

PITRA

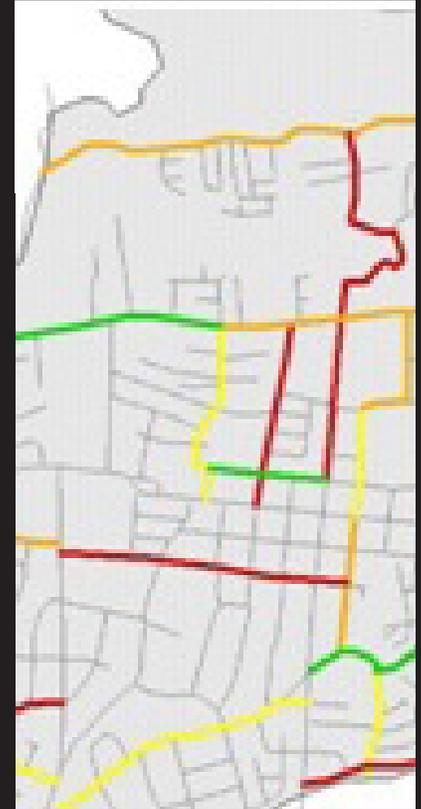
Programa de Infraestructura del Transporte

Boletín técnico

32



Vol 3. N° 32 / Setiembre 2012



Diagnóstico de la red vial cantonal asfaltada: una herramienta para una inversión más eficiente

Ing. Sharline López

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Universidad de Costa Rica

Introducción

Año a año la Ley 8114 (Ley de simplificación y eficiencia tributaria) le asigna a las municipalidades un monto importante para ser invertido en el mantenimiento y mejoramiento de la red vial cantonal. La cantidad de recursos destinados a los municipios para ser invertidos es considerable, por ejemplo para el ejercicio fiscal del año 2012 el monto por asignar es de $\text{C}\$26.578.500.00,00$, esto según la página web de la Dirección de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes

(MOPT). Estos fondos son distribuidos a las diferentes municipalidades de manera proporcional a la longitud de la red e inversamente proporcional al índice de desarrollo del cantón.

Para realizar una inversión técnicamente adecuada y económicamente eficiente es necesario conocer el estado en el que se encuentra la red en la que se invertirán los recursos disponibles. El objetivo fundamental del diagnóstico del estado de una red es determinar el tipo de intervención que requiere cada

Comité Editorial
del boletín
2012

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, PhD.
Coordinador General PITRA, LanammeUCR

Bach. Lionela López Ulate
Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica

Daniela Alpízar Gutiérrez
Diseñadora Gráfica. Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica

ruta de manera técnica, con el fin último de maximizar el beneficio de la inversión de los recursos disponibles.

Conocer la red y su estado implica realizar una serie de procesos que se enfocan en dos grandes áreas: la documentación e investigación y la ejecución de ensayos de laboratorio y campo, para la gestión a nivel de red y de proyecto. La documentación de los proyectos e intervenciones que se ejecutan es fundamental para conocer el histórico de las inversiones realizadas, considerando la fecha, longitud, ubicación, tipo de intervención y monto de las mismas, ya que este tipo de información permite conocer cuando, como y donde se ha intervenido una ruta, además generar un registro claro de la distribución anual de los recursos invertidos según el tipo de intervención. Todo esto con el fin de generar una herramienta que permite determinar el desempeño de las intervenciones que se han ejecutado y analizar las mejoras que se podrían aplicar para mejorar la eficiencia de la inversión.

Evaluaciones en Campo

Las pruebas de campo generan información acerca del estado de la estructura en sitio, mediante la ejecución de muestreos y evaluaciones de pavimentos existentes. Estas pruebas requieren ser realizadas con equipo especializado y por personal especializado. Entre los ensayos de campo que se ejecutan se encuentra la evaluación de la capacidad estructural y funcional, así como la ejecución de cielos abiertos y la evaluación de la capacidad de soporte en sitio de ciertas capas, para conocer las estructuras que componen la red y el estado en el que se encuentra.

Capacidad estructural

La capacidad estructural se relaciona con la capacidad que tiene la estructura de pavimento para soportar las cargas de tránsito a las que se ve sometida. La condición estructural puede ser evaluada por medio del uso de deflectómetros, estos equipos miden el cuenco de deflexiones que se genera al aplicar una carga sobre la estructura, existen diferentes equipos que difieren entre si por la manera de aplicar las cargas (estática o movimiento lento, vibración, impacto o propagación de onda), otras maneras de clasificarla es por medio del sitio en el que se realiza la medición (dentro o fuera del cuenco) o por el tipo de sensores que miden la deflexión (acelerómetros, geófonos o transformadores de diferencial de voltaje).

