

## ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD VIAL EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL CANTONAL DE COSTA RICA

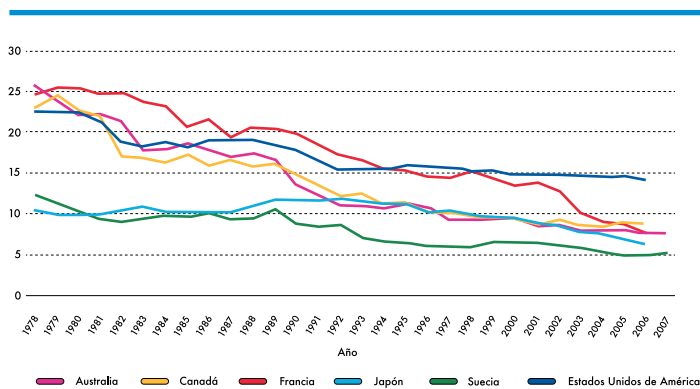
Ing. Catalina Vargas Sobrado  
 Unidad de Gestión Municipal, PITRA-Lanamme  
 anacatalina.vargas@ucr.ac.cr

Ing. Josué Quesada Campos  
 Unidad de Gestión Municipal, PITRA-Lanamme  
 josue.quesada@ucr.ac.cr

A nivel mundial, los accidentes de tránsito han sido causantes de una gran cantidad de muertes en carretera, y si bien esta cifra anual se ha mantenido constante los últimos tres años en un aproximado de 1,24 millones, se considera inaceptablemente elevada.

Pues como se muestra en la figura 1, si bien en las últimas décadas en los países de ingresos altos las tasas de mortalidad han descendido, ya para los últimos años esta tendencia ha comenzado a estabilizarse, por lo que es necesario tomar nuevas medidas que ayuden a reducir estas tasas. Además, para el caso de Costa Rica, con respecto a los accidentes de tránsito se ha presentado una tasa de mortalidad anual de 16,1 por cada cien mil habitantes (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2013).

Figura 1. Tendencias de las tasas de mortalidad por accidentes de tránsito en una selección de países de ingresos altos.



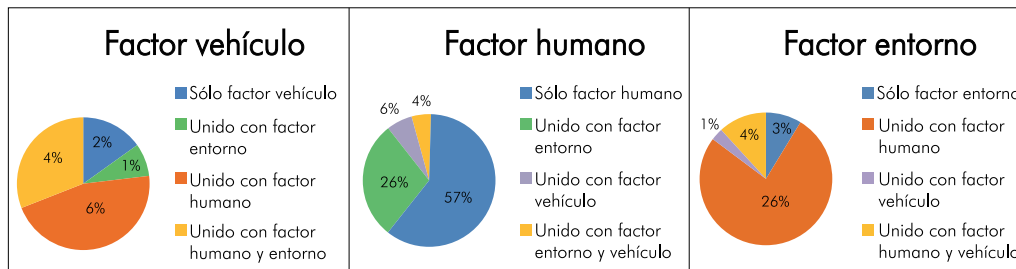
Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2009.

Con el propósito de minimizar estas cifras a nivel mundial, el tema de la Seguridad Vial se ha reforzado y se ha convertido en un tema prioritario para la ingeniería vial, sin embargo, en los países desarrollados es donde se ha logrado conseguir resultados de mayor significancia. En los países en vías de desarrollo se han realizado principalmente actividades como campañas para incorporar en la cultura de las personas una consciencia responsable y anuente de la importancia de decisiones responsables como el uso del cinturón de seguridad, no conducir bajo los efectos del alcohol, no superar los niveles permitidos de velocidad, entre otros.

Las causas de los accidentes de tránsito se agrupan en tres factores principales: factor humano, factor entorno y factor vehículo (ver figura 2), por lo que, para minimizarlos es necesario trabajar en mejorar cada uno de estos campos de manera integral. A continuación, se estudiará principalmente el factor entorno, que corresponde a las características de la infraestructura vial del cantón, como por ejemplo: geometría, condición superficial de la capa de rodadura, volumen de tránsito, señalización vertical y horizontal, condiciones climáticas, entre otros.

