

MÉTODO DE ESTIMACIÓN DEL PATRIMONIO VIAL MUNICIPAL

Ing. Josué Quesada Campos, M.Eng.

josue.quesadacampos@ucr.ac.cr

Unidad de Gestión Municipal

I. INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial representa una de las señales más claras de desarrollo y accesibilidad que puede mostrar un país tanto a sus habitantes como al exterior. El esfuerzo a través de los años por parte del gobierno central y municipios para obtener condiciones adecuadas de conectividad entre comunidades y centros de interés (servicios hospitalarios, centros educativos, lugares de trabajo y producción) ha requerido de una importante inversión tanto para construcción como para mantenimiento de los componentes viales.

Este valor monetario que tiene para un gobierno local o nacional la infraestructura presente en su territorio es posible estimarla a través de un método que pondera tanto los elementos presentes como su condición actual y estado de preservación. Se presenta a continuación un método propuesto y utilizado para la estimación del patrimonio vial a nivel municipal desarrollado con las herramientas de diagnóstico y análisis disponibles en la Unidad de Gestión Municipal del PITRA-LanammeUCR.

II. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE PATRIMONIO VIAL

El patrimonio vial se puede definir como “el conjunto de toda la infraestructura vial, de la cual se esperan beneficios para las generaciones actuales y futuras (Instituto Nacional de Vías, 1997)”. Podemos agrupar dentro del método en tres categorías los elementos que formarán el patrimonio vial: el territorio, las capas de rodadura y los elementos conexos.

El territorio constituye el espacio físico o franja de tierra en la cual se localiza la obra de infraestructura (derecho de vía), esto incluye tanto la calzada como los demás componentes del camino y sección transversal (aceras, caños, señales, etc).

Las capas de rodadura se refieren al conjunto de elementos colocados sobre el terreno natural que constituyen el medio de soporte para las cargas vehiculares, dentro de esta categoría se encuentran tanto los pavimentos flexibles, rígidos, semirrígidos, tratamientos superficiales, capas de agregado expuesto (lastre) y las posibles capas de soporte inferiores (base, subbase, base estabilizada, entre otros).

Los elementos conexos constituyen el conjunto de obras civiles destinadas a mejorar las condiciones de funcionamiento de la vía para todos los usuarios, dentro de este grupo podemos mencionar: aceras, cordones y caños, drenajes superficiales, señalización vertical y horizontal, paradas de autobuses, elementos canalizadores de tránsito y otros posibles elementos de seguridad vial.

Mención aparte merecen los puentes y alcantarillas de pasos de agua mayores, pues también representan parte del patrimonio vial de un gobierno local, estos elementos también son evaluados y sumados dentro de la metodología.

Comité Editorial 2018:

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

· Ing. Raquel Arriola Guzmán, Unidad de Normativa y Actualización Técnica, PITRA, LanammeUCR

Los precios económicos valoran el patrimonio vial desde una perspectiva de costo y beneficio social, es decir, considerando las inversiones realizadas por el gobierno local así como la demanda y oferta de cada uno de los recursos que intervienen en la materialización de una obra civil. Esto explica el hecho de que el elemento territorio no es considerado como parte del valor patrimonial para efectos de cálculo, pues el valor económico del mismo es definido como un valor de transferencia (Dirección de vialidad, 2013). Esto significa que el traslado de una propiedad privada a manos del Estado no genera un cambio real en el producto interno bruto de esa región, ni al crecimiento económico. Como ejemplo, si una persona traslada un monto de dinero de una cuenta bancaria y la consigna en una cuenta diferente, esto no genera una modificación de su patrimonio, lo mismo ocurre con el valor del terreno desde la perspectiva del patrimonio vial. Por lo tanto, dentro de la metodología propuesta no se incluye como parte del patrimonio el posible valor comercial de la franja de terreno donde se encuentran las obras civiles de carácter vial.