Los deflectómetros de impacto (FWD, por sus siglas en inglés) son equipos con los cuales se ejerce una carga de impacto a la estructura que se evalúa, cuya carga cual puede cambiar en función de la magnitud y la altura de la caída. Estos equipos presentan la ventaja de que modelan bastante bien la carga, en velocidad

de aplicación y magnitud, con respecto a la que ejercen los vehículos que circulan sobre una estructura. El LanammeUCR realiza la evaluación de la condición estructural con un equipo de este tipo, el cual se muestra en la Figura 1.



Figura 1: Evaluación estructural con el FWD en una ruta municipal

El FWD se ha utilizado para caracterizar la condición estructural sobre las principales rutas municipales asfaltadas de, aproximadamente, 500 kilómetros evaluados cada 50 m. La caracterización de la magnitud de la deflexión obtenida al ejecutar el ensayo se realiza en función de la cantidad de vehículos diarios que circulan sobre la ruta y el tipo de estructura, por ejemplo: para una ruta con un tránsito vehicular alto se requiere una mayor capacidad estructural (menor deflexión) que para una de bajo tránsito.

Condición Funcional

La condición funcional se asocia al confort del usuario de una ruta, sin embargo, más allá de la confortabilidad la condición superficial afecta el tiempo de viaje y los costos de operación de los vehículos, tales como combustible, lubricantes, neumáticos, entre otros. Por otro lado, la irregularidad de la superficie genera cargas dinámicas que deterioran de manera acelerada la estructura, por lo que debería ser un parámetro de particular importancia para la agencia de transportes encargada de su administración.

Una manera de definir la condición funcional en la que se encuentra una estructura es mediante la medición del perfil longitudinal para calcular el Índice de Regularidad Internacional (IRI). El perfil longitudinal puede ser obtenido mediante un levantamiento topográfico o perfilometría.

La evaluación del estado funcional de la red vial cantonal (RVC) se ha realizado mediante el uso del perfilómetro inercial, los datos del IRI se calcularon cada 25 metros y al igual que la condición estructural, esta se ha evaluado sobre aproximadamente 500 km de las principales rutas de diferentes redes de la RVC.

Estructura del Pavimento

El tipo de estructura que conforma un pavimento es fundamental para conocer el comportamiento de la estructura ante las cargas de tránsito y determinar el tipo de intervención que requiere para su mantenimiento y mejoramiento. Parte de los ensayos que se realizan son los llamados sondeos, cielos abiertos, trincheras o calicatas, los cuales son agujeros que se hacen para conocer las capas que componen una estructura así como su espesor.

Al realizar los sondeos la subrasante queda expuesta, por lo que se mide su capacidad de soporte (resistencia al corte) mediante la ejecución del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) en sitio, cuyo objetivo es determinar la capacidad del material en las condiciones en las que se verá sometido a las cargas.

En rutas municipales se han realizado más de 300 sondeos sobre las principales rutas de diferentes cantones, lo que ha permitido conocer el tipo de estructura de estas, así como la capacidad de soporte de la subrasante.



Figura 2: Evaluación del CBR de la subrasante en sitio
Conteos Vehiculares

En rutas estratégicas de diferentes redes municipales se han realizado conteos vehiculares mediante el uso de contadores automáticos, los cuales son capaces de generar información como la cantidad y tipo de vehículos, dispersión de velocidades, flujo apilado por clase, entre otros, ver Figuras 3 y 4.

La información generada por los contadores es fundamental para determinar el comportamiento vehicular en la ruta, estimar el desempeño de la ruta a través del tiempo y diseñar el tipo de intervención que se vaya a aplicar en una ruta para mantener o mejorar su condición.