Es importante reconocer que la infraestructura vial debe brindar servicios de seguridad y confort a todos los usuarios de la vía, ya sean peatones, ciclistas o conductores de vehículos livianos, pesados o transporte público, así, se deben incorporar medidas de seguridad vial que sean eficientes y eficaces de manera integral para los habitantes de la localidad; en especial cuando se trata de zonas cantonales urbanas donde existe un mayor número de usuarios vulnerables (peatones, motociclistas y ciclistas) que comparten la vía con vehículos de todos los tipos.

Figura 2. Factores contribuyentes a la generación de accidentes de tránsito.



Fuente: PIARC, 2003; modificado por LanammeUCR, 2014.

De esta manera, la selección de las medidas de seguridad vial que se decidan implementar en una carretera debe considerar una gran cantidad de elementos que conlleven a ofrecer las mejores condiciones de transporte para los usuarios, aún y cuando ciertas medidas no correspondan a las opciones más económicas para la sociedad. Por lo tanto, es recomendable someter la selección de estas medidas de seguridad a metodologías basadas en relaciones beneficio-coste, en donde se demuestre que la inversión monetaria que realiza un municipio traerá beneficios a la comunidad, y que a largo plazo esa inversión económica en costos de colocación y mantenimiento de dispositivos de seguridad, es menor que el equivalente monetario de las muertes o lesiones que se evitaron.

En términos de Seguridad Vial, un adecuado manejo de los recursos económicos va más allá de una simple asignación de recursos para la colocación de dispositivos, sino que involucra también gastos económicos sociales de diversas instituciones, vidas humanas, tiempos de recorrido, estados de ánimo de los conductores, entre otros. Con un adecuado uso de los recursos económicos se implementarían medidas de seguridad idóneas para cierto tramo de carretera que evitarían: muertes o lesiones de los involucrados, gastos de atención médica, tiempo de oficiales de tránsito levantando boletas en el sitio, largas colas de tránsito, cambios en el estado de ánimo de los conductores en las colas, entre otros.

Por lo tanto, más allá de considerar únicamente el aspecto de la Seguridad Vial como un aspecto que encarece los costos de un proyecto, debería verse como un elemento que favorece considerablemente al progreso y la calidad de vida de las personas de la comunidad.

## Selección de las medidas de seguridad vial óptimas

La infraestructura vial de la red de carreteras de un cantón debe disponer de medidas de seguridad vial que sirvan para prevenir accidentes de tránsito, sin embargo, estas medidas deben ser acordes con las características geométricas de la ruta, los tipos de usuario de la vía, las condiciones climáticas

de la localidad y una gran lista de factores que podrían propiciar el desarrollo del accidente.

De tal manera, cuando se decide implementar algunos dispositivos o medidas de seguridad vial en la carretera, es importante conocer esta clase de detalles, que permitan seleccionar aquellas medidas de seguridad vial que satisfagan correctamente las necesidades de la ruta, y procurar así una inversión eficiente de los recursos monetarios de las municipalidades.

A continuación se presenta una metodología basada en un Trabajo Final de Graduación de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica que fue realizada en conjunto con el LanammeUCR (Vargas, 2013), la cual es aplicable a proyectos existentes, que permite determinar si se justifica la inversión en medidas de seguridad vial, así como también identifica cuáles podrían ser las medidas óptimas para contrarrestar cierto tipo de accidentes en cada tramo de carretera que se analiza.

Esta metodología está basada en una relación beneficio-coste (Ecuación 1), donde: el beneficio corresponde al ahorro cuantificado por medio de la aplicación de valoraciones económicas a las muertes o lesiones graves o leves que se evitarían, y el costo es todo aquel dinero que es invertido en la compra, transporte, colocación y mantenimiento de las medidas de seguridad vial que se deciden implementar.

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Costo económico de muertes y lesiones graves evitadas}}{\text{Costo total de cada escenario implementado}} \quad (1)$$

La aplicación de la metodología consta de una serie de 5 pasos que le permiten al ingeniero de la Unidad Técnica de Gestión Vial Cantonal demostrar la eficiencia y eficacia de las medidas de seguridad vial que decide implementar (ver figura 3):

### 1. Diagnóstico de la zona:

Es indispensable conocer algunas características principales del cantón para comprender las necesidades que tendrán

las personas que utilicen la carretera (peatones, ciclistas, conductores, entre otros); razón por la cual se deben realizar inspecciones de seguridad vial en el tramo de estudio.

Además, se deben recolectar bases de datos de accidentes de tránsito ocurridos en la zona en un período mínimo de 3 años, así como realizar conteos vehiculares que permitan conocer el tránsito promedio diario anual.

