes municipalidades. Sin embargo, al realizar un análisis de las unidades técnicas de las municipalidades que conforman el Grupo A se observa que estas cuentan con una mayor disponibilidad para atender los asuntos referentes el mantenimiento y rehabilitación de las vías del cantón. En este grupo de municipalidades las UTGV poseen un mayor apoyo por parte del jerarca, lo cual se refleja directamente en el personal de la unidad, tanto en la cantidad y capacidad del personal, así como en la exclusividad de estos para

La condición estructural de las vías cantonales evaluadas tampoco presenta un buen panorama, pues cerca de una tercera parte de las vías tienen una condición estructural adecuada, valor que contrasta con el 62,2% de la red que se encuentra en una condición deficiente, (mala o severamente deteriorado). (Figura 4)

El alto porcentaje de la red que se encuentra en una condición de deterioro severo, indica que la estructura que compone el pavimento es deficiente para soportar las cargas de tránsito actuales, lo que requiere una intervención importante que le proporcione una mayor capacidad portante de la estructura.

Es importante destacar que es ideal que una red que posea un alto porcentaje de rutas en buena condición estructural será beneficioso para el municipio, ya que esto quiere decir que aunque es posible que estas presenten una condición superficial deficiente, la estructura del pavimento es adecuada para la sollicitación de carga actual, por lo que el mantenimiento o rehabilitación que requiere la ruta es superficial.

### TRAMOS HOMOGÉNEOS

Los tramos homogéneos son tramos que poseen características similares en una o diferentes variables, entre estas variables en rutas pavimentadas se puede considerar: el tipo de vías (primaria, secundaria, etc.), tipo de superficie duradera (tratamiento superficial o carpeta asfáltica), deflexiones, IRI, tránsito promedio diario, entre otros.

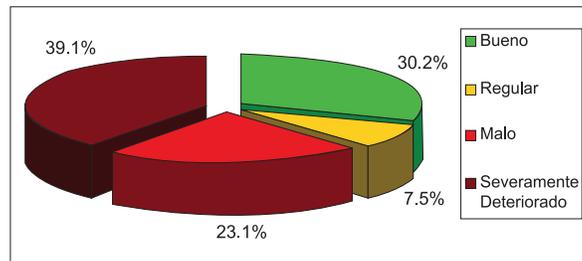
Se analizaron diferentes variables para determinar los tramos homogéneos para cada red vial analizada, no obstante, debido a la heterogeneidad de condiciones en las redes municipal se definió que únicamente se va a utilizar como variables determinantes los valores de deflectometría y el tipo de vía.

Los tramos son establecidos por métodos estadísticos, procurando mantener una distancia mínima de 300 metros para cada tramo. En la Figura 5, por medio de clasificación por colores, se muestran los tramos homogéneos definidos para el distrito de San Vicente de Moravia, utilizando como criterio determinante la deflectometría y el tipo de vía.

Una vez definidos los tramos se le asocian valores de IRI y deflectometría representativos, de manera que cada tramo cuenta con información del estado funcional y estructural.

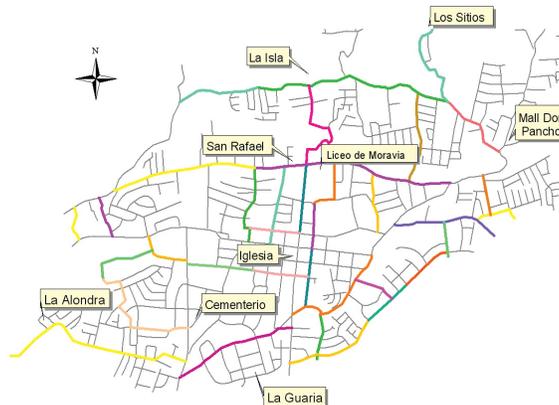
Condición estructural en la red cantonal evaluada

Figura 4



Tramos homogéneos de San Vicente de Moravia, San José

Figura 5



El establecer tramos homogéneos permite tener unidades discretas de análisis, para priorizar proyectos e incorporarlos en el plan quinquenal municipal.

### SONDEOS

Los sondeos tipo "cielos abiertos" son excavaciones puntuales que se hacen en las vías para conocer las capas que componen el pavimento y los espesores de estas. Los sitios de sondeo son definidos una vez que se establecen los tramos homogéneos, procurando tener al menos un sondeo por cada ruta analizada o por cada tramo si los valores de deflectometría entre cada tramo homogéneo para una misma ruta son muy diferentes, ya que un cambio importante en la condición estructural sugiere un cambio en la estructura del pavimento.