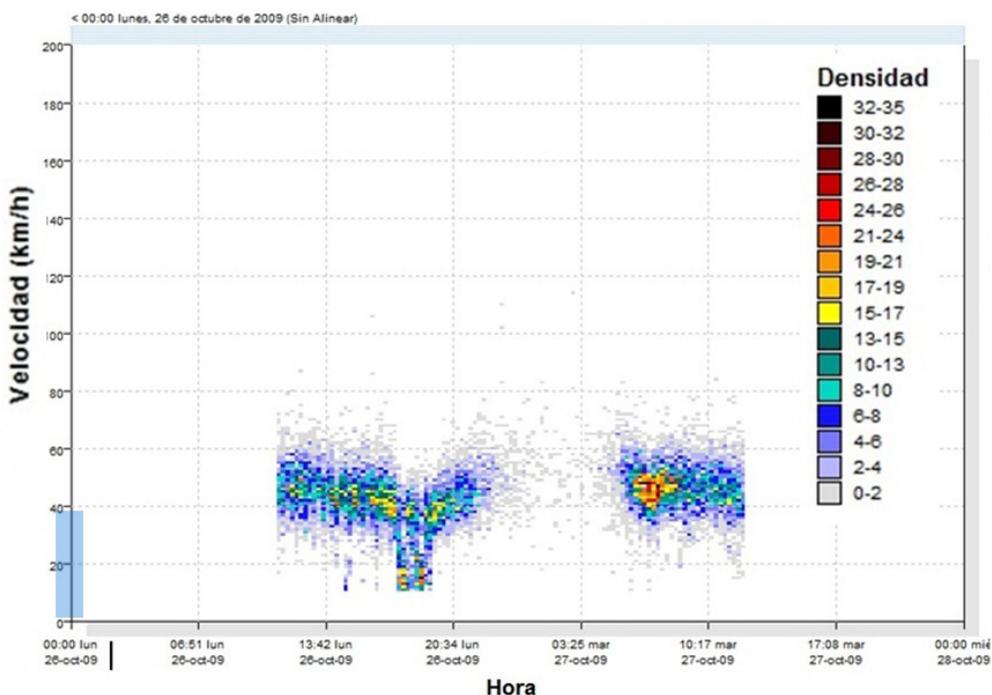


Figura 3: Dispersión de la velocidad en función del tiempo

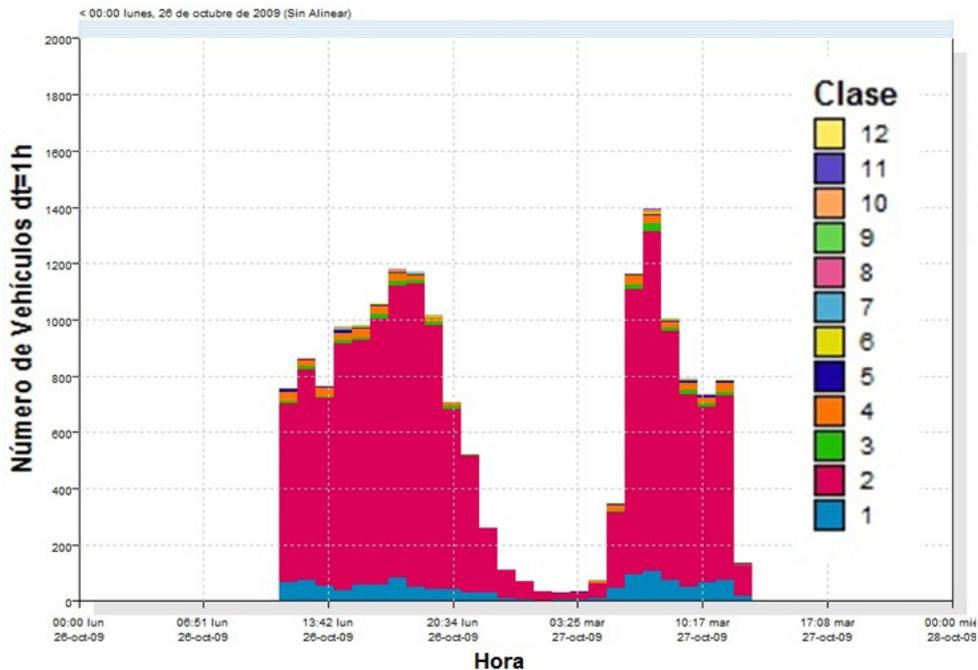


Figura 4: Flujo vehicular apilado por clase.

Ensayos de Laboratorio

Los ensayos de laboratorio que se realizan se enfocan en determinar las propiedades de los materiales que componen la estructura. La capa más frecuentemente analizada es la de sub-rasante (muestras de suelo), sin embargo, también se han ejecutado ensayos para caracterizar materiales granulares como bases o sub-bases.

Parte importante de los ensayos ejecutados se orientan en poder determinar el tipo de material que conforma la subrasante, para esto se ha utilizado la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) así como la metodología de clasificación AASHTO, la cual se enfoca hacia el uso del suelo como material para la construcción de carreteras. Entre los ensayos que comúnmente se realizan se encuentran los límites de Atterberg y granulometría.