## 2. Determinación de puntos negros:

De acuerdo con las inspecciones y las bases de datos, se procede a determinar las zonas donde ocurre mayor cantidad de accidentes de tránsito; posteriormente, en cada uno de estos puntos negros (sitios de concentración de accidentes), se ordenan los accidentes de tránsito de mayor a menor ocurrencia, de manera que la determinación de las medidas de seguridad busquen mitigar en primera instancia aquellos accidentes más frecuentes.

## 3. Selección de medidas de seguridad vial y cálculo de la inversión económica:

Para cada punto negro se deben seleccionar tres conjuntos de medidas de seguridad vial que busquen mitigar sus accidentes más frecuentes. Además, se debe determinar el costo económico que cada uno de esos escenarios representa. Es importante que esta selección se base en las necesidades de la zona, y no en los costos de las medidas, pues no en todos los casos la medida o dispositivo más económico representa la mejor opción.

## 4. Determinación del beneficio:

Dado que el beneficio de la implementación de medidas de seguridad vial se verá reflejado en la cantidad de muertes y lesiones evitadas traducidas en términos económicos, es necesario determinar este número con la tasa anual de accidentes en dos situaciones: la primera será la situación actual, es decir, "la situación sin implementar los nuevos escenarios propuestos" donde por lo general las medidas de seguridad suelen ser escasas o nulas, y la segunda corresponde a la "situación con los nuevos escenarios propuestos", en la cual a las tasas anuales de accidentes de la situación anterior se le aplican factores de reducción de accidentes.

Para determinar la cantidad de muertes y lesiones evitadas, únicamente debe encontrarse la diferencia entre las tasas anuales de la situación sin proyecto, y la situación con proyecto. Posteriormente, esta diferencia ha de ser multiplicada por el costo económico representativo para cada una de ellas, y sumarse en una única cifra en términos monetarios que represente el beneficio total de la implementación de las medidas de seguridad vial previamente seleccionadas.

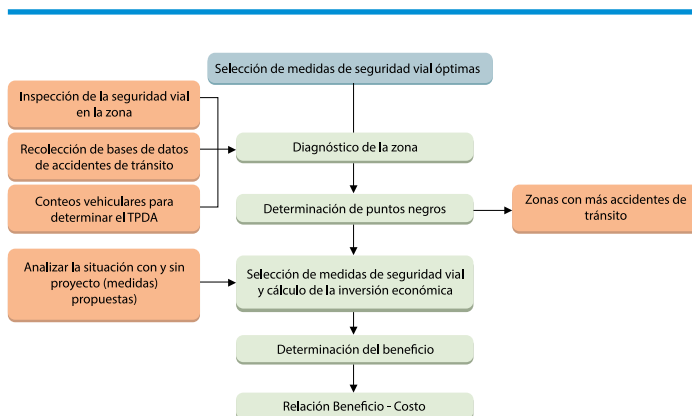
## 5. Relación beneficio-costos:

Una vez determinados los costos y beneficios de cada escenario propuesto para cada punto negro, se encuentra la relación beneficio-costos para cada uno de ellos. De acuerdo a estas relaciones, se conoce cuál de ellos es el que mitiga la mayor cantidad de accidentes; por lo general, será aquel que presente una relación beneficio-costos mayor.

Sin embargo, es importante mencionar que cuando la relación dé resultados menores a 1, es necesario realizar un análisis aún más profundo y detallado, pues no se debe dar prioridad a la reducción de costos económicos únicamente, si no que se debe tomar en consideración el valor de la vida.

Por lo tanto, mediante la aplicación de esta metodología se puede determinar el conjunto de medidas de seguridad

Figura 3. Flujoograma de la metodología para la selección de medidas de seguridad vial.



Fuente: Adaptado de Vargas, 2013.

vial que mejor se adaptan al tramo de carretera en el cual se ubica cada uno de los puntos negros encontrados en las inspecciones. Al desarrollar estos cinco pasos y encontrar la relación beneficio-costos, se demuestra que a largo plazo la inversión realizada en la implementación de ciertas medidas de seguridad vial se justifica al evitar la cantidad encontrada de accidentes.

## Incorporación de la Seguridad Vial en los planes quinquenales

La Seguridad Vial en un cantón puede involucrar desde dispositivos de la infraestructura vial hasta campañas publicitarias, por lo que es necesario establecer planes que ayuden a definir el orden en el cual se irán implementando estas mejoras en la comunidad.