A partir de los sondeos es posible generar información que describa de una manera más detallada los materiales que componen las diferentes capas del pavimento. Parte importante de las pruebas que se realizan son orientadas a la subrasante, esto para conocer el tipo y resistencia del suelo sobre el que se encuentra la estructura del pavimento.

Actualmente se han realizado alrededor de 200 sondeos en municipalidades urbanas, de los cuales un 57% son superficies de ruedo con carpeta asfáltica y un 43% son tratamientos superficiales. Gran cantidad de los sondeos presentan base granular y únicamente el 9,5% de las estructuras analizadas presentan base estabilizada, algunas presentan espesores cercanos a 10 cm, lo que impide un adecuado aporte de resistencia ante las cargas.

Los suelos predominantes en las vías cantonales son los limos, lo cual se puede observar en la Figura 6, además se presentan suelos arcillosos, arenas con presencia de finos (limos y arcillas) y suelos que poseen características de dos tipos de suelos distintos (suelos con símbolos dobles), estos son principalmente arenas con características de suelos limosos. Cerca del 8,5% de los sondeos, en los que fue posible realizar la prueba de CBR in situ, poseen una resistencia del suelo deficiente, ya que tienen un CBR inferior a 3, un 62,5% presenta un índice de resistencia mediocre (entre 3 y 7), el restante 29,2% de los suelos evaluados posee un CBR regular al ser superior a 7 e inferior a 20.<sup>(9)</sup>

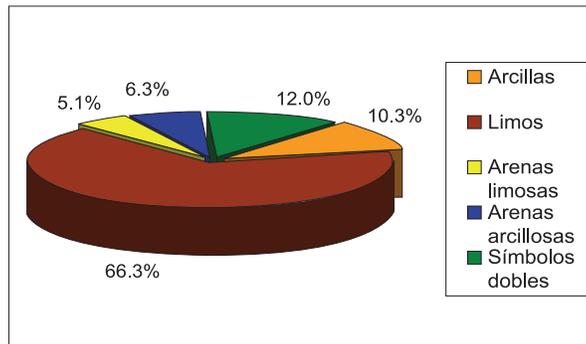
## PRODUCTO PRINCIPAL: BASE DE DATOS DIGITAL

Anteriormente se mencionaron diferentes tipos de ensayos y análisis para evaluar las condiciones que presenta la red vial cantonal pavimentada de municipalidades urbanas. Sin embargo, es tan importante obtener la información, como el darle un uso adecuado, de manera que su análisis permita evaluar integralmente el estado de la red en estudio.

Una herramienta útil para lograrlo es el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), estos programas facilitan la integración de la información de manera organizada y geográficamente referenciada. El SIG permite la visualización simultánea de diferentes componentes o características de las vías que componen la red.

Toda la información generada por la evaluación es analizada e incorporada a una base de datos digital, la cual contiene la información de cada ruta, un ejemplo de esto se muestra en la Figura 7 donde se presentan diferentes datos que caracterizan una misma sección de red vial cantonal.

Figura 6 Tipos de suelos en la Red Vial Cantonal

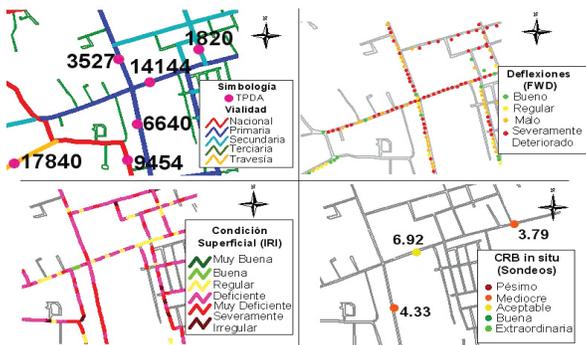


## LIMITACIONES

El conocer el estado de la red vial cantonal es fundamental para aplicar una administración adecuada de los recursos disponibles para el mejoramiento o la rehabilitación de las vías cantonales, no obstante, para poder realizar la evaluación es necesario conocer e inventariar todos los caminos que conforman la red, aspecto que comúnmente es incierto en las municipalidades.

Entre las principales limitaciones que se tienen para la evaluación de la red municipal son los recursos disponibles, ya que no es posible disponer del dinero ni el personal necesario para evaluar la totalidad de la red, por lo que es necesario establecer las vías de mayor importancia de cada cantón, para enfocar el estudio en estas.