Generación de información y determinación de un plan de inversión táctico

Todos los resultados generados a partir de ensayos de campo y laboratorio son analizados y procesados con el objetivo de transformar los datos en información. Toda esta información es sintetizada en bases de datos geo-referenciados que permiten visualizar la información ubicada en el espacio, con escalas de colores y símbolos que facilitan el análisis del estado de las rutas a nivel de red.

Adicionalmente, se definen tramos homogéneos sobre las rutas en estudio, los cuales son unidades discretas que presenten características similares en su longitud, con el objetivo de caracterizar cada uno de ellos y determinar el tipo de intervención que requieren, basándose en los resultados de los ensayos ejecutados, es decir, fundamentadas en criterio técnico, tal y como se muestra en la Figura 5, en la que se muestra un ejemplo del tipo de intervención que se requiere en cada tramo de la red en estudio.

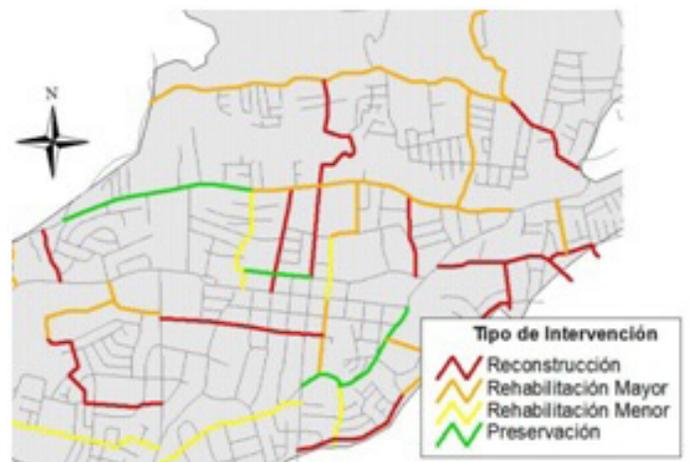


Figura 5: Ejemplo del tipo de mapas generados como herramienta para la gestión

Con esta información es posible generar planes de inversión tácticos (para un período de cuatro o cinco años) en los que se definen las rutas, el tipo de intervención y el año de ejecución. Para que el plan de inversión se ajuste a las condiciones específicas de cada agencia de transporte, es necesario que se realice un estudio de los costos reales generales para cada tipo de intervención, con el fin de poder determinar su capacidad anual de ejecución real en cuanto a longitud por tipo de intervención.

Es importante mencionar que en un plan táctico es generado desde un enfoque de nivel de red, en este corresponde definir los proyectos a ejecutarse y su nivel de prioridad conforme al presupuesto y las metas y políticas institucionales. Para que la ejecución del plan estratégico pueda ser aplicado exitosamente es necesario que las metas y políticas institucionales referentes a la infraestructura vial sean claramente definidas y conocidas por todos los involucrados en el proceso de definición y aplicación de dicho plan.

Gestión a nivel de proyecto

A este nivel se especifican las particularidades de cada proyecto, para una adecuada gestión de pavimentos Solminihaç (1998) establece cinco etapas bien definidas: planificación, diseño, construcción, mantenimiento y evaluación, ver Figura 6.

Las etapas de planificación y diseño son fundamentales para una ejecución exitosa del proyecto. En estas etapas se realiza la recolección de información que fundamentará el un diseño adecuado. Para la generación del diseño final es necesario realizar una evaluación económica de

las diferentes alternativas, considerando disponibilidad y características de los materiales, así como del equipo y de la técnica constructiva que se utilizará y el costo de mantenimiento de la obra en servicio, con el fin de determinar la opción más adecuada desde el punto de vista técnico y económico. Además en estas se definen las especificaciones técnicas que se deberán seguir durante la construcción. Ambas etapas son de particular importancia, ya que de la clara y adecuada definición de estas dependerá, en buena medida, que el producto entregado se ajuste al esperado.

La etapa de construcción comprende la programación y desarrollo de diferentes actividades con el objetivo de cumplir con lo definido en el diseño y las especificaciones del proyecto. En esta fase es imprescindible un apropiado control de calidad, considerando tanto la calidad de los materiales utilizados, así como la técnica constructiva aplicada.

El mantenimiento es primordial para poder conservar los niveles de servicio definidos por la institución que administra una obra. Por otro lado la etapa de evaluación implica un monitoreo y valoración del desempeño de la obra en su puesta en servicio. Estas dos etapas son necesarias para poder los resultados de las intervenciones realizadas, ya que permiten identificar deficiencias en el proceso de planificación, diseño y construcción que se reflejan en el desempeño de la obra, por lo que genera una retroalimentación del sistema y por ende su mejora.