Inicialmente, es necesario elaborar una lista de puntos negros, en la cual los primeros campos de la lista lo ocupen aquellos puntos negros que presentaron mayores tasas anuales de

accidentes históricos, de tal manera que se establezca un orden de prioridad de implementación de escenarios de seguridad vial.

Luego de la aplicación de la metodología ya se conocen los costos de implementación de los escenarios de seguridad vial, y el orden de prioridad de implementación de los mismos (este orden determina implícitamente la urgencia de aplicación de las medidas, considerando que entre más vidas y lesiones evita mayor urgencia posee), por lo que el paso siguiente es definir un orden de ejecución; sin embargo, este orden de ejecución se basa principalmente en el presupuesto que disponga la municipalidad para el rubro de la Seguridad Vial.

## Avances en materia de Seguridad Vial

En una propuesta de incluir el tema de la Seguridad Vial en las asesorías técnicas que brinda la Unidad de Gestión Municipal del PITRA-LanammeUCR a las municipalidades mediante convenios previamente formalizados, se ha desarrollado formularios para determinar la presencia de algunos factores que intervienen en el nivel de Seguridad Vial de la ruta.

Estos formularios (ver figura 4) se completan sencillamente por medio de evaluaciones visuales, mas brindan información valiosa con respecto al diseño geométrico (alineamiento horizontal y vertical, sección transversal, visibilidad, intersecciones y accesos), el mobiliario vial (iluminación, paradas de autobuses, señalización no oficial y rótulos comerciales, vegetación y elementos utilitarios), la gestión del tránsito (velocidad, semaforización y vehículos pesados), la




señalización (vertical y horizontal) y la condición del pavimento.

Cada uno de estos elementos es clasificado en escalas de condición: Buena, Regular, Mala y Crítica, y con base en ello se asigna un puntaje. Finalmente, la suma de los puntajes de cada ítem, le da una calificación final al tramo con la cual determina la condición de Seguridad Vial en la que se encuentra.

El empleo de estos formularios sirve para desarrollar el primer paso de la metodología basada en la relación beneficio-costos propuesta en el apartado anterior, pues colabora con un diagnóstico de las condiciones actuales de la zona, ya sea en zonas urbanizadas de centros poblacionales, o rutas de conexión entre pueblos, pues una de las ventajas de estos formularios es su versatilidad en las clases de sitios donde pueden ser aplicados.

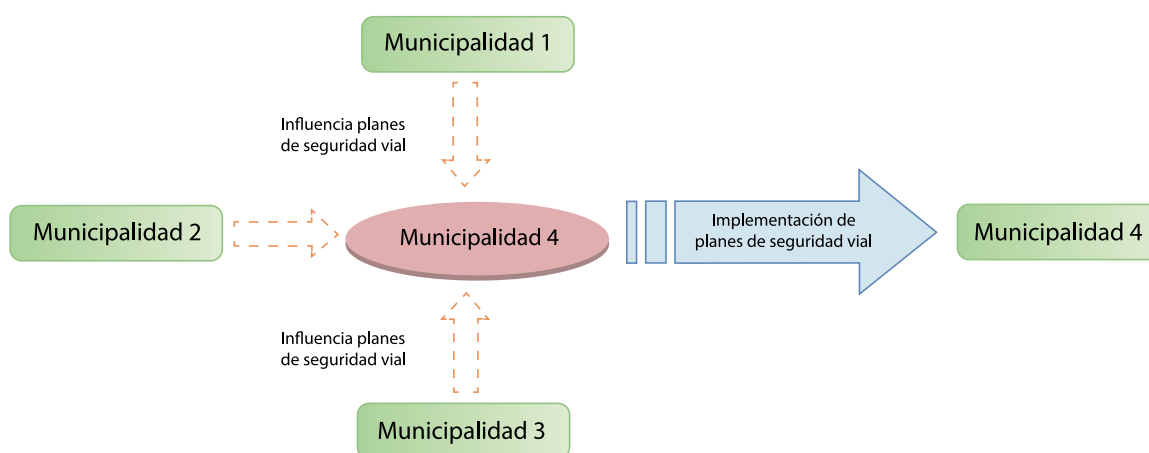
Además, con estos formularios es posible levantar un inventario del estado, cantidad y ubicación de las señales de tránsito que existen en la comunidad. Lo anterior, ya que en ciertos sitios estas señales han sido víctimas del hampa, se han dañado producto de accidentes de tránsito, o simplemente han quedado ocultas detrás del crecimiento desmedido de la vegetación que la rodea, por lo que si bien existen, no están en condiciones de cumplir con su objetivo de brindar información básica.