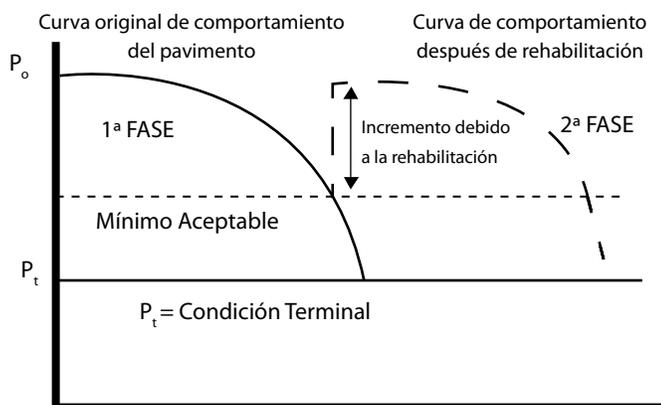


Figura 1: Curva de deterioro típica de pavimentos
Fuente: (Dirección de vialidad, 2013)

III. METODOLOGÍA PROPUESTA

El primer paso del método es identificar los componentes que serán incluidos en la estimación del patrimonio vial. Estos son: capas de rodadura (componente vías), estructuras mayores de pasos de agua (puentes y alcantarillas) y elementos conexos (aceras, cordones y caños, señales de tránsito). Cada uno tendrá su propia forma de ser valorado en virtud de su naturaleza y herramientas disponibles.

Componente vías

En el caso de las vías se tienen dos casos: las vías pavimentadas y las vías en lastre. En ambos casos el análisis parte del mismo concepto de evaluar su condición actual y asignar un valor económico a sus elementos componentes. Abordaremos inicialmente el caso de los caminos pavimentados.

En primera instancia se debe evaluar el tránsito que utiliza la vía, para esto es necesario realizar conteos vehiculares automatizados que permitan estimar volúmenes de tránsito (TPD) y la composición del mismo (distribución de vehículos livianos, pesados, autobuses, etc). Esto requiere de la colocación en puntos estratégicos de contadores vehiculares por periodos no menores a 24 horas y algunos semanales. Las mediciones realizadas con equipos de conteo vehicular automatizados permiten identificar las zonas con mayor cantidad de vehículos. La base de datos producto de estos conteos permite también conocer factores como: porcentaje de pesados, velocidades y franjas horarias de mayor flujo. La información recolectada permite establecer una jerarquía de vías que considera los flujos de tránsito y lo observado durante las visitas.



Figura 2: Clasificación funcional producto de los conteos vehiculares.
Fuente: LanammeUCR, 2018.

Seguidamente corresponde evaluar la condición funcional de cada vía a nivel de regularidad superficial, para esto se utiliza el Índice de Regularidad Internacional (IRI) como parámetro de clasificación. Por medio del perfilómetro láser es posible medir y estimar la condición superficial de la red vial a evaluar, en la figura 3 se muestra el resultado del proceso de medición.

Después, la capacidad estructural de las vías es posible medirla a partir de la respuesta que genera el pavimento ante un impacto. El deflectómetro de impacto permite conocer la respuesta del pavimento identificando las zonas que poseen mejor condición de aquellas que tienen mayores deficiencias. Estos resultados son ideales para identificar secciones de la red que tienen mayor probabilidad de falla en el corto plazo (a pesar de que se vean en buen estado). La figura 4 muestra el resultado de la evaluación estructural de los pavimentos de una red vial.



Figura 3: Valoración de la regularidad superficial por medio del IRI.
Fuente: LanammeUCR, 2018.

