

## I. INTRODUCCIÓN

Los puentes vehiculares constituyen uno de los componentes clave para brindar conectividad entre las poblaciones permitiendo el intercambio de bienes, acceso a servicios, desarrollo actividades económicas, acceso a centros educativos y lugares de trabajo. Si bien es cierto nuestra sociedad evoluciona hacia la realización de múltiples labores de forma no presencial (compras en línea, teletrabajo, entre otros), la mayoría de las actividades requieren desplazamientos físicos entre localidades que finalmente utilizan nuestras redes viales, tanto nacional como cantonal. En vista de esta condición es particularmente importante la condición de los puentes, pues los mismos constituyen puntos de cruce para los cuerpos de agua que moldean la topografía de los territorios. En general, se puede afirmar que los problemas derivados del mal funcionamiento de un puente atentan no sólo contra la seguridad de los usuarios, sino que también pueden generar afectaciones económicas, de competitividad e incluso pueden generar aislamiento de comunidades enteras.

Como parte de las tareas encomendadas al LanammeUCR por medio de las Leyes 8114 y 8306, se cuenta con la posibilidad de realizar inspecciones de puentes vehiculares dentro de la red vial cantonal por medio de la figura de los convenios con las municipalidades. Esto constituye un factor dentro del conjunto de acciones de diagnóstico que usualmente se desarrollan de la mano con las Unidades Técnicas de Gestión Vial (UTGV) para generar mecanismos de gestión vial más eficientes.

A partir del año 2010 la Unidad de Gestión Municipal (UGM) del PITRA inició con la atención de esa necesidad creciente de las municipalidades de conocer mejor la condición de sus puentes; desde factores básicos de inventario (ubicación, tipología, materiales) hasta su condición funcional (identificación de daños y posibles intervenciones) lo cual ha sido parte de la información recolectada y procesada para lograr un diagnóstico actualizado y útil que permite a las municipalidades definir las mejores estrategias de intervención de estas estructuras.

Como resultado de los últimos ocho años de trabajo en este tema específico, se ha logrado inspeccionar 600 puentes viales en 49 cantones del país, totalizando 28 cantones que cuentan con inventarios completos de puentes. Esto significa una longitud de 8 546 metros lineales de estructuras de puentes debidamente inspeccionados. Adicionalmente, otros 75 puentes y alcantarillas mayores han sido sujetos a procesos de revisión por parte del personal técnico y profesional de la Unidad de Gestión Municipal. Este documento presenta algunos de los resultados principales obtenidos y comparte un poco de la experiencia de este proceso.

## 2. PROCESOS DE INSPECCIÓN APLICADOS

Existen una serie de procedimientos que pueden ser utilizados para realizar un diagnóstico de un puente con base en la observación de sus elementos principales y complementarios. En este punto, es importante resaltar que las inspecciones de puentes realizadas han sido enfocadas en: 1) obtener un inventario de cada uno de los puentes indicando sus características primordiales (ubicación, longitud, número de vigas, entre otros) y 2) identificar visualmente la posible presencia de deterioros en sus elementos estructurales y funcionales (agrietamientos, corrosión, socavación, entre otros). Para esto, se han utilizado principalmente los lineamientos establecidos por el Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007). Este documento presenta una metodología enfocada en inspecciones de tipo rutinario, por lo que se puede considerar que la información recabada durante este periodo de tiempo corresponde efectivamente a este tipo de inspecciones. Sin embargo, también se han aplicado protocolos para inspecciones especiales en caso de daños que puedan comprometer la estructura.

Para una adecuada aplicación de la metodología y un eficiente proceso de inspección, ha sido necesario adquirir equipos básicos y herramientas que permiten al personal técnico acceder a todas las zonas del puente, medir elementos y documentar los daños existentes. Adicionalmente, el personal a cargo ha sido capacitado tanto nacional como internacionalmente en técnicas de identificación de daños y comportamiento de materiales utilizados en este tipo de estructuras.