Figura 7 Tránsito (TPDA), IRI, deflectometría y CBR de sondeos realizados para una misma sección de la red vial cantonal



En la gran cantidad de las municipalidades urbanas estudiadas no se cuenta con el registro del año de construcción, el tipo de superficie de rodadura y las intervenciones realizadas a través de los años, por lo que no se conoce el tipo de estructura y los espesores de las capas que la conforman. De manera que esta información se conoce únicamente en los sitios donde se realizaron sondeos, lo que genera la necesidad de

extrapolar esta información a las vías cercanas que poseen características similares en condición estructural y superficial, así como en la magnitud del flujo vehicular.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evaluación de la red cantonal que propone el LanammeUCR permite establecer un diagnóstico del estado y de la red en general, insumo técnico básico para determinar las vías y el tipo de intervención que requieren, lo que facilita y fundamenta la elaboración de planes quinquenales de RVC en las municipalidades.

Los sistemas de información geográfica son una herramienta fundamental para la gestión de carreteras, ya que con el uso de estos es posible observar de manera gráfica y cualitativa la condición que describe a cada vía o a la red en general, lo que permite una evaluación integral de la red y facilita la priorización de las rutas a intervenir, ofreciendo bases técnicas para los proyectos que se establecen para ser incorporados en el plan quinquenal. No obstante, es importante aclarar que es necesario realizar una evaluación general de la red de manera periódica, para controlar el desempeño de las intervenciones realizadas y los cambios en la condición general de la red a través del tiempo.

En general el estado actual de la red vial cantonal evaluada es deficiente, tanto en el aspecto funcional como en el estructural, por lo que es necesario actuar prontamente, para evitar que activos tan importantes para el estado, como lo son sus carreteras, continúen deteriorándose y como consecuencia se disminuya el valor del patrimonio vial con el que cuenta cada cantón.

El apropiado funcionamiento de la agencia de transportes, en este caso de la municipalidad, es fundamental para ejercer una adecuada gestión vial. Para esto es necesaria la completa disponibilidad del personal de la Unidad Técnica de Gestión para ejercer sus funciones, pues se evidencia un mejor estado superficial de las vías en los municipios donde se cuenta con una mayor disponibilidad del personal para enfocarse únicamente en labores referentes a las vías municipales.

Se recomienda además proporcionar a la unidad técnica el equipo necesario para ejecutar de manera eficiente y eficaz las inspecciones necesarias, como parte del control de calidad requerido en obra, de manera que se complemente la programación establecida en el plan quinquenal con los procesos de control

y retroalimentación de la información de la red en un sistema de gestión.

Es necesario que se realice una actualización periódica de la base de datos que caracteriza cada red, esto con el objetivo de registrar el cambio que presenta la condición de la red con el paso del tiempo. Se recomienda realizar evaluaciones de Vizir cada dos o tres años y de IRI y deflectometría cada 5 o 6 años. Uno de los datos que se deben actualizar con mayor regularidad es el TPD, los cuales se deben realizar una vez al año en los sitios más transitados del cantón.

Además es fundamental que las unidades técnicas apliquen un mayor control de calidad en la realización de labores regulares, como el bacheo y que inicien la implementación de técnicas de preservación de carreteras como sello de grietas y tratamientos superficiales que aumenten la vida útil de los pavimentos que se encuentran en buen estado.

## Referencias bibliográficas

1. **Amador Luis, Mrawira Donath, Zhong Ming.** (2007) Aplicando un SIG en Transportes para Desarrollar un Modelo de Desempeño de Infraestructura Vial y un Sistema de Planificación a Largo Plazo para una Red de Carreteras; University of New Brunswick.
2. **Amador Luis, Mrawira Donath.** (January 2008) Performance Modeling for Asset Management: What to down when you only have two data points; University of New Brunswick.
3. **American Association of State Highway and Transportation Officials.** (1993) AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.
4. **Costa Rica.** (2008). Reglamento sobre el Manejo, Normalización y Responsabilidad para la Inversión Pública en la Red Vial Cantonal. Diario Oficial la Gaceta N° 138, 17 de julio del 2008. N° 34624-MOPT
5. **López, S.** (Febrero, 2009). Sistema piloto de administración de pavimentos en la Municipalidad de Belén, Heredia. Proyecto de graduación- Ingeniería Civil, UCR- San José, Costa Rica.
6. **Solminihac H.** (1998). Gestión de Infraestructura Vial; Editorial Universidad Católica de Chile, Chile.
7. **Barrantes, R.; Badilla G. y Sibaja D.** (2008). Propuesta de rangos para la clasificación de la red vial nacional. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR). San José, Costa Rica.
8. **Autret, P; Brousse, J.** (1996). Vizir - método con ayuda de computador para la estimación de necesidades en el mantenimiento de una carretera. Laboratorio Central "des Ponts et Chaussées". Gobierno Francés. París, Francia.
9. **Bowles, J.** (1981). Manual de suelos en Ingeniería Civil. Editorial McGraw Hill. Colombia.