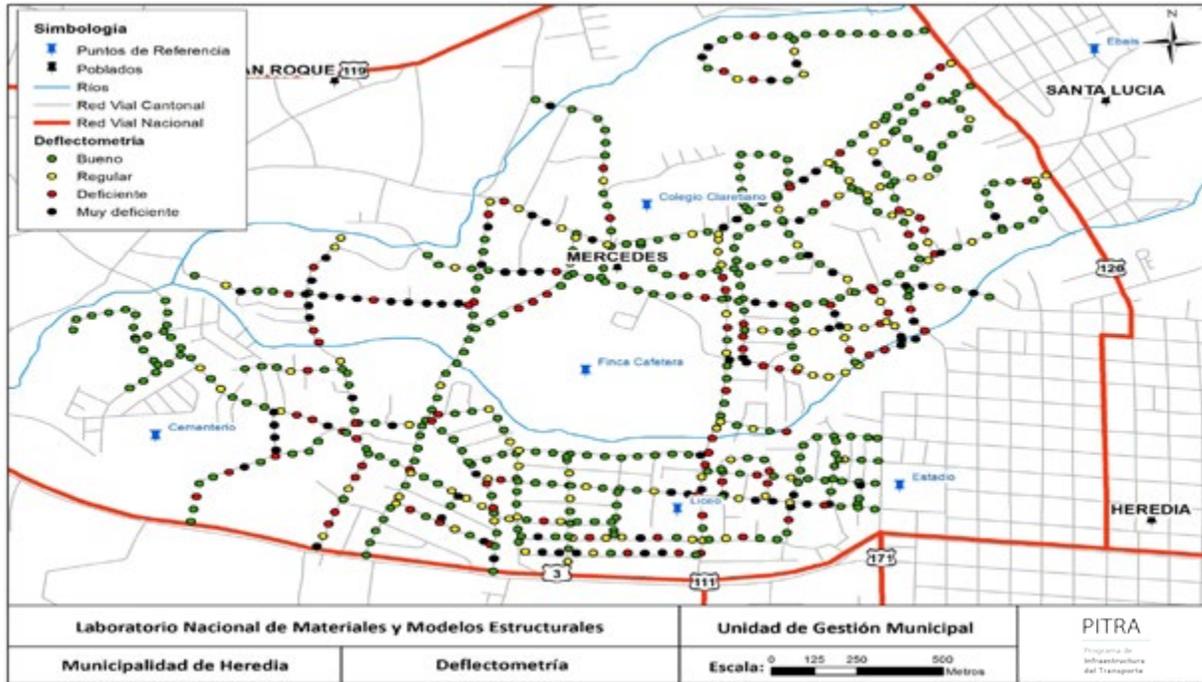


Figura 4: Valoración de la capacidad estructural por medio de deflectometría.
Fuente: LanammeUCR, 2018.

Adicional a las evaluaciones anteriores, es necesario identificar los daños que presenta el pavimento (agrietamientos, ahuellamientos, baches, entre otros). Esto es importante porque estos daños están íntimamente relacionados con problemas funcionales y estructurales que reducen la vida útil de un pavimento y por lo tanto su valor patrimonial. Para realizar esta estimación se utiliza el equipo denominado Geo 3D, el cual está equipado con equipos fotográficos de alta definición que documenta gráficamente todas las vías, posteriormente utilizando un programa especializado, es posible realizar mediciones de estos daños y obtener el valor de condición del pavimento (PCI-Pavement Condition Index). Este valor permite estimar en una escala de 0-100 la condición general de una vía. En la figura 5 se muestra el resultado para la misma red vial evaluada.



Figura 5: Valoración de condición de pavimento por medio del PCI.
Fuente: LanammeUCR, 2018.

Con la información disponible producto de las evaluaciones a diferentes niveles del pavimento es posible obtener un diagnóstico general del pavimento y de cada una de las calles componentes de la red vial. Adicionalmente se cuenta con una clasificación de la red vial en términos de uso (volúmenes de tránsito) y tramos homogéneos que permitirán al gobierno local implementar medidas de mantenimiento y preservación de una forma focalizada y con mayor conocimiento de las necesidades reales de cada calle. Es a partir de la información obtenida en las diferentes evaluaciones que se puede generar un índice de condición general para cada vía (denominado PCIg) combinando los resultados de cada evaluación y ponderando su importancia relativa, este valor es de suma importancia pues será el valor de referencia principal en la curva de deterioro del pavimento.