Como parte del enfoque de trabajo conjunto y de transferencia de tecnología en el cual se basan los convenios con las municipalidades es que, durante los procesos de inspección, se ha procurado que personal de las UTGV reciban un entrenamiento sobre el proceso de inspección (llenado de formularios e identificación de deterioros) (LanammeUCR, 2015) de tal manera que puedan darles seguimiento a los procesos de inspección rutinarios en sus cantones e incrementar su conocimiento en el tema de puentes en general. De esta manera, la labor del personal de la UGM ha sido no sólo a nivel de ejecución sino también a nivel didáctico.

## 3. RESULTADOS OBTENIDOS

Producto del trabajo realizado por la UGM y con colaboración de múltiples municipios, se ha logrado realizar la inspección completa de 600 estructuras de puentes utilizando la metodología del MOPT. Esta labor ha permitido que un total de 28 cantones cuenten con un registro total de los puentes en sus redes viales, tanto a nivel de inventario como de diagnóstico de su condición. En 21 municipios adicionales se han llevado a cabo tanto labores de inspección parciales como visitas a puentes específicos que presentan alguna condición de riesgo o que requieren de un criterio experto por parte del LanammeUCR, totalizando entonces un número de 675 estructuras de puentes que han sido visitadas desde el año 2010.

En términos de magnitud, la cantidad de puentes inspeccionados corresponden a una longitud de 8 546 metros lineales de puentes y 41 189 metros cuadrados de estructuras tipo puente. Toda esta información ha sido plasmada en bases de datos georreferenciadas disponibles para las labores de gestión vial que llevan a cabo las municipalidades.

Adicionalmente, de esta información es posible extraer estadísticas de interés relativas a la realidad de los puentes cantonales:

- Longitud de puentes cantonales: las rutas en las cuales se ubican estos puentes suelen ser vías de bajo tránsito y los cuerpos de agua que atraviesan son de anchos relativamente pequeños, siendo la longitud promedio de los puentes cantonales inspeccionados de 14 metros. La mayoría de estos puentes tienen longitudes entre 5-15 metros (68.7%) y solamente un 15.3% de los puentes tienen longitudes mayores de 20 metros.

### Longitud de puentes cantonales

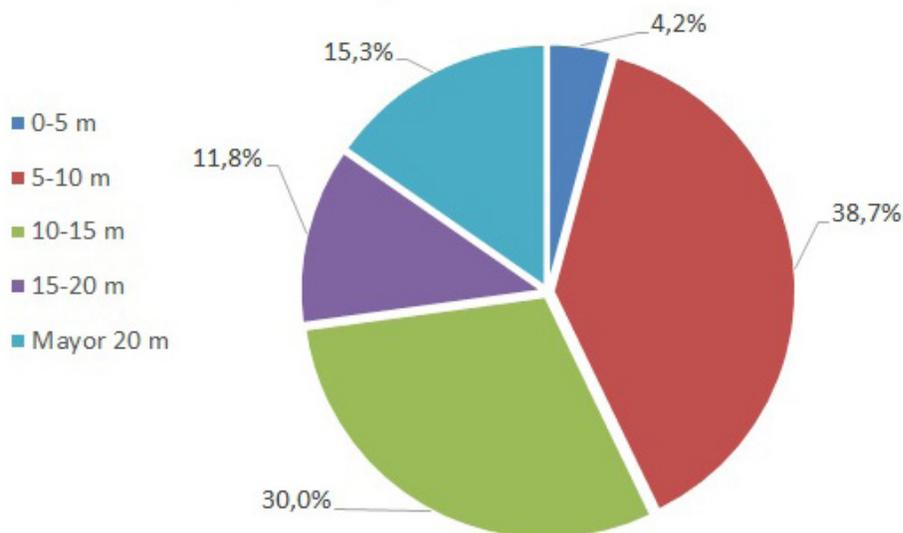


Gráfico 1: Longitud de puentes cantonales

- Ancho de puentes cantonales: es característico que los puentes ubicados en rutas de bajo tránsito y especialmente en zonas rurales, cuenten únicamente con un carril para el paso de vehículos; esto se refleja en la estadística del ancho total de puentes vehiculares, pues únicamente un 16.2% de los puentes inspeccionados supera un ancho mínimo de 7 metros que es adecuado para que dos vehículos en sentido contrario puedan utilizar el puente a la vez. Incluso un 17.7% de los puentes no cuenta con el ancho mínimo de 3.5 metros que garantice un paso seguro de vehículos en un sentido.