Figura 4. Formulario para determinar factores a intervenir en el nivel de Seguridad Vial.

Municipalidad		---		Fecha	4/23/13	 <small>LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MOVILIDAD URBANA</small>
N° de Ruta		Cuadrantes		Encargado	JQC	
Tramo		AVENIDA 0				
FACTOR	PARAMETRO	CONDICIÓN		FOTOGRAFÍA	OBSERVACIONES	
DISEÑO GEOMÉTRICO	RADIO DE CURVATURA	Buena	85-100% respecto al valor teórico	X		
		Regular	70% - 85% respecto al valor teórico	-		
		Mala	50-70% respecto al valor teórico	-		
		Crítica	<50% respecto al valor teórico	-		
		No hay / No aplica		-		
	ESPACIO LATERAL LIBRE	Buena	No hay obstáculos	X		
		Regular	80%-100% respecto al valor teórico	-		
		Mala	65%-80% respecto al valor teórico	-		
		Crítica	<65% respecto al valor teórico	-		
		No hay / No aplica		-		

Fuente: LanammeUCR, 2014.

Figura 5. Representación gráfica del modelo de Saneamiento Vial por células de contagio



Fuente: LanammeUCR, 2014.

## Planes de Seguridad Vial en municipalidades

La Seguridad Vial en una red vial cantonal requiere de un análisis detallado e incluyente para todos los usuarios de la vía, pues el uso del suelo en su entorno físico por lo general está compuesto de viviendas, escuelas, pequeños comercios, y asentamientos poblacionales que presentan un mayor movimiento de peatones y ciclistas.

Por ejemplo, dado al creciente número de accidentes de tránsito en la provincia de Concepción del Uruguay en Argentina, fue necesario incorporar una estrategia o modelo que ayudara a detener la cantidad de personas fallecidas o lesionadas en carretera.

Fue por esto, que el Gerente General de Centro de Experimentación y Seguridad Vial elaboró un resumen que sirviera para aclarar a la población del nuevo Plan que se incorporaba en su provincia, y explicaba que en el año 2012 la comunidad adoptó un Plan de Saneamiento Vial basado en el modelo exitoso de origen Sueco y denominado "Saneamiento vial por células de contagio" (ver figura 5). Este modelo consiste en aplicarlo en municipalidades que no sean vecinas, con el propósito de que con el paso del tiempo las zonas intermedias se contagien, e incorporen así las buenas prácticas en materia de Seguridad Vial de sus vecinos. Una de las principales ventajas de este modelo corresponde a la reducción de costos económicos, pues no debe destinar dinero a todas las zonas, sino sólo a los vecinos no adyacentes.

Este Plan consta inicialmente de un "Diagnóstico de la zona y de recolección de información", con base en el cual se pueda definir un "Objetivo" que rete las capacidades de los involucrados, pero que sea alcanzable; una vez planteado el objetivo, el plan quinquenal se divide en 5 ejes temáticos

que se buscarán combatir cada año por medio de las diversas estrategias que se decidan incorporar. Por ejemplo, el eje causante de la mayor cantidad de accidentes será combatido en el primer año, y el segundo año se trabajará con el segundo eje temático, más el seguimiento al primer eje. Dado que es un plan y no una campaña, los temas deben ser acumulativos, pues se supone que en un año la población lo va aceptando hasta incorporarlo a su estilo de vida.

Para el caso de Concepción de Uruguay los ejes temáticos fueron: motocicletas, prioridad de paso, cinturón de seguridad, velocidad y bicicletas. Por ejemplo, de acuerdo con el Centro de Experimentación y Seguridad Vial (CESVI) de Argentina, durante el primer año del plan se llegaron a atender 32 pacientes menos por mes, es decir, se paso de 75 motociclistas lesionados por mes, a un total de 43 motociclistas lesionados.

## Conclusiones

Décadas atrás con el incremento de la flota vehicular, los accidentes de tránsito han pasado a formar parte de una las principales causas de muerte a nivel mundial, razón por la cual las autoridades han aumentado esfuerzos por combatir este problema mediante el establecimiento de leyes, decretos, campañas, cambios en la infraestructura vial, entre otros.