El segundo caso corresponde a los caminos en lastre o de superficie expuesta, la evaluación consiste en una primera etapa de medición de tránsito por medio de equipos de tipo radar que permiten contabilizar la cantidad de vehículos y clasificarlos por tamaño. Seguidamente es posible realizar una evaluación de la condición superficial utilizando el dispositivo denominado Rugosímetro III (ver figura 6). Con este equipo se puede medir que tan irregular es una vía no pavimentada a partir de un sensor ubicado en uno de los ejes del vehículo, esto a su vez permite clasificar la vía.

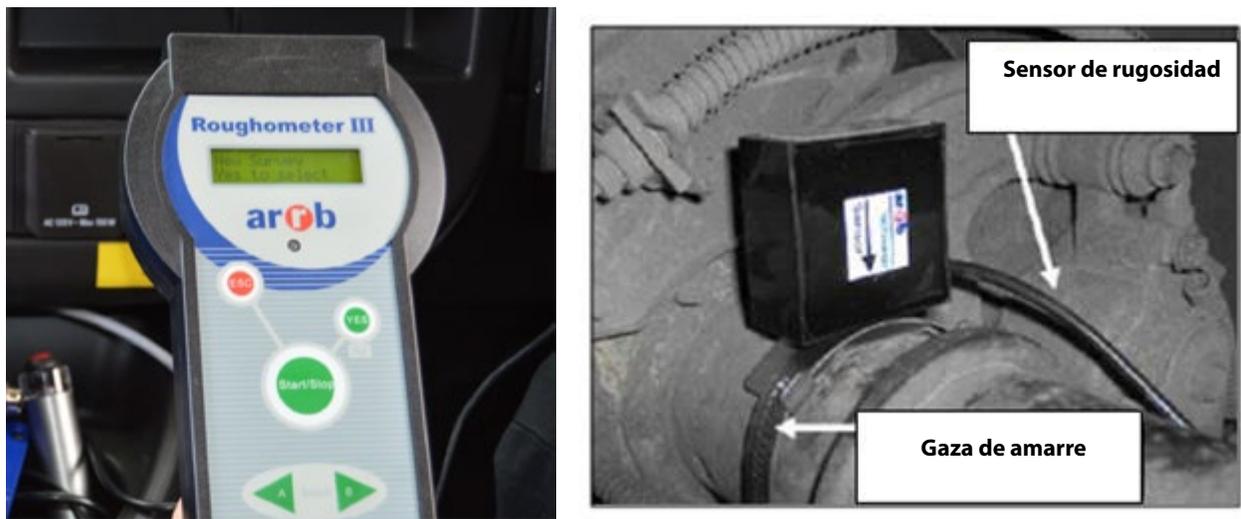


Figura 6: Rugosímetro III, utilizado para la evaluación de regularidad en vías en lastre.
Fuente: LanammeUCR, 2017.

Para evaluar la capacidad de soporte del suelo se emplea el Cono Dinámico de Penetración (DCP), con esto es posible conocer la resistencia del suelo y estimar en campo el valor de soporte (CBR). Este dato es particularmente importante para estrategias de gestión vial futuras por parte del gobierno local. Adicionalmente, se realizan sondeos para medir los espesores de material presentes en estos caminos, este dato es importante para fines del cálculo de patrimonio, pues será necesario calcular el volumen de material presente en el camino para asignar un valor económico; esto asociado a la medición de anchos y longitudes.



Figura 6: Rugosímetro III, utilizado para la evaluación de regularidad en vías en lastre.
Fuente: LanammeUCR, 2017.