### Ancho total de puentes cantonales

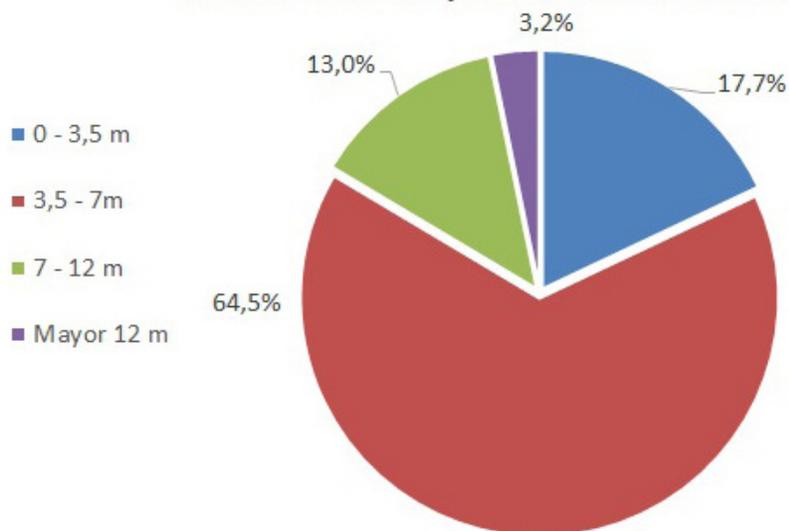


Gráfico 2: Ancho total de puentes cantonales

- Tipo de puentes cantonales: es importante caracterizar el tipo de puente típico que se tiene en una red vial para enfocar de mejor manera las obras de mantenimiento. Por esto, éste se identifica en cada inspección, teniendo como resultado que el 81.2% de los puentes cantonales son de tipo "Viga Simple"; es decir, son principalmente sistemas de sección compuesta que integran las vigas con la losa como superestructura.

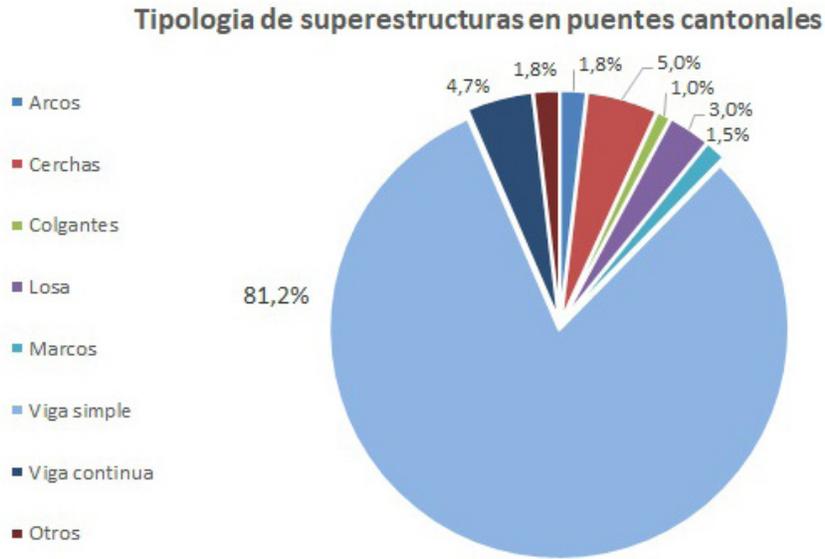


Gráfico 3: Tipología característica de los puentes cantonales

- Vigas principales: en su mayoría, los puentes cantonales están constituidos por sistemas de vigas integrados con losas de concreto. El 58% de los puentes de este tipo utilizan vigas de acero como soporte principal; esto introduce una particular importancia a las medidas de mantenimiento preventivo e inspección constante ante la exposición del acero a las condiciones ambientales (en múltiples inspecciones se han identificado vigas de acero con procesos de oxidación y corrosión avanzados).