En los países de altos ingresos la lucha contra las muertes en carretera ha ganado lugar poco a poco, mas en los países de bajos y medianos ingresos el avance ha sido más lento. De acuerdo con diversos pronósticos, se estima que entre los años 2000 y 2020 las muertes producto de accidentes de tránsito en países de altos ingresos desciendan hasta en un 30 %, mientras que en los países en desarrollo aumentarían considerablemente (OMS, 2004).

Es importante que los cambios en materia de Seguridad Vial se implementen de manera global en un país, es decir, que se intervengan desde los ámbitos de infraestructura vial, culturales, económicos, políticos, sociales, entre otros. Este tema, es el resultado de factores que se deben entremezclar correctamente para que las carreteras de una localidad correspondan a una zona segura para los usuarios de la vía.

Sin embargo, para que un país disminuya su tasa de mortalidad y lesiones en carretera, requiere modificaciones tanto en su red vial nacional como cantonal, de ahí la importancia de que las municipalidades incorporen en sus presupuestos y planes quinquenales el tema de la Seguridad Vial, considerándolo como una inversión y mecanismo de mejora y bienestar para la población a su cargo.

Por lo tanto, también existe la necesidad de una política integral de Seguridad Vial que presente directrices y actores bien definidos, que mediante la formación de grupos especializados se trabaje en una inclusión del tema en los procesos de planificación estratégica y de desarrollo de proyectos.

Además, se debe procurar que estas inversiones sean eficaces y satisfagan las necesidades de todos los usuarios de la vía del cantón, por lo que se recomienda incorporar en sus análisis metodologías de selección de medidas de seguridad vial basadas en una relación beneficio-costos.

Este tipo de relaciones beneficio-costos no solo permiten identificar los ahorros económicos del Estado a largo plazo si se realiza una mayor inversión inicial en los elementos de seguridad vial, sino que también genera otra clase de ventajas asociadas no tangibles, como por ejemplo la percepción de seguridad y tranquilidad de los usuarios de la vía y habitantes en zonas aledañas al proyecto.

Finalmente, así como se mostró en el caso de Concepción del Uruguay en Argentina, es necesario estar conscientes de que los cambios en materia de Seguridad Vial por lo general no son notorios significativamente a corto plazo, sino que requieren del trabajo conjunto de diversas instituciones y principalmente de un cambio de cultura en los usuarios de la vía, por lo que se necesita tiempo para que la reestructuración de los hábitos de movilidad interurbana sean notorios. Es por ello, que la UGM continuará en un proceso de inclusión de estas asesorías técnicas en aquellas municipalidades que presenten convenios con la institución, y así dar apoyo en materia de Seguridad Vial en asocio con la USVT del Pitra.

## Bibliografía

- CBS Conceptos Básicos de Seguros. (2011) ¿Qué es el Plan de Saneamiento Vial?
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2013). Informe sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial 2013. Ginebra.
- Organización Mundial de la Salud. (2004). Informe Mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito: resumen. Ginebra.

- Organización Mundial de la Salud. (2009). Informe sobre el estado de la Seguridad Vial en la región de las Américas. Washington.
- PIARC Technical Committee on Road Safety, (2003). Road Safety Manual.
- Vargas, C. (2013). Metodología para considerar el Componente de Seguridad Vial en la Evaluación socioeconómica de proyectos de carreteras en Costa Rica. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

## Programa de Infraestructura del Transporte-PITRA

Ing. Luis Guillermo Loría, PhD.  
Coordinador General

Ing. Fabián Elizondo  
Subcoordinador

### Unidades

#### Unidad de Auditoría Técnica

Ing. Wendy Sequeira, MScE.  
Coordinadora

#### Unidad de Materiales y Pavimentos

Ing. José Pablo Aguiar, PhD.  
Coordinador

#### Unidad de Evaluación de la Red Vial

Ing. Roy Barrantes  
Coordinador

#### Unidad de Gestión Municipal

Ing. Jaime Allen, MSc.  
Coordinador

#### Unidad de Desarrollo y Actualización de Especificaciones Técnicas

Ing. Raquel Arriola  
Coordinadora

#### Unidad de Puentes

Ing. Roy Barrantes  
Coordinador

#### Unidad de Seguridad Vial y Transporte

Ing. Diana Jiménez, MSc., MBA  
Coordinadora