Componente estructuras mayores de pasos de agua

Las estructuras de puentes y alcantarillas son puntos particularmente importantes dentro de las redes viales, pues son el elemento de infraestructura más utilizado para sortear los pasos de agua más difíciles y que generalmente dan forma a las redes viales y desarrollos urbanos. Para la evaluación de la condición de estas estructuras se realizan inspecciones de tipo visual que permiten documentar la condición funcional y posibles daños que afectan su adecuado desempeño. El método plantea la necesidad de inspeccionar visualmente cada una de las estructuras de puentes existentes y las alcantarillas de paso mayor. Se propone el uso del “Manual de Inspección de Puentes del MOPT” y de la “Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla” del LanammeUCR para la evaluación de estos elementos.

Una vez que se hace la revisión de cada puente, se utilizan los lineamientos de evaluación de la condición que se hicieron a partir del documento “Actualización de los criterios de evaluación visual de puentes” provistos por la Unidad de Puentes del LanammeUCR, para clasificar el puente en una de las categorías correspondientes. Estas categorías se asocian a curvas de deterioros para puentes planteando rangos de condición para lograr establecer el punto de comparación del puente en su estado actual con relación a su forma ideal. Para el caso de las alcantarillas, la guía de evaluación esta complementada por un programa que permite estimar la probabilidad de falla funcional o de desempeño de un elemento de este tipo, un criterio similar de calificación se puede emplear para asignar un valor de condición actual a partir de este resultado.

Elementos conexos

Dentro de este grupo de activos viales cabe resaltar que los más representativos son: las aceras, cordones de caño y señales de tránsito. No se ha implementado una metodología específica de evaluación de condición para cada uno de estos componentes, por lo que el análisis se limita a un inventario de los mismos.

Aprovechando las imágenes tomadas por el Geo3D es posible hacer un inventario de aceras y cordones de caño. Al no existir una metodología para evaluar su condición, para la estimación del valor patrimonial se cuantifica su valor desde la perspectiva del valor de sustitución (costo de reconstrucción). En el caso de las señales de tránsito, se hace un levantamiento en sitio señal a señal, para completar el inventario tanto de señales verticales como horizontales.

Estimación de costos

Como siguiente paso se hace necesario crear renglones de pago para cada uno de los activos viales que se han evaluado e inventariado, por lo que se deben considerar las condiciones propias del cantón (disponibilidad de fuentes de materiales, distancias de acarreo) para estimar los costos para materiales, mano de obra y equipos de cada actividad relacionada con los elementos presentes en la vía. Los materiales que se consideran corresponden a los típicos para la construcción de vías en rutas cantonales: subbase, base granular y mezcla asfáltica. En el caso de los concretos en aceras y cordones de caño, se calcula el costo con base en procesos de producción en planta y suministro de concreto más la colocación. Para el caso de las señales se calcula el costo con base en los valores de los suministros y horas de trabajo necesarias para cada tipo de señal, tanto vertical como horizontal. Como producto se tiene una base de datos por renglones de pago ajustada a las condiciones de los tipos de material presentes y al tipo de material existente en los caminos. Estas líneas de pago serán las que permiten pasar de las cantidades de material al valor económico patrimonial.

Para el caso de los puentes y las alcantarillas resultará necesario investigar el costo por metro cuadrado de estructuras similares construidas en el cantón en años recientes. Si no fuera posible contar con información existente, se pueden utilizar las bases de datos con registros históricos de puentes construidos en años recientes en el resto del país. Es importante mencionar que estos valores deben ser filtrados por el tipo material y tipología del puente (vigas de acero, concreto reforzado, concreto presforzado, puente modular, etc) o alcantarilla (cuadro, tubos).

Asignación de valor a vías

El componente vías puede ser estimado económicamente a través de dos métodos: el directo y el indirecto. El primero impone la necesidad de realizar perforaciones en el pavimento con cierta frecuencia que permite medir directamente el espesor de los materiales existentes (mezcla asfáltica, base, subbase) tal como se muestra en la figura 8. Si bien esta

forma es más precisa para conocer los volúmenes de material existente, presenta las desventajas del alto costo en tiempo y dinero de realizar muchas perforaciones y además genera un daño en los caminos evaluados, por lo que su impacto es mayor.