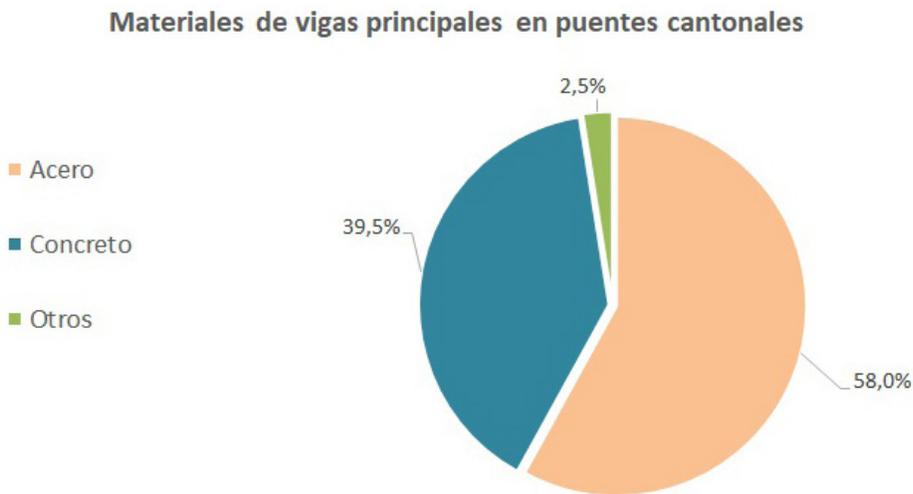


Gráfico 4: Materiales para vigas principales en puentes

- Subestructuras en puentes cantonales: la construcción de puentes en redes cantonales ha sido ejecutada en muchas ocasiones por los mismos municipios con personal propio e incluso incorporando vecinos en la construcción de las obras de subestructura; ante esto, es normal que la mayoría de las obras de subestructura sean bastiones de tipo gravedad que implican una menor dificultad constructiva. De hecho, un 61.5% de los puentes inspeccionados tienen bastiones de este tipo.

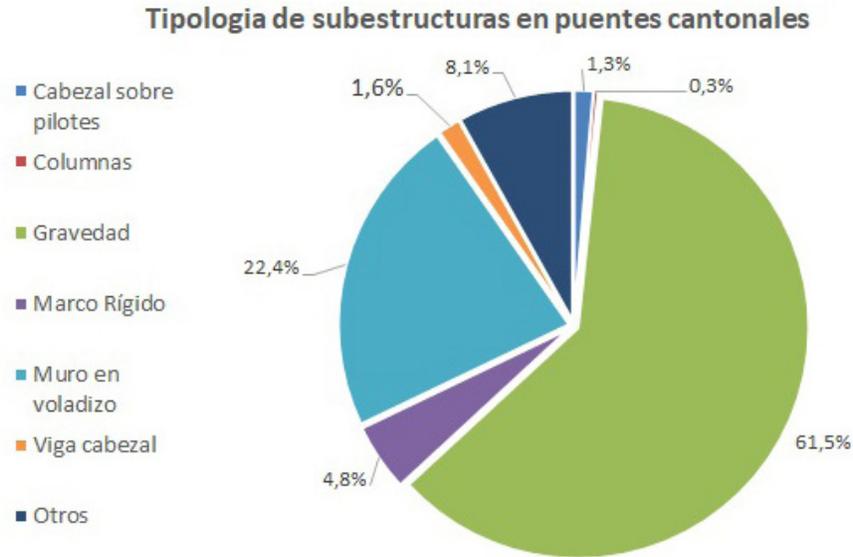


Gráfico 5: Tipos de subestructuras en puentes cantonales

- Tipos de apoyos en puentes cantonales: la configuración de los apoyos está íntimamente relacionada con el comportamiento del puente ante las cargas de tránsito y los sismos. Se ha encontrado que no existe una configuración dominante en los puentes cantonales; sin embargo, la configuración que se presenta con mayor frecuencia es la de apoyos rígidos (especialmente en el caso de vigas de concreto).