Una gestión más eficiente

Debido a la restricción presupuestaria que a la que se enfrentan las instituciones gubernamentales encargadas

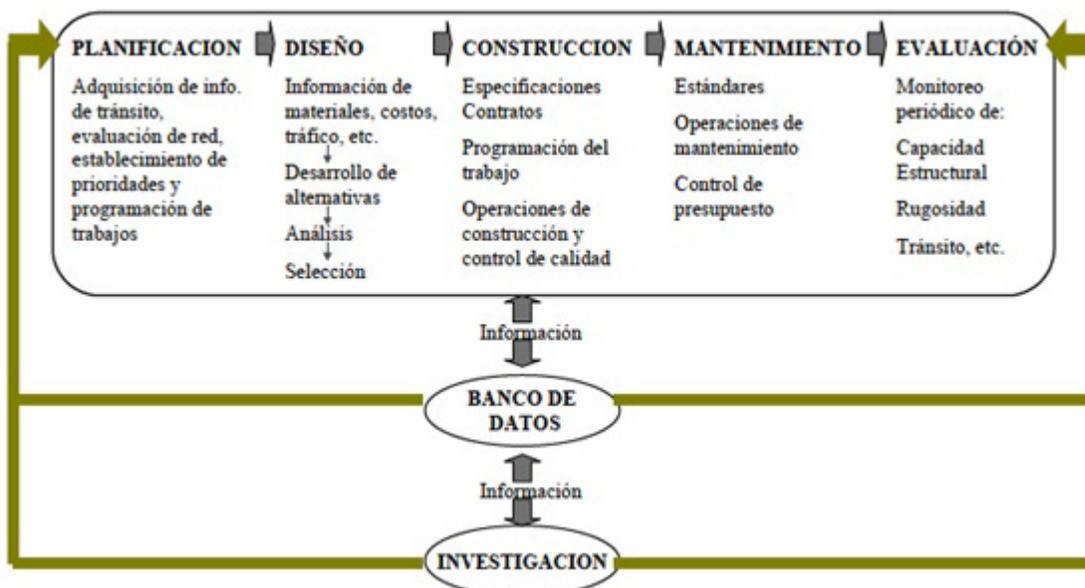


Figura 6: Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos.

Fuente: Haas, 1993.

del mantenimiento y mejoramiento de la red vial, es fundamental procurar hacer la inversión de los recursos de la manera más eficiente posible, maximizando el beneficio obtenido.

Para obtener el mayor provecho de las inversiones es necesario desarrollar las labores que permitan definir los proyectos prioritarios en un plan táctico de inversiones, basado en criterio técnico, presupuesto disponible y en las metas y políticas institucionales. Por otro lado, una vez que se define la ruta a intervenir es necesario generar un proyecto específico, con un diseño técnicamente fundamentado, ya que cada uno de ellos posee particularidades, tales como: cantidad y distribución del tránsito, clima, materiales disponibles y topografía.

Es necesario considerar la gestión tanto a nivel de red como de proyecto como inversión, ya que la elección del proyecto a intervenir como un adecuado diseño y ejecución del mismo, permitirán maximizar el beneficio obtenido mediante la inversión de recursos limitados, mejorando paulatinamente el estado de la red, mejorando con esto el nivel de servicio brindado.

Contacto:

Sharline López Ramírez

sharline.lopezramirez@ucr.ac.cr

Referencias Bibliográficas

- Hass, R.; Hudson, W.R.; Zaniewski, J. (1993). Modern Pavement Management. R.E. Krieger Publishing Company, Florida.
- Página del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección General de Planificación. Extraído el 24 de agosto del 2012: <http://www.mopt.go.cr/planificacion/carreteras/distri2012.pdf>
- Solminihac H. (1998). Gestión de Infraestructura Vial; Editorial Universidad Católica de Chile, Chile.

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Coordinador General:

Ing. Luis Guillermo Loría, PhD.

Subcoordinador:

Ing. Fabián Elizondo, MBA.

Unidades:

Unidad de Auditoría Técnica

Coordinadora: Ing. Jenny Chaverri, MScE.

Unidad de Materiales y Pavimentos

Coordinador: Ing. José Pablo Aguiar, PhD.

Unidad de Evaluación de la Red Vial

Coordinador: Ing. Roy Barrantes

Unidad de Gestión Municipal

Coordinador: Ing. Jaime Allen, MSc.

Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica

Coordinadora: Bach. Lionela López Ulate

Unidad de Desarrollo y Actualización de Especificaciones Técnicas

Coordinador: Ing. Jorge Arturo Castro

Unidad de Puentes

Coordinador: Ing. Rolando Castillo, PhD.