El segundo método denominado indirecto consiste en la utilización de estructuras de pavimento modelo, las cuales corresponden a diseños de estructuras a partir de los datos de tránsito y respuesta del pavimento medidas en la etapa de evaluación antes explicada. Estas estructuras modelo serán el parámetro contra el que se compararán los resultados de evaluación de cada calle, de acuerdo a su categorización (primarias, secundarias y terciarias). El método presenta la desventaja de que es menos preciso en la medición de volúmenes reales, pero es ventajoso al no generar ningún daño al pavimento y economizar tiempo y recursos valiosos. En este caso será necesario emplear el uso de curvas de deterioro para comparar la estructura modelo contra el valor evaluado en campo de PCIg. Este constituye por lo tanto, el método recomendado para estimar el valor patrimonial del componente vías.



Figura 8: Método directo de asignación de valor a componente vías
Fuente: LanammeUCR, 2017.

El concepto de curva de deterioro relaciona la capacidad funcional y estructural de un elemento determinado con relación a la edad del mismo. A partir de indicadores visibles y medibles es posible establecer ventanas de operación y de condición para estos elementos viales, de tal manera que se pueden establecer límites por sobre los cuales se considera que un elemento está en una condición determinada (bueno, regular, malo, etc.). A partir de esta idea es posible valorar económicamente un pavimento; un alto valor de PCIg (Índice de condición general de pavimento) indicará que el pavimento está más cerca de la condición ideal y por lo tanto de su máximo valor teórico, un pavimento con un bajo PCIg indicará un activo vial de menor valor patrimonial. Este concepto es en el que se fundamenta la estimación de valor patrimonial tanto de pavimentos como de estructuras de paso de agua. De esta manera se completa el método de estimación del patrimonio vial de una red cantonal, la figura 9 muestra un esquema que resume el método propuesto.

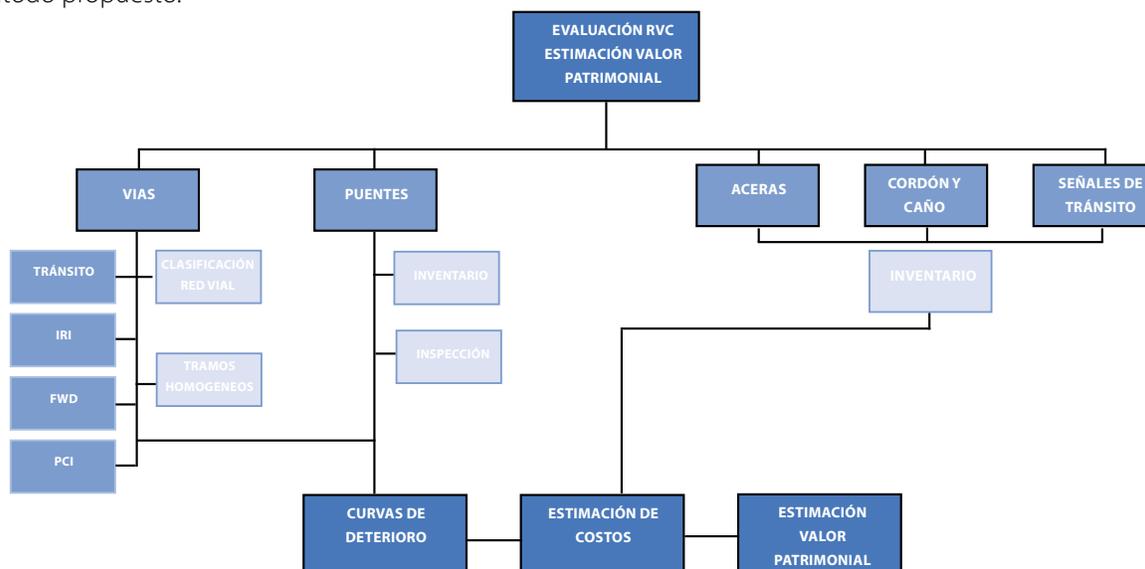


Figura 9: Metodología propuesta para la estimación de patrimonio vial en una red cantonal.
Fuente: LanammeUCR, 2018.