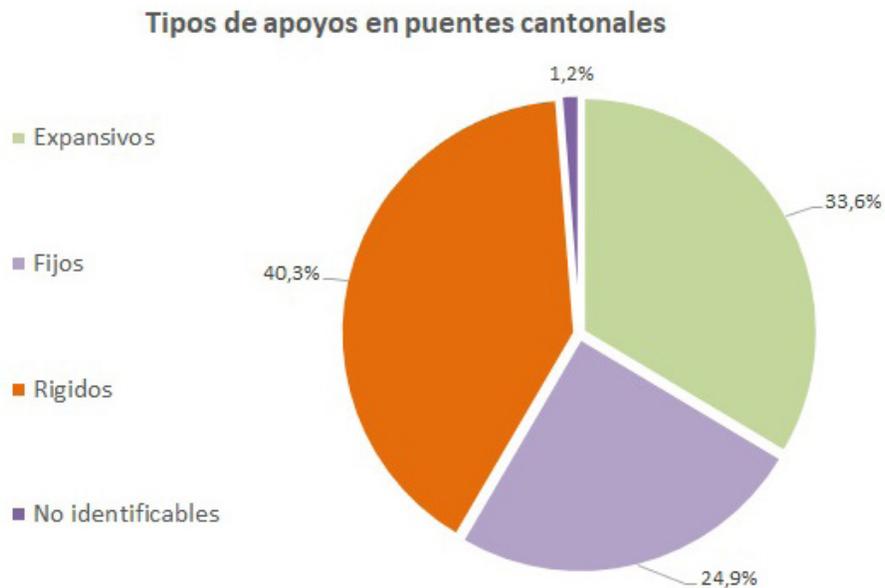


Gráfico 6: Tipos de apoyos en puentes cantonales

- Presencia de daños graves en los puentes: la metodología de inspección de puentes del MOPT establece una escala de clasificación de daños del 1-5 (siendo 1 una calificación favorable y el 5 un daño grave) (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007), por lo que los puentes que han recibido alguna calificación superior a 4 presentan algún daño de importancia en alguno de sus elementos. Según los datos de las inspecciones, un 57.6% de los puentes inspeccionados han recibido calificaciones de 4 ó 5 en al menos uno de sus elementos y requieren, por lo tanto, una rehabilitación o reconstrucción de esos elementos. Los daños más comunes han sido los relacionados con la condición de los elementos de acero (oxidación y corrosión), la ausencia de barandas y socavación de los bastiones.



Gráfico 7: Puentes cantonales con daños clasificación 4 y 5

Estos resultados son acompañados adicionalmente del registro fotográfico y de inspección donde se evidencian y documentan tanto las características del puente como sus principales deterioros. Como parte del trabajo que se desempeña con las municipalidades, se brinda un listado de priorización en cada cantón para la atención de los puentes basado tanto en la importancia estratégica de la estructura como por su condición.

#### 4. EXPERIENCIAS DURANTE EL PROCESO

La gestión de los puentes en las redes viales cantonales ha sido un tema de atención prioritaria únicamente en los casos en que los mismos han fallado o en eventos extraordinarios donde se han visto comprometidos por crecientes. Existe aún la tendencia de relegar a un segundo lugar a estas estructuras por detrás de la condición de los caminos en los planes quinquenales, aún más si su condición permite el paso de vehículos sin aparentemente ningún problema. La vida útil prolongada de los puentes en comparación con otros elementos de la infraestructura vial hace que el destino de los recursos muchas veces haya sido priorizado al mejoramiento de vías y a la atención de emergencias, dejando de lado los procesos de mantenimiento preventivo, correctivo y rehabilitación de los puentes.