IV. CONCLUSIONES

- La estimación del Valor Patrimonial de la Infraestructura vial requiere de un proceso planificado de diagnóstico y evaluación que incluya varios componentes que forman parte del inventario vial. Esta estimación debe incluir una evaluación sobre la condición actual de esos elementos, pues entre mayor sea su deterioro menor será su valor patrimonial.
- Para el caso de pavimentos, es necesario obtener un índice de condición general de pavimento (PCIg) que permita incluir varios aspectos que caracterizan el pavimento (condición superficial, condición estructural, jerarquía, tránsito presente). A través de este índice es posible calificar la condición actual del pavimento. En el caso de los puentes y alcantarillas, su valor es estimado por metro cuadrado de estructura, considerando costos recientes de construcción y su condición actual (obtenida por medio de una inspección en campo). En el caso de aceras, cordones de caño y señales de tránsito se ha considerado un costo de sustitución para la estimación de su valor patrimonial; dada la dificultad de establecer un valor de deterioro para este tipo de elementos.
- Se recomienda que el método de cálculo de valor patrimonial no sea basado únicamente en datos de inventarios viales o en juicios personales, pues se induciría a un error conceptual al no tomar en cuenta el grado de deterioro que puede tener un elemento.
- La información que se utiliza para la estimación es un activo importante para temas de gestión vial, planes de inversión y priorización de atención de vías.
- Se pueden determinar problemas no identificados por la Municipalidad (caso puentes), por lo que el producto tiene un valor agregado de alto valor para los gobiernos locales.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dirección de vialidad. (2013). Valor del patrimonio vial de la Red Vial Nacional - Año 2013. Santiago: Ministerio de Obras Públicas Chile.
- Instituto Nacional de Vías. (1997). Patrimonio vial Red de Carreteras Nacionales. Bogotá: Ministerio de Transporte.
- LanammeUCR. (2015). Actualización de los criterios de evaluación visual de. San Pedro: Universidad de Costa Rica.
- LanammeUCR. (2017). Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla. San Pedro: UCR.
- LanammeUCR. (2018). Diagnóstico de la red vial cantonal en el distrito central de Heredia: Estimación del Valor del Patrimonio Vial. San Pedro: Universidad de Costa Rica.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2007). Manual de Inspección de Puentes. San José: MOPT.



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PITRA

Programa de
Infraestructura del Transporte

Ing. Luis Guillermo Loría-Salazar, Ph.D.

Coordinador General

Ing. Fabián Elizondo-Arrieta, MBA

Subcoordinador

UNIDADES

Unidad de Auditoría Técnica (UAT)

Ing. Wendy Sequeira-Rojas, M.Sc

Coordinadora

Unidad de Seguridad Vial y Transporte (USVT)

Ing. Diana Jiménez-Romero, M.Sc, MBA

Coordinadora

Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT)

Ing. Raquel Arriola-Guzmán

Coordinadora

Unidad de Materiales y Pavimentos (UMP)

Ing. José Pablo Aguiar-Moya, Ph.D.

Coordinador

Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (UGERVN)

Ing. Roy Barrantes-Jiménez

Coordinador

Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Lic. Carlos Campos-Cruz

Coordinador

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Diagramación, diseño y control de calidad: Katherine Zúñiga Villaplana / Óscar Rodríguez Quintana

Boletín técnico: MÉTODO DE ESTIMACIÓN DEL PATRIMONIO VIAL MUNICIPAL. /Julio 2018