La concientización del personal municipal sobre la importancia de los puentes y sobre cómo intervenirlos ha sido un proceso lento pero que ya ha generado resultados de impacto en los cantones donde se ha dado prioridad al tema. A través de las múltiples capacitaciones regionales (sesiones en aula y prácticas de campo) y virtuales brindadas por el LanammeUCR, ha sido posible que una gran parte del personal de las municipalidades conozca la metodología de inspección y se preocupen por conocer la situación de sus puentes. Este es el primer paso en un esquema de gestión de activos viales (conocer qué tengo y en qué condición está); el siguiente paso es definir las medidas de intervención que se deben aplicar a cada caso. En esta tarea, la UGM ha podido acompañar a muchas municipalidades para la definición de estas acciones.

El conocimiento que se ha logrado transmitir al personal municipal durante las capacitaciones y las inspecciones conjuntas es un aporte valioso tanto para el municipio como para los profesionales y técnicos de las UTGV. La formación

sobre el tema de los puentes a nivel de grado ha sido históricamente escasa para los profesionales que se desempeñan en el ámbito municipal, por lo que en muchas ocasiones estas capacitaciones son el primer contacto con la temática de los puentes.

Propiamente en lo que han sido los procesos de inspección, es claro que la mayoría de los puentes existentes en nuestra red vial cantonal carecen de mantenimiento rutinario y medidas de conservación periódicas que permitan mantener su nivel de servicio y alargar su vida útil. Desafortunadamente, muchas de estas estructuras no han recibido ningún tipo de intervención desde su construcción lo cual, aunado a los años de servicio, se combinan peligrosamente para que en varios cantones, exista la situación de que un alto porcentaje de sus puentes requieren labores mayores y sustituciones totales y que los municipios no cuenten con los recursos para intervenirlos.

Dentro de los deterioros que se han identificado con mayor frecuencia se puede mencionar que la socavación es el principal problema de afectación de los puentes municipales y ha generado el fallo de varias estructuras por volcamiento y deslizamiento de bastiones. Los daños en vigas principales metálicas es otro deterioro típico en puentes cantonales, esto debido a la exposición de las mismas al ambiente y las escasas intervenciones de conservación por parte de las municipalidades. Finalmente, los daños en barandas (o ausencia de las mismas) son frecuentes y constituyen el principal aspecto de seguridad vial que se ve comprometido en este tipo de puentes.

## 5. CONCLUSIONES

Al iniciar con las labores de inspección de puentes municipales en el año 2010, la principal interrogante era la estimación real sobre el total de puentes ubicados dentro del marco de gestión de las municipalidades; aún al día de hoy, no se tiene certeza sobre este número, menos aún sobre su condición funcional o estructural. Ya se ha logrado que 28 cantones conozcan esta información básica pero aún queda inspeccionar la totalidad de los puentes del resto de los cantones.

Es necesario continuar con la capacitación de los funcionarios de las UTGV en el tema de puentes (diseño, construcción, inspección); la rotación de personal técnico y profesional en estos organismos genera retrocesos en las curvas de aprendizaje y obliga en ocasiones a reiniciar los procesos de gestión en materia de puentes en cantones ya inspeccionados.

Debe agregarse a las labores de inspección de pasos de agua la metodología de inspección de alcantarillas desarrollada por el LanammeUCR (LanammeUCR, 2017), misma que representa un gran avance en la evaluación de este tipo de estructuras que son funcionales para cauces de menor caudal que los puentes mayores, pero que constituyen un número importante dentro de los activos viales.

La información recabada a lo largo de estos años y suministrada a los municipios debe ser utilizada por medio plataformas de manejo de datos georreferenciados para la toma de decisiones relacionadas con la inversión de recursos dentro del marco de los planes quinquenales.

Debe promoverse que los municipios puedan tomar las mejores decisiones respecto a las intervenciones a realizar. El aprendizaje y la experiencia obtenidos ha permitido apoyar los esfuerzos de las UTGV en la búsqueda de mejorar la condición de los puentes para beneficio de los usuarios.

## 6. 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 Vias. (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 M.Sc

*Coordinador*

#### **Unidad de Gestión Municipal (UGM)**

Ing. Jaime Allen-Monge, Ph.D

*Coordinador*

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

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

Boletín técnico: RESULTADOS Y EXPERIENCIAS EN LA INSPECCIÓN DE PUENTES VIALES CANTONALES/ Abril 2019